

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS DO GRUPO DA PLATINA
ATRAVÉS DE CONCENTRADOS DE BATEIA DE SOLOS -
POÇO REDONDO (SE).

SERGIO JOÃO FRIZZO
SALVADOR (BA) - 1991

PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS DO GRUPO DA PLATINA
ATRAVÉS DE CONCENTRADOS DE BATEIA DE SOLOS -
POÇO REDONDO (SE).

por

SERGIO JOÃO FRIZZO

Geólogo pela UFRGS em 1970

Orientador: Dr. Sylvio de Queirós Mattoso

Dissertação para satisfação dos requisitos ao grau de:

MESTRE EM CIÊNCIAS EM GEOQUÍMICA

Comissão Examinadora:

Dr. Germano Melo Júnior.

Dr. Newton Muller Pereira

Dr. Sylvio de Queirós Mattoso

APRESENTAÇÃO

Trabalhos de prospecção geoquímica aparentemente sempre fornecem bons resultados na indicação de corpos mineralizados, porque os insucessos raramente são divulgados; este é um. Baseado em indicações sugestivas e adotando critérios ponderados e minuciosos para sua execução, teve como óbice uma metodologia analítica que, embora ainda adotada em âmbito mundial, não atinge os níveis de sensibilidade adequados.

É aqui relatada uma prospecção geoquímica para platina através de solos e concentrados de bateia de solos, no Complexo Canindé, estado de Sergipe, que resultou negativa. Neste volume constam, além de uma introdução sobre o comportamento geoquímico dos elementos do grupo da platina, a descrição da área estudada, a sistemática, em detalhe, empregada no desenvolvimento das atividades e os resultados obtidos; todos os resultados analíticos encontram-se dispostos em anexo.

RESUMO

Três pequenas áreas no domínio das rochas máfico-ultramáficas do Complexo Canindé do São Francisco, a noroeste do estado de Sergipe, foram prospectadas através de métodos geoquímicos para elementos do grupo da platina. Foram coletadas amostras do nível mais superficial do solo e concentrados de bateia do material do solo até certa profundidade nas mesmas estações, sendo estas dispostas ao longo de perfis demarcados em zonas favoráveis. Os solos foram analisados para 14 elementos, alguns por diferentes métodos, e os concentrados para Au, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, V, Ti e ainda análises mineralógicas; Pt, Pd, Ir, Rh, Ru foram determinados por "Fire Assay"/A.Atômica nos concentrados de bateia. Todos os resultados para estes elementos ficaram abaixo do limite de detecção do método; análises adicionais no exterior confirmaram tal fato e forneceram alguns valores definidos, que serviram de base para considerações sobre a distribuição da platina e sua associatividade com os outros elementos.

O estudo de todas as informações permitiu delinear as principais direções litológico/estruturais e corpos não percebidos pelo mapeamento geológico anterior; definir o solo como tendo muito pequena evolução e o regime de dispersão clástica atuante na área; sugerir a existência de variações composicionais nos cumulos Fe-Ti e a concentração epigenética dos sulfetos ali ocorrentes. O panorama geoquímico é empobrecido em platina, e este metal relaciona-se inversamente a enxofre nos solos e a pirita nos concentrados; a distribuição de arsênio explica 90% da variabilidade dos teores do metal.

A análise dos fatores que poderiam ter contribuído para o resultado negativo da prospecção aponta para uma causa geológica

local, conjugada com a deficiência do método analítico empregado, e conserva para o complexo intrusivo o caráter de potencialmente mineralizado em elementos desse grupo.

ABSTRACT

Geochemical methods were utilized in prospecting for platinum-group elements in three small areas of Caninde do São Francisco mafic-ultramafic complex, northwest of Sergipe state.

Surficial level of soils and pan concentrates of soil material deep to 40 cm were sampled at the same points, along lines through most favorable zones. Soils were analyzed for 14 elements, some with different methods and pan concentrates for Au, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, V, Ti and visual mineralogical identification. Pt, Pd, Ir, Rh, Ru in concentrates were determined by Fire Assay/Atomic Absorption, and all the results were below the sensitivity limit. Additional analysis were performed with same results but few samples report numerical values that were utilized to give an idea of platinum distribution and association with other elements.

The interpretation of data settled the principal lithological - structural patterns and revealed small bodies that were not mapped in previous work. The character of little soil evolution and clastic dispersion regimen were established and data suggest compositional variations in Fe-Ti cumulates and an epigenetic concentration of sulfides that occurs in the areas. Platinum has a very low relief, and it is inversely related to sulfur in soils and pyrite in pan concentrates. The distribution of arsenic accounts for 90% of platinum variability.

An examination of those factors that possibly led to negative results of prospecting points toward the FA/AA high sensitivity limit and to a local geology, and concluded that PGE mineralization may exist in another part of the Caninde Complex.

ÍNDICE DE TÓPICOS

APRESENTAÇÃO	III
RESUMO	IV
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE TÓPICOS	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XII

CAPÍTULOS:

1- <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2- <u>FUNDAMENTOS E OBJETIVOS DESTE TRABALHO</u>	2
3- <u>GENERALIDADES SOBRE OS PGE</u>	5
3.1- HISTÓRICO	5
3.2- PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PGE	6
3.3- USOS	6
3.4- RESERVAS, PRODUÇÃO E CONSUMO	7
3.5- OCORRÊNCIAS NO BRASIL	8
3.6- MINERALOGIA DOS PGE	9
3.7- TIPOS DE DEPÓSITOS	10
3.8- DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA	12
3.8.1- <u>Ambiente Primário</u>	13
3.8.1.1- Relação PGE - Cromita	13
3.8.1.2- Relação PGE - óxidos Fe-Ti	15
3.8.1.3- Relação PGE - Sulfetos	17
3.8.2- <u>Ambiente Secundário</u>	19

3.8.2.1- PGE em Solos	19
3.8.2.2- PGE em Lateritos	22
3.8.2.3- PGE em "Placers" e em Sedimentos Aluviais.....	22
4- <u>GENERALIDADES SOBRE A ÁREA PESQUISADA</u>	26
4.1- LOCALIZAÇÃO E ACESSO	26
4.2- ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	26
4.3- RELEVO	28
4.4- HIDROGRAFIA	28
4.5- CLIMA	29
4.6- VEGETAÇÃO	29
4.7- SOLOS	30
4.8- ASPECTOS GEOLÓGICOS	32
4.8.1- <u>Breve Histórico</u>	32
4.8.2- <u>Geologia Regional</u>	33
4.8.2.1- Contexto Geotectônico	33
4.8.2.2- Litologias	35
4.8.2.2.1- Migmatitos	35
4.8.2.2.2- Complexo Canindé	36
4.8.2.2.2.1- Unidade Mulungu	37
4.8.2.2.2.2- Unidade Garrote	37
4.8.2.2.2.3- Unidade Novo Gosto	37
4.8.2.2.2.4- Unidade Gentileza	38
4.8.2.2.3- Granitóides	39
4.8.2.2.3.1- Granitóides Tipo Serra Negra	39
4.8.2.2.3.2- Granitóides Tipo Sítios Novos	39
4.8.2.2.3.3- Granitóides Tipo Serra do Catu	40
4.8.2.2.3.4- Granitóides Tipo Xingó	40
4.8.2.2.4- Suíte Intrusiva Canindé	41
4.8.3- <u>Geologia Local e Mineralizações</u>	42
4.9- TRABALHOS ANTERIORES DE PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA ...	47

5- <u>SELEÇÃO DOS ALVOS PARA A PESQUISA</u>	51
5.1- COMENTÁRIOS SOBRE A PROGRAMAÇÃO ORIGINAL	51
5.1.1- <u>Principais Modificações Efetuadas</u>	51
5.2- ÁREAS COM SULFETOS (ÁREA-ALVO COBRE 1 E 3)	52
5.2.1- <u>Área Cobre 1</u>	52
5.2.2- <u>Área Cobre 3</u>	56
5.3- ÁREA COM ÓXIDOS (ÁREA-ALVO FERRO 1)	58
6- <u>METODOLOGIAS</u>	60
6.1- DE AMOSTRAGEM	60
6.2- DE CONCENTRAÇÃO COM BATEIA	61
6.3- DE PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	64
6.3.1- <u>Esquema Preparatório e Analítico</u>	64
6.3.1.1- Solos 0 - 5 cm	64
6.3.1.2- Concentrados de Solos 0 - 40 cm	64
6.4- DE ANÁLISES	67
6.5- DE PROCESSAMENTO ESTATÍSTICO	69
6.5.1- <u>Testes de Variância e Equivalência</u>	70
6.5.2- <u>Análise de Agrupamento (Cluster)</u>	71
6.5.3- <u>Estatísticas Básicas</u>	71
6.5.4- <u>Correlações e Regressão Linear</u>	74
7- <u>RESULTADOS</u>	76
7.1- VARIÂNCIA DE AMOSTRAGEM, PREPARAÇÃO E ANÁLISE	76
7.2- TESTE DE EQUIVALÊNCIA ENTRE ÁREAS	78
7.3- ANÁLISE DE AGRUPAMENTO - SOLOS 0 - 5 cm	79
7.3.1- <u>Área-alvo Cobre 1 e Cobre 3</u>	82
7.3.2- <u>Área-alvo Ferro 1</u>	82
7.4- ESTATÍSTICAS UNIVARIADAS E DISTRIBUIÇÕES	84
7.4.1- <u>Solos 0 - 5 cm</u>	85
7.4.1.1- <u>Área Cobre 1</u>	85

7.4.1.2- Área Cobre 3	87
7.4.1.3- Área-alvo Ferro 1	91
7.4.2- <u>Concentrados de bateia de solos 0 - 40 cm</u>	94
7.4.2.1- Área-alvo Cobre 1 e 3	95
7.4.2.2- Área-alvo Ferro 1	99
7.4.2.3- Minerais Pesados	101
7.5- ESTUDO DAS CORRELAÇÕES E REGRESSÃO LINEAR	105
7.5.1- <u>Correlações</u>	105
7.5.2- <u>Regressão Linear</u>	110
8- <u>DISCUSSÃO</u>	113
8.1- MATERIAL COLETADO E AMOSTRAGEM	113
8.2- PREPARAÇÃO E ANÁLISE	115
8.3- FATOR NATURAL (GEOLOGIA)	116
9- <u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u>	119
9.1- CONCLUSÕES	119
9.2- RECOMENDAÇÕES	121
10- <u>AGRADECIMENTOS</u>	123
11- <u>BIBLIOGRAFIA</u>	124
ANEXOS	132
1- ATIVIDADES E CUSTO DA PESQUISA	
2- OBSERVAÇÕES NOS CONCENTRADOS	
3- RESULTADOS ANALÍTICOS DE SOLOS 0 - 5 cm	
4- RESULTADOS ANALÍTICOS DE CONCENTRADOS DE SOLOS	
5- RESULTADO ANALÍTICO DE CONCENTRADO DE MAT. ALUVIAL	

ÍNDICE DE FIGURAS

1- Localização da área	27
2- Esboço geológico da região de Poço Redondo	34
3- Esboço geológico da área-alvo Cobre 1 e 3	44
4- Esboço geológico da área-alvo Ferro 1	45
5- Integração de dados e perfis de amostragem - Cobre 1 e 3	54
6- Integração de dados e perfis de amostragem - Ferro 1	55
7- Amostragem, rochas e inclinação do terreno - Cobre 1 e 3	63
8- Amostragem, rochas e inclinação do terreno - Ferro 1	64
9- Fluxograma de preparação e análise das amostras	66
10- Variabilidade associada - nível superficial dos solos	78
11- Análise de agrupamento - modo Q	81
12- Mapa dos agrupamentos de solos 0 - 5 cm	82
13- Histogramas de distribuição - solos 0 - 5 cm	87
14- Mapas de distribuição dos elementos - solos - Cobre 1 e 3	89
	90
15- Mapas de distribuição dos elementos - solos- área Ferro 1	93
	94
16- Histogramas de distribuição - concentrados de solos	97
17- Mapas de distribuição dos elementos -concentrados- Cobre 1 e 3	98
18- Mapas de distribuição dos elementos -concentrados- Ferro	101
19- Mapas de distribuição dos minerais - concentrados- Cobre 1 e 3	104
20- Mapas de distribuição dos minerais -concentrados-Ferro 1	105
21- Gráficos de correlação	107
22- Gráficos de correlação com platina	110

ÍNDICE DE TABELAS

I- Propriedades físico-químicas dos PGE	6
II- Tipos de depósitos segundo Cabri & Naldrett (1984)	10
III- Abundância dos elementos do grupo da platina	13
IV- Distribuição de Pt e Pd em concentrados	16
V- Componentes do solo enriquecidos em Pt e Pd	20
VI- Granulometria de solos na região de Poço Redondo	31
VII- Partição de populações de Cu e Ni em solos	49
VIII- Parâmetros estatísticos de vários elementos em solo	50
IX- Teste t de variabilidade associada	77
X- Sumário estatístico - solos 0 - 5 cm	85
XI- Sumário estatístico - concentrados de bateia de solos	96
XII- Populações de Pt calculada por regressão linear	112

1- INTRODUÇÃO

A utilização de concentrados de bateia de solos na prospecção geoquímica de elementos do grupo da platina tem poucas referências na literatura científica, na qual predominam citações de métodos litogeoquímicos, devido aos restritos e bem definidos ambientes geológicos propícios à sua concentração.

Cada vez mais, entretanto, é reconhecida a semelhança de comportamento desses elementos com o ouro, no ambiente secundário ou ciclo intempérico, caracteristicamente devido a seus elevados pesos específicos, baixos "clarkes" de concentração, distribuição errática ou irregular, ocorrência como formas nativas ou ligas intermetálicas e crescer e concentrar até economicamente como grãos em "placers".

Pode-se esperar, conseqüentemente, que a amostragem de concentrados de bateia de materiais secundários como solos e sedimentos, adequada para ouro, tenha similar resposta para os elementos desse grupo.

O trabalho ora apresentado descreve a pesquisa geoquímica para os elementos do grupo da platina através da amostragem do nível superficial dos solos residuais e de concentrados de bateia de solo, coletados em três pequenas áreas com diferentes condicionantes geológicas, situadas sobre rochas predominantemente gabróicas da Sequência Intrusiva Canindé, próximo da localidade de Poço Redondo, estado de Sergipe.

Ao longo do texto, adota-se a terminologia inglesa PGE (Platinum Group Elements) e PGM (Platinum Group Minerals) na referência genérica para, respectivamente, elementos e minerais do grupo da platina.

2- FUNDAMENTOS E OBJETIVOS DESTE TRABALHO

A realização do presente trabalho fundamentou-se na importância econômica da platina, de crescimento correlato com a preocupação mundial em reduzir a poluição ambiental, especialmente a produzida pela emissão de gases da combustão de motores de veículos; e ainda seu uso crescente como catalisador na indústria química e petroquímica e em medicina ortopédica.

Embora as reservas mundiais sejam abundantes, a produção dos metais do grupo da platina é monopólio de poucos países: África do Sul, União Soviética e Estados Unidos, o que estimula sua prospecção em regiões geologicamente favoráveis no Brasil, visando torná-lo independente e exportador desses bens minerais.

Na localidade de Poço Redondo (Sergipe), o complexo máfico-ultramáfico Canindé apresenta um grande potencial para a existência de platina e associados, devido aos indícios constatados em trabalhos geoquímicos anteriores e à presença de sulfetos de cobre e níquel, aos quais usualmente se associam esses metais nobres, em quantidade inferida de aproximadamente 18 milhões de toneladas de minério; verificado esse relacionamento, ter-se-á uma indicação da reserva potencial em metais nobres, e o depósito poderá ter sua economicidade muito aumentada pela recuperação de platina como subproduto.

Entre os materiais normalmente amostrados para a prospecção geoquímica, a coleta de solos afigurou-se como a mais adequada para a pesquisa de PGE por uma série de razões:

O material ideal e o mais utilizado para a prospecção geoquímica de PGE é rocha a pequenos intervalos de amostragem, haja vista sua ocorrência primária caracteristicamente em níveis de pequena espessura e relativamente baixa concentração; todavia, esse material apresenta dificuldades práticas pela inexistência ou falta de continuidade de afloramentos da litologia hospedeira, e pela necessidade de um grande número de amostras. Por outro lado, os sedimentos de corrente são inadequados pois, produtos do intemperismo de mineralizações como acima descritas seriam, em curta distância, diluídos no material estéril ao chegar na drenagem.

A amostra de solo residual situa-se entre esses extremos: é representativa e tem maior abrangência em área do que os poucos decímetros da amostra pontual de rocha, e um menor fator de diluição no material estéril do que os sedimentos. O material é abundante e

de muito fácil coleta, e ainda conserva, para e entre a maior parte dos elementos-traço, o relacionamento ou associatividade original do ambiente primário.

Os elementos do grupo da platina constituem resistatos no ciclo intempérico, concentrando-se nos solos pela lixiviação dos componentes solúveis, e mesmo por fenômenos de agregação e/ou crescimento secundário dos grãos minerais. Por estes motivos, idêntico ao observado para ouro (de também elevado peso específico) no ambiente secundário, resolveu-se efetuar a concentração do material coletado com a utilização de bateia. Em que pese a elevada variabilidade da concentração por bateamento manual, este processo permite a tomada de um maior volume inicial de amostra (fator crucial para elementos de pequena abundância na litosfera), minimiza o efeito da distribuição naturalmente errática desses elementos, e eleva os teores até níveis detectáveis com maior confiabilidade pelos métodos analíticos convencionais. Tem ainda a vantagem de permitir o estudo isolado de frações mineralógicas pesadas e resistentes, como por exemplo a cromita, à qual os elementos do grupo da platina frequentemente se encontram associados.

Os objetivos deste trabalho, assim fundamentado, foram:

1- Constatar a presença de elementos do grupo da platina na área, ou concluir pela sua inexistência em teores detectáveis.

2- Verificar a relação desses elementos com os outros avaliados, procurando identificar a presença de indicadores geoquímicos.

3- Verificar a relação dos PGE com os minerais contidos na fração apurada da concentração por bateia (minerais pesados dos solos), na procura de indicadores mineralógicos.

4- Verificar possíveis relações entre os elementos avaliados em amostras pontuais do nível superficial dos solos e aqueles analisados nos correspondentes concentrados de bateia, em especial os indicadores de mineralização.

5- Buscar relações, produtos ou coeficientes entre elementos que sejam discriminatórios de níveis mineralizados, e que forneçam halos de dispersão característicos, de maior amplitude do que os elementos considerados individualmente.

6- Procurar esclarecer, com a precisão possível e do ponto de vista geoquímico, as relações entre as rochas, a mineralização e o solo da área investigada.

7- Estabelecer, dos testados, os procedimentos metodológicos essenciais para a prospecção geoquímica de PGE em outros locais do Complexo Canindé, visando rapidez, baixo custo e segurança na avaliação dos resultados.

8- Sugerir ou estabelecer a melhor metodologia (amostragem, preparação, análise, processamento de dados e interpretação) para a prospecção geoquímica dos elementos do grupo da platina em outras regiões do Brasil, cujo panorama geológico/geoquímico se assemelhe ao de Poço Redondo.

3- GENERALIDADES SOBRE OS PGE

3.1- HISTÓRICO

A primeira notícia sobre platina vem da época da colonização espanhola da América do Sul, como um metal associado ao ouro nos garimpos da Colômbia, não recuperado devido a seu elevado ponto de fusão. Em 1741 foram enviadas as primeiras amostras para a Inglaterra, onde vários cientistas tentaram caracterizar quimicamente o novo metal. Coube a William Lewis, em 1763, a primeira descrição completa do metal e de algumas de suas ligas, como também o processo, até hoje utilizado, de precipitação da platina através da amônia, a partir da solubilização do concentrado com água-régia.

Em 1803 W.H. Wollaston obteve a primeira separação de dois elementos do grupo: paládio (honorífico ao asteróide Pallas) e ródio (pela cor róseo-avermelhada de seus sais). Em 1804, S. Tennant isolou o irídio (da deusa Íris na mitologia grega) e o ósmio (odor, em grego). Em 1844 o químico russo K. Klaus descobriu o rutênio (nomeado em homenagem a seu país).

No Brasil, a primeira notícia de metais deste grupo data do início do século XIX, e deve-se a José de Sá Bittencourt Câmara, que, descrevendo o ouro cinzento disseminado na "jacutinga" da serra da Piedade e outros contrafortes do Espinhaço Mineiro, insistiu que o ouro formava liga com outro metal, mais tarde identificado como paládio (Oliveira & Leonardos, 1943). Eugen Hussak, em 1906, publicou "Über das Vorkommen von Palladium und Platinum in Brasilien", onde dá conta dos trabalhos por ele realizado, juntamente com Arrojado Lisboa, em ocorrências de PGE em Minas Gerais. Os primeiros dados quantitativos sobre ocorrências brasileiras desses elementos somente foram obtidos a partir de 1930, restringindo-se ao estado de Minas Gerais.

A descoberta de platina na Rússia data de 1819, nos "placers" de Dakovlov, Montes Urais, tendo sido este país o maior produtor mundial até 1930, quando foi suplantado pelo Canadá, que a obtinha como subproduto do minério de cobre e níquel de Sudbury. Na África do Sul, a exploração do Merensky Reef, do Complexo Bushveld, foi iniciada em 1925 e, em 1934, começou a produção a partir de depósitos aluvionares localizados no Alaska, extremo NW do continente norte-americano.

3.2- PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PGE

Os metais platina (Pt), paládio (Pd), ródio (Rh), rutênio (Ru), irídio (Ir) e ósmio (Os) constituem os denominados elementos do grupo da platina (PGE), por comumente ocorrerem associados na natureza e possuírem características físico-químicas semelhantes. Pertencem ao Grupo VIII da tabela periódica, que inclui também os elementos ferro, cobalto e níquel. Possuem densidades muito elevadas (o irídio é o elemento mais denso conhecido) e altos pontos de fusão (são refratários); são quimicamente inertes à maioria dos agentes corrosivos até em altas temperaturas, e desenvolvem extraordinária atividade catalítica. Suas principais características físicas e químicas constam do quadro abaixo, compilado de Oliva & Vieira (1973), Cousins & Vermaak (1976) e Farina (1984):

I- Propriedades físico-químicas dos elementos do grupo da platina

	Pt	Pd	Rh	Ir	Ru	Os
1)	78	46	45	77	44	76
2)	195,2	106,7	102,9	193,1	101,7	190,2
3)	2-4	2-4	3-4	3-4	3-4-6-8	4-6-8
4)	0,8-0,64	0,8-0,64	0,75-0,65	0,65(4+)	0,62(4+)	0,65(4+)
5)	29-55	33-66	46-67	57	63	54
6)	21,45	12,02	12,44	22,65	12,20	22,48
7)	cúbico	cúbico	cúbico	cúbico	hexagonal	hexagonal
8)	1773,5	1554	1966	2454	2400	2700
9)	3800	2900	3700	4500	4080	5020
10)	9,83	10,0	4,51	4,9	7,1-7,6	9,5
11)	24	38,6	-	6,8	-	-
12)	4,3	4,8	6,0	6,5	6,5	7,0

1) Número Atômico, 2) Peso Atômico, 3) Valências, 4) Raio Iônico, 5) Potencial de Ionização estimado, 6) Densidade a 20 °C em g/cm³, 7) Sistema de Cristalização, 8) Ponto de Fusão em °C, 9) Ponto de Ebulição em °C, 10) Resistividade Elétrica em uohm-cm, 11) Calor Latente de Fusão em cal/g, 12) Dureza na escala de Mohs.

3.3- USOS

A resistência à corrosão química, à oxidação, boa condutividade elétrica e alta atividade catalítica são as características que tornam os metais do grupo da platina bastante utilizados na indústria. As principais aplicações são as seguintes:

Platina: cadinhos para a fusão de vidro na indústria ótica, contatos elétricos de precisão, termômetros de 200 a 1.000 graus centígrados, catalisador na indústria química, petroquímica e farmacêutica, na fabricação de fibras sintéticas, em joalheria, equipamentos de controle de poluição etc.

Paládio: ligas para soldas a elevadas temperaturas, contatos elétricos de baixa voltagem, na detecção de monóxido de carbono no interior de minas, ligas de alta resistência com o titânio, catalisador na indústria química e ligas de ouro branco (17% Pd) em joalheria.

Irídio: utilizado em liga com a platina para aumentar sua dureza, resistência e ponto de fusão, liga com ósmio em pontas de canetas e como fonte de radiação gama (Ir 192) em substituição às fontes convencionais.

Ródio: é mais duro, resistente à ação química e mais branco que a platina. Utilizado em refletores de raios infravermelhos e refletores de projetores de cinema, circuitos impressos para interruptores de multiondas e também resistências de fornos elétricos para temperaturas de até 1.450 graus Celsius.

Rutênio: somente é aplicado em ligas, devido a ser volátil e venenoso. As ligas Pt-Ru são as mais duras e resistentes do grupo, sendo empregadas para contatos elétricos imunes ao desgaste e à alta voltagem. Também empregado em joalheria, ligado ao paládio.

Ósmio: é o metal deste grupo de maior dureza e mais elevado ponto de fusão. Tem utilização, formando liga com o irídio, em pontas de canetas, e em menor escala como catalisador químico.

3.4- RESERVAS, PRODUÇÃO E CONSUMO

Não há uma avaliação da reserva brasileira de metais do grupo da platina, tendo em vista o estudo, até o presente apenas superficial, de suas ocorrências. Em âmbito mundial, as reservas conhecidas são da ordem de 100.135 toneladas (dado de 1980) dos metais do grupo, praticamente detidas pela República da África do Sul (74%, platina>paládio), União Soviética (12,4%, paládio>platina) e Estados Unidos (9%); a produção anual média, registrada de 1967 a 1972, oscilou em torno de 125 toneladas. Esse nível de produção, confrontado com as reservas mundiais e o potencial de corpos máfico-ultramáficos ainda pouco pesquisados, confere a certeza da impossibilidade de exaustão das jazidas, mesmo considerando um substancial aumento de demanda, para

utilização no controle e diminuição da poluição de veículos e indústrias. Ainda, o alto valor desses metais incentiva sua recuperação dos resíduos do tratamento de minérios de cobre, níquel e ouro, e da sucata de jóias, componentes eletrônicos e velas de ignição de veículos.

A produção mundial de metais do grupo da platina tem-se mantido em curva ascendente, tendo registrado cerca de 41 t em 1960 e aproximadamente 135 em 1970 e 197 em 1980, o que projeta para o ano de 1990 uma produção ao redor de 280 t, mantendo a mesma linha de tendência. Os maiores produtores mundiais, cotejados em 1978 (Jolly, 1980 in: Farina, 1984), foram a Rússia (48% da produção), África do Sul (45%) e Canadá (5,4%). O Brasil não produz nenhum dos metais desse grupo.

O consumo brasileiro está dirigido principalmente para joalheria, indústrias químicas e de componentes eletrônicos. Na década dos sessenta a importação da platina e dos outros metais, em bruto, oscilou bastante, registrando-se um máximo de 1.261 kg em 1964 e um mínimo de 83 kg em 1969. A tendência todavia é crescente, na medida em que se desenvolve cada vez mais as indústrias eletro-eletrônica e química no país.

3.5- OCORRÊNCIAS NO BRASIL

A principal ocorrência brasileira de platina situa-se próximo ao morro do Pilar, município de Conceição do Mato Dentro, cerca de 350 km a noroeste de Belo Horizonte (MG); ocorre em três tipos de depósitos: a) em quartzito pertencente à porção superior do Grupo Itacolomi, onde se concentra em zonas de fraturas importantes. O teor médio é da ordem de 0,3 g/t; b) em serpentinitos, onde também são detectados traços de arsênio, o que faz suspeitar da existência de esperrilita, e c) encontrada nos depósitos aluvionares do rio Mata Cavalo e nos córregos de sua bacia hidrográfica. Nesses depósitos (geralmente "panelões" escavados pela água) a forma das pepitas, suas dimensões e zoneamento metálico - crosta de platina envolvendo paládio + platina no interior do grão - são semelhantes às aquelas encontradas nos quartzitos.

Ainda em Minas Gerais ocorre platina nos municípios de Teófilo Otoni e Abaeté (serra Mato da Corda), nas minas Congo Soco e Candonga, próximo da cidade de Serro, e em Itabira e Taquaril, onde o ouro do Ribeirão do Carmo encontra-se ligado a paládio.

Em Goiás, platina ocorre no município de Niquelândia, associada a cromititos do maciço básico-ultrabásico denominado Complexo Tocantins, tendo-se notícia ainda de ocorrências nos municípios de Goiás, Cromínia, Mairipotaba e Barro Alto.

Na região de Serra Pelada, sul do estado do Pará, ocorre paládio associado ao ouro. A intensa atividade garimpeira na área desde seu descobrimento até atualmente, impediu uma estimativa de produção e reservas. Índícios importantes de elementos do grupo da platina foram obtidos ainda nos complexos Bodocó (Pernambuco) e Pien (Paraná).

São bastante promissores os inúmeros maciços e corpos máfico-ultramáficos que ocorrem em diversos estados brasileiros, como por exemplo Americano do Brasil (Goiás), Canindé (Sergipe), região de Cedro - Pedra Branca (Ceará), Cocal (Rondônia), Floresta (Pernambuco) e Pedras Pretas (Rio Grande do Sul) que, com a continuidade das pesquisas e a utilização de novos métodos prospectivos, poderão tornar o Brasil auto-suficiente e até exportador dos metais nobres do grupo da platina.

3.6- MINERALOGIA DOS PGE

Há uma enorme variedade de minerais dos elementos do grupo da platina, que podem ocorrer no estado nativo, embora individualmente jamais sejam encontrados puros. Os minerais podem ser divididos em dois grandes grupos:

I- ligas entre si e compostos intermetálicos com Fe, Ni, Cu, Co, Sn e Au.

II- compostos com S, As, Sb, Te e Bi.

Do primeiro grupo podem ser citadas as ligas platinirídio e osmirídio, a cuproplatina (Cu), ferroplatina (Fe), polyxeno (Fe), e estanopaladinita (Cu, Sn); do segundo, esperrilita (As), geversita (Sb), moncheíta (Te, Bi), hollingswortita (As, S), laurita (S) etc. L. J. Cabri apresentou em 1976 um glossário contendo 74 minerais de elementos do grupo da platina, no qual deixa de incluir outros 65 minerais ainda sem denominação ou cujas características não foram perfeitamente definidas; Milliotti (1978) fornece uma tabela de composições químicas e propriedades físicas de 67 minerais e ligas desses elementos. Usualmente, estes metais são recuperados como subprodutos ou co-produtos da metalurgia de cobre e níquel de minério sulfetado.

3.7- TIPOS DE DEPÓSITOS

Boyle (1974, 1982) lista 14 tipos conhecidos de ocorrências de elementos do grupo da platina, variando nas litologias hospedeiras, minerais e elementos-traço associados. Naldrett & Cabri (1976) classificam os depósitos magmatogênicos em função do ambiente tectônico de "emplacement", e Farina (1988) amplia uma classificação com o mesmo fundamento geotectônico, introduzindo as categorias Sedimentar e Metamórfica. Cabri (1982) apresenta nova versão, baseada na característica de dominância ou não dos PGE no minério, e Cabri & Naldrett (1984) propõem nova classificação, baseada nas propriedades calcófilas (Associação Sulfeto) e siderófilas (Associação Óxido/Silicato), e restrita aos depósitos de origem magmática; comentam ainda que os depósitos de PGE variam muito em idade, desde o Triássico (Goodnews Bay - Alaska e Choco - Bolívia) ao Arqueano (Kambalda - Austrália, Lac-des-Iles - Canadá), não havendo uma clara correlação entre a idade da mineralização e o tipo de depósito gerado. A classificação proposta por estes últimos autores encontra-se sumarizada a seguir:

II- Tipos de depósitos segundo Cabri & Naldrett (1984)

I- ASSOCIAÇÃO SULFETO

I.1- Tipo Sudbury (Sudbury)

- Geometria do depósito: sulfetos Cu-Ni disseminados, veios, maciços
- Tipo/geometria da rocha: complexo norítico elíptico
- Teor em PGE: < 1 ppm
- Razões: $Cu/(Cu+Ni) = 0,44-53$
 $Pt/(Pt+Pd) = 0,4-0,52$
 $(Pt+Pd)/(Ru+Os+Ir) = 13-19$
- Observações: astroblema

I.2- Tipo Merensky Reef (Bushveld, Stillwater)

- Geometria do depósito: sulfetos Cu-Ni estratiformes disseminados
- Tipo/geometria da rocha: complexo máfico-ultramáfico acamadado
- Teor em PGE: < 4 a 22 ppm
- Razões: $Cu/(Cu+Ni) = <0,3$
 $Pt/(Pt+Pd) = <0,7-<0,14$
 $(Pt+Pd)/(Ru+Os+Ir) = <12,5 \text{ 247 (Stillwater)}$
- Observações: alguma distância acima da base do complexo

I.3- Tipo Noril'sk (Noril'sk, Duluth)

- Geometria do depósito: sulfetos Cu-Ni disseminados, veios, maciços
- Tipo/geometria da rocha: intrusiva equivalente a basalto de fundo oceânico
- Teor em PGE: variável

- Razões: $Cu/(Cu+Ni) = <0,58$
 $Pt/(Pt+Pd) = <0,27$
 $(Pt+Pd)/(Ru+Os+Ir) = <12,6$
- Observações: rifteamento intracontinental

I.4a- Tipo Pechenga (Pechenga, Lynn Lake)

- Geometria do depósito: sulfetos Cu-Ni disseminados, veios
- Tipo/geometria da rocha: intrusivas toleíticas
- Teor em PGE: < 1 ppm
- Razões: $Cu/(Cu+Ni) = 0,35$
 $Pt/(Pt+Pd) = 0,55$
 $(Pt+Pd)/(Ru+Os+Ir) = -$
- Observações: atividade magmática precoce em "greenstone"

I.4b- Tipo Kambalda (Kambalda, Marbridge)

- Geometria do depósito: sulfetos Fe-Ni disseminados, veios
- Tipo/geometria da rocha: lavas komatiíticas e intrusivas
- Teor em PGE: $< 0,1$ a 1 ppm
- Razões: $Cu/(Cu+Ni) = 0,44-0,10$
 $Pt/(Pt+Pd) = 0,2-0,43$
 $(Pt+Pd)/(Ru+Os+Ir) = 1,76-2,96$
- Observações: atividade magmática precoce em "greenstone"

I.5- Tipo Platreef (Bushveld, Lac-des-Iles)

- Geometria do depósito: sulfetos Cu-Ni disseminados, veios
- Tipo/geometria da rocha: complexo máfico-ultramáfico acamadado
- Teor em PGE: $< 0,3$ ppm
- Razões: $Cu/(Cu+Ni) = 0,43$
 $Pt/(Pt+Pd) = 0,43$
 $(Pt+Pd)/(Ru+Os+Ir) = 2900$ (Lac-des-Iles)
- Observações: na base do complexo

II- ASSOCIAÇÃO ÓXIDO/SILICATO

II.1- Tipo UG2 (Bushveld, Stillwater)

- Geometria do depósito: cromititos estratiformes
- Tipo/geometria da rocha: complexo máfico-ultramáfico acamadado
- Teor em PGE: < 7 ppm
- Razões: $Cu/(Cu+Ni) = 0,33$
 $Pt/(Pt+Pd) = 0,62$
 $(Pt+Pd)/(Ru+Os+Ir) = < 3,5$
- Observações: alguma distância acima da base

II.2- Tipo Alpino e "Placers" associados (Tasmânia, Grécia, Oman)

- Geometria do depósito: cromititos podiformes
- Tipo/geometria da rocha: dunitos e peridotitos com ortopiroxênio
- Teor em PGE: até $0,9$ ppm
- Razões: $Cu/(Cu+Ni) = -$
 $Pt/(Pt+Pd) = 0,47-0,87$
 $(Pt+Pd)/(Ru+Os+Ir) = 0,14-1,12$
- Observações: seqüências ofiolíticas desmembradas tectonicamente

II.3a- Tipo Zonado Alaska (Tulameen, Goodnews, Choco)

- Geometria do depósito: segregação em cromititos
- Tipo/geometria da rocha: complexo zonado concêntrico
- Teor em PGE: até 3 ppm ("placer")
- Razões: $Cu/(Cu+Ni) = -$
 $Pt/(Pt+Pd) = \text{muito alta}$
 $(Pt+Pd)/(Ru+Os+Ir) = \text{alta}$
- Observações: intrusos em zonas orogênicas

II.3b- Tipo Zonado Inagli (Inagli, Kondyor, Yubdo)

- Geometria do depósito: segregação em cromitito
- Tipo/geometria da rocha: complexo zonado concêntrico
- Teor em PGE: até 3 ppm ("placer")
- Razões: $Cu/(Cu+Ni) = -$
 $Pt/(Pt+Pd) = \text{muito alta}$
 $(Pt+Pd)/(Ru+Os+Ir) = \text{alta}$
- Observações: intrusos em plataforma estável

II.4- Tipo Kachkanar (Kachkanar, Guseva Gora)

- Geometria do depósito: segregação em magnetita titanífera
- Tipo/geometria da rocha: complexo werhlito-clinopiroxenito
- Teor em PGE: -
- Razões: $Cu/(Cu+Ni) = -$
 $Pt/(Pt+Pd) = \text{muito alta}$
 $(Pt+Pd)/(Ru+Os+Ir) = \text{alta}$
- Observações: intrusos em zona orogênica

II.5- Tipo E Bushveld (Onverwacht, Driekop do Bushveld)

- Geometria do depósito: "pipes" ou funil
- Tipo/geometria da rocha: pegmatitos ultramáficos
- Teor em PGE: variável
- Razões: $Cu/(Cu+Ni) = -$
 $Pt/(Pt+Pd) = \text{muito alta}$
 $(Pt+Pd)/(Ru+Os+Ir) = \text{alta}$
- Observações: alguma distância acima da base

3.8- DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA

Neste item são oferecidos alguns tópicos sobre a distribuição geoquímica dos elementos do grupo da platina nos ambientes primário e secundário, sem maiores preocupações ou considerações teóricas sobre o assunto; destinam-se, em especial, os aspectos atinentes ao ciclo intempérico, a subsidiar e complementar as informações contidas nos capítulos que se seguem.

3.8.1- Ambiente Primário

Juntamente com ferro, níquel e cobalto, os seis elementos do grupo da platina pertencem ao Grupo VIII da tabela periódica; sua tendência siderófila é a explicação para sua menor concentração na Terra (manto e rochas crustais) relativamente a condritos:

III- Abundância dos elementos do grupo da platina (ppb)

	Pt	Pd	Rh	Ir	Ru	Os
Cósmica (Suess & Urey,1956) (átomos/10000 átomos Si)	0,016	0,007	0,002	0,008	0,015	0,010
Condritos (McBryde,1972)	1500	1200	200	500	1000	
Litosfera (Vinogradov,1962)	5	20	1	1	0,1	0,1
Ultramáficas (Boyle,1982)	65	20	5	6	0,7	5

O vagaroso mas contínuo intercâmbio de matéria entre o manto e a crosta resultou na redistribuição de elementos desse grupo, refletindo suas tendências siderófilas e calcófilas (Naldrett & Cabri, 1976). Irídio, ósmio e rutênio possuem mais fortes propriedades siderófilas do que calcófilas, ocasionando seu enriquecimento nos diferenciados precoces da cristalização ortomagmática, enquanto que platina e paládio, com maior afinidade calcófila, tendem a se concentrar em soluções residuais ou magmáticas tardias e formar minerais discretos em associação com sulfetos (Agiorgitis et alii, 1977).

3.8.1.1- Relação PGE – Cromita

A relação entre os PGE e a cromita e/ou níveis cromitíferos dos complexos máfico-ultramáficos é reconhecida por todos os autores, e é mais notável nas rochas deficientes em enxofre. Via de regra, as rochas ricas em cromo apresentam concentrações de 10 a 100 vezes mais PGE do que rochas que possuem esse elemento somente como acessório (Crocket, 1979; Boyle, 1982; Fominykh & Khvostova in: St. Louis et alii, 1986).

White et alii (1971) determinaram em cromititos podiformes puros, teores de Pt, Pd, Rh e Au maiores do que em harzburgitos com pirrotita (porção mais enriquecida em sulfetos) do Complexo Tocantins, o que é aparentemente conflitante com a posição de

Naldrett & Gruenewaldt (1989), que atribuem tal comportamento em parte aos cromititos dos complexos acamadados conterem originalmente mais sulfetos, provavelmente através de mecanismos que levaram a um aumento local do enxofre, devido à extração de Fe^{+2} do magma na precipitação da cromita (Talkington & Watkinson, 1986).

Sabelin (1987) comenta a associação de depósitos de PGE (primária como inclusões ou com estreito relacionamento espacial), com ocorrências de cromo, observadas em intrusões estratiformes e sequências alpinas ou ofiolíticas.

Em relação à granulometria dos PGM associados a cromititos, Gijbels et alii (in: Crocket, 1979) não encontraram inclusões desses metais em mais de 1.000 seções polidas de amostras do Complexo Bushveld, supondo-as existentes sub-microscopicamente ($<0,25 \mu$). Os mesmos autores determinaram relações de concentração 1:16:700 PGE em ortopiroxênio:plagioclásio:cromita (com proporção mais ou menos constante 1 Os : 7 Ru : 1 Ir). Para Agiorgitis et alii (op. cit.), cromita é o principal concentrador de Ir (e Os), apresentando relações de concentração 10.000:300:100:9:4 em cromita:ortopiroxênio:olivina:clinopiroxênio:plagioclásio, e de 1.000:100:6:2 em peridotito:dunito:gabro:diabásio do maciço de Troodos (Grécia), mostrando a tendência de fracionamento durante a diferenciação magmática.

Paládio provavelmente substituiu o ferro na estrutura da olivina, e platina o cromo na das cromitas. Fuchs & Rose (1974) em seu estudo sobre Stillwater encontraram maiores teores de Pt e Pd no cromitito estratigraficamente mais inferior, com cerca de 70% da platina sob forma de inclusão ou solução sólida, e o restante da platina e todo o paládio em alguma fase externa não determinada; Page et alii (1972) encontraram, em amostras do mesmo complexo, inclusões de PGM na ordem de 5 a 10 microns em cromitas e sulfetos intersticiais, determinando forte correlação dos mesmos PGM com cromo, moderada com vanádio e fraca com Ni, Co e Cu. Dois tipos de PGM, com granulometria inferior a 30 microns, foram observados por St. Louis et alii (1986) associados aos cromititos do maciço zonado de Tulameen (Canadá): o primeiro tipo constando de inclusões euédricas a subédricas de PGM, atribuídas ao aprisionamento desses minerais pelo crescimento do grão de cromita, e o segundo, de PGM anédricos intersticiais aos grãos, que constituíam originalmente ligas, soluções sólidas ou fases sulfeto que exsolveram. No ofiolito de Unst (Grã-Bretanha), Gunn (1989) cita a presença de duas assembléias de PGM associadas com cumulos cromitíferos podiformes; os PGM ocorrem como grãos de 5 a 10 microns nos halos de clorita ao redor dos grãos de cromita e em seus bordos de alteração, e também em veios de carbonato +/- magnetita +/- clorita no

cromitito e no contato com a encaixante, muito próximos ou intercrescidos com sulfetos e arsenietos de Ni, Ni-Fe e Ni-Co. Já Page et alii (1982), ao estudarem os cromititos de sequências ofiolíticas da Nova Caledônia (maciços Sud e Tiebaghi), não encontraram correlações entre os teores dos PGE e os teores de outros 33 elementos-traço determinados por Espectrografia de Emissão; também não foi observado qualquer relacionamento daqueles com a distribuição espacial observada nas rochas duníticas ou harzburgíticas, com a cromita maciça ou sob forma disseminada, ou ainda com a própria granulometria da cromita. Em estudo semelhante, Page et alii (1986) analisaram 323 amostras de depósitos de cromita podiforme na Califórnia e Oregon (USA), para estimar o potencial de PGE como subproduto da mineração de cromita; os PGE são interrelacionados, Rh correlaciona-se ao teor em cromita e nenhum desses elementos apresenta ligação com o teor em cobre ou a tonelagem do depósito.

O teor de PGE nos cromititos é variável. Na costa oeste dos Estados Unidos, Page et alii (op. cit.) encontraram em cromititos de 280 depósitos teores máximos de 2,53 ppm Pt, 0,4 ppm Pd, 0,14 ppm Rh, 4,93 ppm Ru e 2,93 ppm Ir, com as medianas em torno de dezenas de ppb para cada. Um dos poucos exemplos brasileiros, citados na literatura consultada, refere-se a concentrações de 0,16 a 3,42 ppm PGE (Pt > Pd = Rh) em amostras de canal de um cromitito podiforme, encontrado na zona ultramáfica do Complexo Tocantins, em Goiás (White et alii, 1971). Tem-se notícia que os cromititos podiformes ocorrentes na região de Pedra Branca (Ceará) chegam a conter acima de 10 ppm de metais do grupo da platina (Mario Farina, 1989, comunicação verbal).

3.8.1.2- Relação PGE - Óxidos Fe-Ti

A presença de metais do grupo da platina associados a titanomagnetita é reportada especialmente em maciços do tipo zonado, encontrados primeiramente nos Urais (União Soviética), de onde vem a denominação - atualmente em desuso, pois na realidade são várias as tipologias de mineralização - de tipo Ural. Estas se caracterizam por serem enriquecidas em platinóides pesados (Pt, Ir, Os) que ocorrem quase que exclusivamente como minerais de solução-sólida, e só parcialmente como componentes intermetálicos ou outros (Volchenko et alii, 1975). Uma dessas associações minerais é dominada por ferroligas de Pt (polyxeno domina), ósmio nativo, soluções sólidas de irídio e ainda sulfetos de Os, Rh, Ir, Ru, relacionados parageneticamente a titanomagnetita, diopsídeo e olivina (Begizov et alii, 1975; Cabri & Naldrett, 1984), estabelecida em

clinopiroxênio-gabros (Sabelin, 1987), magnetita-piroxenito e outros tipos de rochas associadas (Volchenko et alii, op. cit.). A maioria dos grãos de PGM tem dimensão inferior a 0,1 mm, mas alguns chegam a atingir até 3 mm, contendo frequentemente inclusões de outros minerais de PGE (Begizov et alii, op. cit.).

Segundo Volchenko et alii (op. cit.), as maiores concentrações dos elementos do grupo da platina são confinadas às zonas frontais reativas dos corpos, que contem minério de alto grau disseminado. O minério é composto por olivina-magnetita piroxenito com caracteristicamente disseminações pouco espaçadas e finos "stringers" ou filetes de titanomagnetita, e são geralmente ricos em sulfetos de Fe, Cu e Ni, e quase na totalidade desprovidos de ouro. O paládio é concentrado na fase sulfetada, e a relação Pd:Pt varia assim entre 3:1 e 1:5, mas geralmente se equivalem. A abundância relativa dos PGM no minério (rico em Hg) é a seguinte: Pd > Pt > Os > Rh > Ir. O mesmo autor mostra a distribuição de platina e paládio obtidas em frações de concentrados, conforme discriminado na tabela apresentada a seguir:

IV- Distribuição de Pt e Pd em concentrados

Minerais	% concentrado	teor		% distribuição	
		Pd	Pt	Pd	Pt
Magnetita	15,9	0,6	0,05	0,79	0,82
Ilmenita	6,5	2,52	1,24	1,36	8,32
Sulfetos	0,8	1.280	82,5	85,09	67,86
Silicatos	76,8	2,0	0,29	12,76	23,00

Constata-se então que a maior concentração de PGE localiza-se na fração sulfeto associada aos óxidos de Fe-Ti.

Raicevic & Cabri (1976) determinaram teores de 0,12 e 0,47 ppm de platina em magnetita maciça de hornblenda piroxenito do Complexo Tulameen, e Avena Neto (1988) encontrou 1,62 ppm Pt em magnetita piroxenito na Fazenda Gulçari-Maracás, no estado da Bahia. Segundo Sá (1990), os magnetititos da região de Maracás são compostos predominantemente por magnetita e ilmenita, contendo também silicatos secundários (anfíbólio, biotita, clorita e granada), produtos de transformação da paragênese primária (piroxênio, plagioclásio, olivina); ocorrem associadas disseminações de sulfetos e arsenietos de Fe, Cu, Ni, Pt e Pd (aos quais, segundo o autor, relacionam-se a platina e o paládio), que foram mobilizados pelos processos metamórfico-hidrotermais responsáveis pela modificação dos minerais primários.

Comprovando a associação com sulfetos, Annels et alii (1985) determinaram até 0,11 ppm Pt e 0,012 a 0,049 ppm Pd em magnetita gabro do Complexo Rincón del Tigre (Bolívia), correspondendo a teores de cobre de 0,09% a 1,95% em peso.

Gottfried et alii (1990) descrevem o fracionamento de Pt e Pd de um dique de diabásio diferenciado na Pennsylvania (USA), encontrando maiores teores de Pt e menores de Pd (respectivamente 9 a 21 ppb e 1,4 a 10 ppb) em um ortopiroxenio-cumulato (bronzita), e a relação inversa (concentrações de 2,4 a 21 ppb Pt e 11 a 165 ppb Pd) em ferrogabros ricos em Fe (até 18%) e cloro (até 0,44%); o teor em enxofre varia desde 10 a 230 ppm (mediana de 140 ppm) no ortopiroxenito a 50-740 ppm S (mediana de 330 ppm) no ferrogabro. Estes autores indicam os diferenciados tardios enriquecidos em Fe e Cl de intrusões magmáticas toleíticas (com alto Ti e quartzo-normativo) como sítios mais favoráveis a conterem depósitos econômicos.

3.8.1.3- Relação PGE - Sulfetos

A associação mais frequentemente encontrada, e por conseguinte reportada na literatura geológica, é a dos elementos do grupo da platina com sulfetos de Fe, Ni e Cu ocorrentes nas rochas máfico-ultramáficas.

Muito antes do início da cristalização do magma (cerca de 1.200 °C) já coexiste uma fase de sulfetos (formados a temperaturas acima de 1.500 °C) imiscíveis no líquido silicático (Vogt, 1926 in: Smirnov, 1976); os fatores que afetam a segregação dessa fase, segundo Smirnov (op. cit.) são a concentração original em enxofre, a composição do magma especialmente em Fe, Mg e Si e o conteúdo em elementos calcófilos.

A posição das gotas de sulfetos e sua distribuição compacta ou disseminada é considerada como sendo função do tempo de esfriamento e da localização dessa fase no corpo do maciço em consolidação.

Naldrett et alii (1979) estudaram vários tipos de depósitos associados a komatiitos (Kambalda, Manitoba, Pipe) e rochas gabróicas (Sudbury, Noril'sk), encontrando como semelhança a distribuição, concentrada ou disseminada, dos sulfetos na base ou próximo da base de corpos ultramáficos ou do complexo.

Em 25 amostras de 9 depósitos de PGE de Sudbury, Cabri & LaFlamme (1976) detectaram teores entre <0,2 e 15 ppm Pt, <1 a 16,3 ppm Pd e ainda 0,3 a 10 ppm Au e de 4 a 123 ppm Ag, e observaram que os metais de elementos do grupo são visíveis em seção polida quando o teor supera os 150 ppm PGE. Na mina Strathcona, do mesmo

complexo, a assembléia de sulfetos consiste em pirrotita-pentlandita-calcopirita, com magnetita e pirita (teores médios no "Deep ore" de 36,1% S, 4,2% Cu e 3,9% Ni); as maiores concentrações de Pt e Ir são encontradas na calcopirita e de Pd e Au na pentlandita, enquanto que a pirrotita e a magnetita são as frações minerais mais empobrecidas nesses elementos (Chyi & Crocket, 1976).

No Complexo Lac-des-Iles, no Canadá, a associação mineral é de pirrotita-pentlandita-pirita-calcopirita, com mais ou menos millerita e violarita, e os PGM ocorrem mais comumente em pentlandita, como grãos anédricos discretos ou intercrescimento lamelar (Watkinson & Dunning, 1979). PGE são acessórios em ultramáficas mineralizadas em sulfetos de Ni e Cu na Austrália, com os maiores valores na ordem de 0,84 ppm Pt e 1 ppm Pd na faixa de dunito com sulfeto maciço; em veios com sulfetos remobilizados a concentração de paládio é alta, e platina baixa, sugerindo a maior mobilidade do primeiro, e a relação Pt + Pd é boa indicadora da presença de sulfetos maciços (Wilmshurst, 1975).

No Complexo Stillwater, a mineralização mais importante ocorre num horizonte rico em sulfetos, numa hospedeira anortosítica com plagioclásio cinza cumulato; os sulfetos e associados ocorrem principalmente em grãos finos disseminados e como glóbulos de vários tamanhos e veios intersticiais, com paragênese de pentlandita, calcopirita e pirrotita, em menor escala esfalerita, galena, milerita e marcassita, e ainda menos covelita, cobre nativo, estibinita, tetraedrita de prata, magnetita, grafita, ouro e ouro-paládio. Os principais minerais do grupo da platina são braggita, vjtsotskita, moncheíta e ligas Fe-Pt, e os teores atingem a 14,7 g/t de Pt + Pd, com Pt/Pd = 3,5 e 0,15% de cobre + níquel (Conn, 1979).

No depósito Hitura (Finlândia) o maior enriquecimento é observado em cloritito + sulfetos maciços, com 2,2% em média de níquel + cobre, 11,6% de enxofre e 0,36 g/t de platina + paládio; os elementos do grupo da platina, no estudo detalhado, encontram-se dissociados dos sulfetos, e apresentam-se em concentrações elevadas restritamente nas porções marginais tectonizadas do corpo, onde os clorititos indicam movimentos de cisalhamento tardios.

As relações Pt:Pd:Rh obtidas no depósito são na ordem de 32:57:11 (Hakli et alii, 1976).

3.8.2- Ambiente Secundário

Vários autores sugerem que os elementos do grupo da platina podem ser móveis no ambiente do intemperismo. A.A. Levinson, em apêndice de seu conhecido livro "Introduction to Exploration Geochemistry" (1974 -2.^a edição), onde lista as características geoquímicas de diversos elementos, afirma que a platina tem mobilidade no ambiente secundário apenas sob forma de grãos detríticos - portanto, seria susceptível exclusivamente à dispersão clástica. Trabalhos antigos e mais recentes têm modificado esse ponto de vista, admitindo uma certa mobilidade para esse metal, e também para os demais elementos do grupo, com características específicas. Wagner, em 1929 (in: Fuchs & Rose, 1974), já verificava que a relação Pt/Pd no minério oxidado era muito maior do que no minério primário, significando a maior lixiviação do paládio. Tal observação foi comprovada por McCallum et alii (1976), que aventaram um processo de solução/redeposição, possivelmente por reprecipitação da Pt liberada de soluções-sólidas dos minerais de PGE. A solubilidade dos PGM é variável em função do Eh, pH e das características químicas do meio; Pt e Pd formam complexos solúveis com amônia, cianetos, aminas, olefinas, sulfetos orgânicos, fosfinas e arsinas terciárias, e os PGE, de modo geral, podem ser transportados como cloretos complexos (Fuchs & Rose, op. cit.). Cousins & Kinloch (1976) afirmam que uma solução a 30% de NaCl pode dissolver os PGM a baixas temperaturas. Freise (1980a) comenta que a platina, assim como o ouro, está sujeita ao ataque de ácidos orgânicos e também à reconcentração em pilhas de rejeitos de "placers" explotados (que podem ser rejuvenescidos num período de 20 a 30 anos).

O caráter resistato de certos minerais, especialmente ligas de Pt + Fe e Os + Ir é sobejamente conhecido, sendo suas concentrações em "placers" explotadas comercialmente. Da mesma forma que o ouro, os grãos de PGM podem crescer no ciclo supergênico (Freise, op. cit.; Ottemann & Augustithis, 1967; Chyi, 1982), o que é em parte refutado por Cabri & Harris (1975), que explicam a zonação composicional dos grãos de PGM (um dos principais argumentos da acreção secundária) devido a ausência de equilíbrio das fases durante a cristalização primária.

3.8.2.1- PGE em Solos

Fuchs & Rose (1974) apresentam um diagrama Eh-pH onde mostram que o campo de estabilidade do PdCl_4^{4-} superpõe-se ao campo de solos normais, com

concentrações desde 5 a 100 ppm Cl; o transporte deste composto em solução é portanto possível em solos relativamente ácidos de florestas úmidas, ou em regiões áridas, com maior concentração do íon cloro. A platina tem campo mais restrito, sendo portanto menos lixiviável em solos normais. Do diagrama também estabelece-se que em muitos solos os hidróxidos dos metais são estáveis, ao invés deles nativos. Em seu estudo sobre Pt e Pd no ciclo intempérico do Complexo Stillwater, Fuchs & Rose (op. cit.) encontraram as razões Pt/Pd nos horizontes A e B1 de solos tendo valores cerca de 2 a 4 vezes aquele determinado no cromitito mineralizado; Pt e Pd concentram-se no horizonte B1.

Os componentes do solo mais enriquecidos em platina e paládio são apresentados na tabela V a seguir, que é baseada em apenas uma amostra do horizonte B1 do solo contendo 53 ppb Pt e 315 ppb Pd, considerados anômalos pelos autores acima referidos:

V- Componentes do solo enriquecidos em Pt e Pd (% da amostra)

	Pt	Pd
Cátions em posição de troca (sorvido, coloidal, finos)	13 (?)	24
Compostos metal-orgânicos, óxidos Mn e em sulfetos	6 (?)	30
Em hidróxidos de ferro	6 (?)	27
Em argila ou Pt e Pd tamanho argila	<6	9
Na fração silte	72	9
Na fração areia	<6 (?)	nd
Na fração magnética c/ imã de mão	4 (?)	nd

Ainda no Complexo Stillwater, Conn (1979) cita que a amostragem de solos em uma área funcionou bem para o reconhecimento de anomalias significativas, tendo encontrado valores de "background" de 30 ppb Pt e 10 ppb Pd, e concentrações máximas de 265 ppb Pt e 193 ppb Pd. Davies & Bloxam (1979) efetuaram a amostragem do horizonte B de solos lateríticos, em malha de 30 x 1.000 metros, no Complexo de Freetown, Sierra Leone; dos elementos do grupo, somente foi analisada a platina, que mostrou uma distribuição lognormal uniforme, tendo a maioria das amostras apresentado valores oscilando próximo do limite de detecção de 10 ppb ("background"), a até 50 ppb Pt; os autores comentam que provavelmente Ni e a razão Co/Ni sirvam como indicadores do enriquecimento em Fe-Pt.

Sales Neto & Frizzo (1989) efetuaram uma prospecção geoquímica em um corpo peridotítico de aproximadamente 1.300 por 150 metros encaixado em biotita-gnaisses, na região de Sobral - Ceará. O material amostrado foi solo, em malha de 50 x 100 metros;

platina e paládio foram determinados por "Fire Assay" - A. Atômica. Os autores demonstraram que os elementos Co, Ni e Cr delineiam com exatidão o corpo ultramáfico; o teor máximo de platina, de 300 ppb, encontra-se associado ao mais elevado de paládio, de 70 ppb, enquanto que alguns valores de 30 ppb Pt e de 10 e 20 ppb Pd não mostram arranjos significativos com os demais elementos ou com a forma/constituição do referido corpo. Cerca de 82% das amostras apresentaram resultados inferiores a 30 ppb Pt, e 45% inferiores ao limite de detecção do paládio, de 10 ppb.

Riese & Arp (1986) efetuaram uma malha 25 x 300 m com a coleta de solos e ramos de coníferas (Douglas fir) no Complexo Stillwater, analisados para Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Pt e Pd. Nos solos, Ni e Cr não forneceram bons resultados; platina mostrou anomalias variáveis com concentrações iguais ou maiores do que 80 ppb, e paládio em valores iguais ou acima de 60 ppb indicou anomalias consistentes sobre a zona de PGE, ou pouco deslocadas em função da topografia. Segundo os autores citados, na vegetação amostrada a platina é melhor indicador pois o paládio, em função da maior mobilidade, ocasiona falsas anomalias; Ni e Cr, como para os solos, não apresentam respostas significantes.

Lechler & Hsu (1990) sugerem a análise de compostos de nitrogênio (amônia e nitratos) em solos como indicadores de mineralizações de PGE, quando o contraste obtido nesse material é muito baixo. Fundamentam-se no fato de que a platina catalisa a oxidação de amina a nitritos e nitratos no ambiente superficial, e a razão desses compostos para a amônia é assim maior na presença de Pt. Tem limitações por possíveis interferências de bactérias que metabolizam o nitrogênio.

No Complexo Bushveld, Frick (1985) ao prospectar o Platreef (horizonte com sulfetos + PGE), obteve bons resultados com os voláteis Hg, As, S e CO₂ em solos transportados pouco espessos (1 a 2 metros); com cobertura mais profunda, somente o mercúrio forneceu anomalias significativas.

Page et alii (1972?) recomenda a análise de Os, Rh, Ir e Ru nos solos, por serem mais estáveis (maior resistência à lixiviação) e Coker et alii (1989) indicam a utilização de "pathfinders" como As, Se, Cr e metais-base na fração mais fina do horizonte B de solos.

Pelas considerações de Fuchs & Rose (op. cit.), a maior mobilidade do paládio em relação à platina, nos solos, tende a formar um halo de dispersão mais amplo e homogêneo e, portanto, menos sensível à possível incidência de erros de amostragem.

3.8.2.2- PGE em Lateritos

Poucas referências são encontradas sobre a distribuição dos PGE em lateritos. Marcondes L. da Costa (1989 - com. verbal) atribui para a platina idêntico comportamento ao do ouro no desenvolvimento de um perfil laterítico, com o relativo enriquecimento em direção ao seu topo. Bowles (1989) comenta que as condições de acidez e Eh de um perfil laterítico permitem que os PGE sejam solubilizados, transportados e redepositados formando pepitas ou pequenos cristais com faces bem definidas.

Em Morro Feio (Goiás), há presença de razoável quantidade de Pt e Pd nos lateritos, que Milliotti (1979) denomina de zonas de birbiritização dos serpentinitos ali ocorrentes, em analogia com os birbiritos de Yubdo (Turquia). Milliotti (op. cit.) analisou 18 amostras de lateritos (entre outros materiais, sem especificação de qual o nível do perfil), obtendo resultados de <20 a 280 ppb Pt (mediana aproximadamente de 90 ppb) e de <20 a 40 ppb Pd (mediana de 20 ppb).

O birbirito de Yubdo, conforme Ottemann & Augustithis (1967), é uma rocha avermelhada, caracterizada por texturas coliformes de massas de limonita, ocorrendo calcedônia, quartzo fino e também cromita incorporada, esta em vários graus de alteração. Segundo os autores citados, as pepitas de platina ocorrentes no solo laterítico foram formadas sob uma fase de hidratação e baixa temperatura, nos estágios iniciais de alteração do maciço piroxenítico, listando as seguintes evidências: a) as rochas ultramáficas não apresentam Pt nativa sob o exame microscópico, somente esperrilita ($PtAs_2$), e o mineral de minério do depósito quase exclui totalmente a presença de grãos de platina, na forma e tamanho de pepita; b) formas angulares e protuberantes das pepitas; c) existência de pepitas de platina incluindo grãos alterados e inalterados de cromita; e d) a presença de películas de óxidos de ferro na superfície dos grãos.

3.8.2.3- PGE em "Placers" e em Sedimentos Aluviais

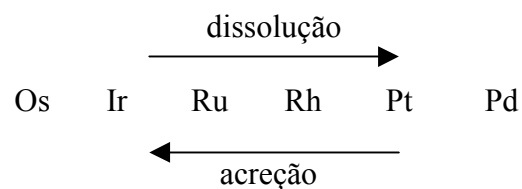
A presença de minerais do grupo da platina em "placers" é noticiada e estudada por muitos autores, uma vez que esse ambiente geológico constitui uma das importantes fontes desses metais.

Os mais comuns minerais do grupo da platina encontrados em "placers" são ligas Pt + Fe (Pt_3Fe - isoferroplatinum; Pt nativa - < 20% Fe; Pt ferrosa - > 20% Fe; Pt_2FeCu

- tulameenita) e de Os + Ir (iridosmina, ósmio nativo, ruteniridosmina), sempre contendo os demais elementos do grupo, níquel, cobre e antimônio em proporções menores (Raicevic & Cabri, 1976; Cousins & Kinloch, 1976; Razin et alii, 1979); o paládio deve ligar-se comumente a ouro, como observado por Tornross & Vuorelainen (1987) nos alúvios da Finlândia. Os minerais mais comuns associados são olivina, bronzita, diopsídeo-augita, espinélios de cromo, magnetita, granadas e anfibólios - ilmenita e magnetita chegam até a concentrações econômicas (Smirnov, 1976).

Em termos composicionais, Rosselo (1964) cita que nunca foi encontrado depósito primário de PGM com as mesmas ligas observadas em "placers", sendo essa discrepância atribuída ao diferente comportamento dos PGE durante o intemperismo e transporte por Cousins & Vermaak (1976); Cousins & Kinloch (op. cit.) afirmam que durante a serpentinização, os sulfetos de metais-base oxidam e dissociam-se, liberando PGM coloidal ou molecular, que coalesce ou agrega "in situ", e acreditam em três estágios necessários para a formação de concentrações secundárias: 1- intemperismo e lixiviação primária; 2- acreção; e 3- lixiviação secundária, permitindo o transporte.

Segundo os mesmos autores, a ordem de facilidade de dissolução e acreção dos elementos do grupo pode ser representada pelo seguinte esquema:



Tornross & Vuorelainen (op. cit.) confirmam essas observações ao estudarem cerca de 140.000 grãos aluvionares de PGM ocorrentes na Finlândia, compostos essencialmente por esperrilita mais ou menos idiomórfica (95%) e, secundariamente, ligas de Fe + Pt, embora presentes aproximadamente 40 variedades de minerais e ligas de PGE. Muitas das pepitas por eles estudadas são agregados porosos, cuja origem pode estar ligada ao intemperismo oxidante (conversão da laurita - primeiro e mais estável sulfeto de PGE a se formar no magma - a uma liga, e íon sulfato em solução em ambiente oxidante), conforme Cousins & Kinloch, 1976; e/ou o desenvolvimento de espaços vazios pelo intemperismo oxidante e lixiviação de ligas pré-existentes, conforme Bird & Basset (in: op. cit.), embora o desconhecimento da rocha fonte não permita o descarte da hipótese de dessulfurização dos grãos de laurita expostos a condições redutoras, via fraturas radiais (Stockman & Hlava, in: op. cit.).

Em campos de "placers" raramente o minério primário é encontrado, fato que Rosselo (op. cit.) atribui a fontes disseminadas e de baixo teor. Cabri & Harris (1975) utilizaram a relação $Pt \times 100 / (Pt + Ir + Os)$ para a determinação da tipologia da rocha-mãe, ao encontrarem, em grãos aluvionares de diversas fontes, duas populações de valores: entre 86 e 97, provenientes de intrusões concêntricas zonadas com núcleo ultramáfico, tipo Alaska, e entre 2 e 36, aparentando serem derivadas de complexos menos fracionados de tipo Alpino, embora também tenham sido observados em "placers" do Witwatersrand. Naldrett & Cabri (1976) confirmam os valores baixos dessa razão para "placers" relacionados a depósitos alpinos, pelo predomínio de minerais de ósmio - irídio. Cousins & Kinloch (op. cit.) apresentam a razão $(Os + Ir) / Pt$ para a comparação do "grau de maturidade" de diferentes depósitos aluvionares.

A forma dos grãos de PGM encontrado nas aluviões é variável desde cristais idiomórficos registrados na Finlândia (Tornross & Vuorelainen, op. cit.) a mamelonares, reniformes e coraliformes encontrados em Morro do Pilar e próximo a Serro, em Minas Gerais (Alves, 1952; Cassedane & Cassedane, 1974); de maneira geral são moderadamente arredondados, sem achatamento (Raicevic & Cabri, 1976 - "placers" no Canadá) e mostram maior esfericidade que o ouro (Tourtelot & Riley, 1972?). Ligas de Os + Ir são mais duras do que de platina, com maior percentagem de grãos angulares e tabulares que esta última (Cassedane & Cassedane, op. cit.; Razin et alii, 1979 - "placers" da URSS). Podem conter inclusões de cromita e magnetita (Freise, 1980b; Raicevic & Cabri, op. cit.; Sabelin, 1987). O tamanho desses grãos é geralmente na ordem de fração do milímetro ($<0,5$ mm), com máximos acima de 10 mm, como estudados por Cassedane & Cassedane (op. cit.) e provenientes de Minas Gerais.

Os teores reportados para exemplos brasileiros são de 0,88 g/ton em Minas Gerais (Freise, op. cit. - sem localização precisa) e de 2,37 g/m³ no Morro do Pilar, também em Minas Gerais (Alves, op. cit.).

Pogrebnyak & Tatyankina (1982) estudaram a dispersão de Pt e Pd nas águas e sedimentos de drenagem sobre um maciço ultramáfico zonado mineralizado a PGE (polyxeno dominante) na União Soviética. Nas amostras de água (68), todos os resultados foram inferiores ao limite de sensibilidade; nos sedimentos, a dispersão detectada foi do tipo flutuante (errática ou irregular), tendo a fração mais fina ($<0,25$ mm), das três estudadas, apresentado as maiores médias para Pt e Pd. Há correlação positiva entre Pt - Pd e Pt - Cr, e ausência de associação com cobre e níquel.

Boyle (1974) e Farina (1988) indicam como metodologia adequada à prospecção de PGM a amostragem e concentração de sedimentos de corrente. Gunn (1989) obteve bons resultados na prospecção de PGE através da concentração parcial de sedimentos de corrente por bateia, e também através da análise do material mais fino e leve dos sedimentos, coletado na suspensão em água, após forte agitação de material aluvionar contido em um recipiente.

4- GENERALIDADES SOBRE A ÁREA PESQUISADA

4.1- LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área objeto deste estudo (fig. 1) situa-se no município de Poço Redondo, no extremo noroeste do estado de Sergipe, próximo da fronteira com os estados de Alagoas (a norte - limite no rio São Francisco) e Bahia (a sudoeste - limite na Serra Negra). Grosso modo, é limitada pelos meridianos $37^{\circ}41'00''$ e $37^{\circ}44'20''$ W Gr. e pelos paralelos $09^{\circ}42'40''$ a $09^{\circ}46'00''$ S.

Poço Redondo dista 184 km da cidade de Aracaju, capital do estado de Sergipe, pelas rodovias BR-101 e SE-208 (fig. 1). Ambas as estradas são asfaltadas e encontram-se em regular estado de conservação. Desde Salvador (Bahia) o percurso é de aproximadamente 470 km, sendo vencido em oito horas de viagem por um veículo tipo Toyota.

Os locais pesquisados (fazendas Mulungu, Santa Maria e Alto Bonito) distam da localidade de Poço Redondo cerca de 10 km, parte pela rodovia SE-208 em seu trecho Poço Redondo - Canindé do São Francisco, e por estradas secundárias que demandam os vários sítios e fazendas existentes na porção norte do município; tais estradas e caminhos são razoavelmente transitáveis na época de estiagem e praticamente interditadas nos meses chuvosos, a não ser por veículos de tração apropriada.

Há ainda a possibilidade de acesso por via aérea, em vôos comerciais regulares ou fretados em empresas de táxi-aéreo, desde a capital do estado de Sergipe, Aracaju, e com destino à cidade de Paulo Afonso, situada cerca de 100 km a noroeste de Poço Redondo.

4.2- ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

A principal atividade econômica da região é a agropecuária. Rebanhos bovinos são criados em praticamente todas as fazendas e sítios, em algumas com plantéis selecionados e de raça. A agricultura é pouco desenvolvida, devido à escassez de água e ausência de implementos de irrigação, muito embora a relativa proximidade do rio São Francisco. O cultivo é praticado a nível de subsistência e voltado basicamente para milho,

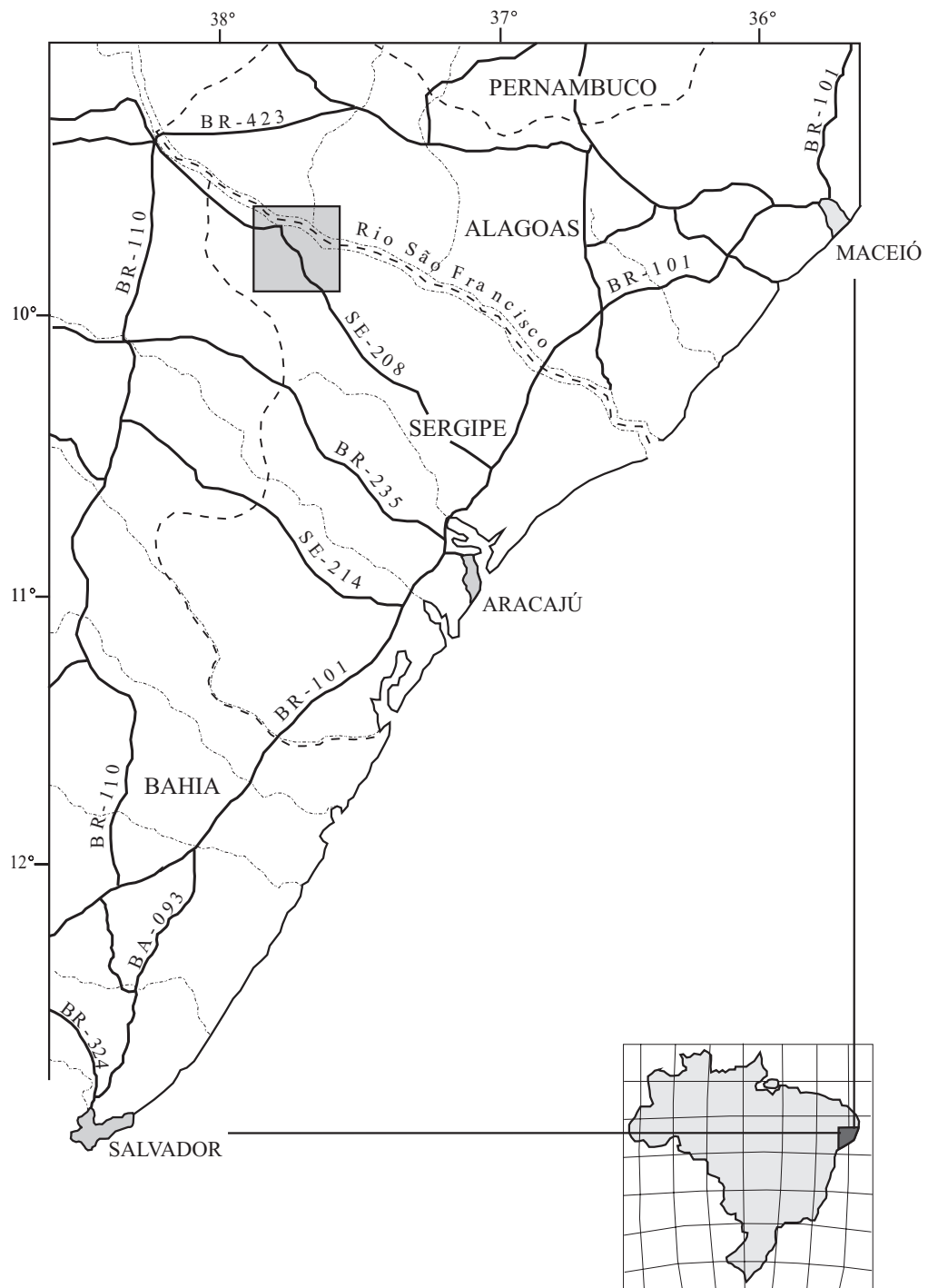


FIG. 1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

feijão, palma (cactácea forrageira), e algodão em menor escala. No rio São Francisco desenvolve-se incipiente atividade pesqueira, para consumo nos vilarejos ribeirinhos e núcleos populacionais mais próximos. As sedes municipais dispõem de energia elétrica, abastecimento de água e também postos de serviços públicos essenciais.

A cidade de Poço Redondo localiza-se na porção centro-nordeste de seu município. Conta com serviços de água encanada, energia elétrica, correios e telégrafos e ainda postos telefônico, de saúde e policial. Os serviços bancários são realizados através de agências dos bancos do Brasil e do Estado de Sergipe. O comércio é pouco expressivo e, em termos de logística de apoio, são registrados quatro pequenos supermercados, duas padarias e três farmácias, além de dois hotéis com pequena capacidade de hospedagem (total de 18 quartos). O dia tradicional da feira livre é domingo, única possibilidade para a compra de verduras, carne e frutas trazidas pelos interioranos e inexistentes para venda no decorrer da semana.

4.3- RELEVO

A morfologia do terreno é de colinas com as encostas e interflúvios convexos e abaulados, entre as quais a rede de drenagem se encaixa. As altitudes máximas atingem e pouco ultrapassam os 180 metros, e os desníveis mais pronunciados alcançam aos 60-80 metros em distâncias de 500 a 1.000 metros.

A região em apreço faz parte do pediplano ou superfície nordestina, cujas altitudes médias, em torno dos 200 metros, decrescem suave e gradativamente em direção ao leito do rio São Francisco, nível-base regional.

4.4- HIDROGRAFIA

O mais importante curso d'água perene da região é o rio São Francisco, que a atravessa no sentido noroeste-sudeste. Segue-se em importância o rio Jacaré - intermitente como os demais de sua ordem a menores - tributário pela margem direita do São Francisco, e tendo sua foz a pequena distância a jusante da vila Cajueiro, no extremo norte do município. O riacho Santa Maria, afluente pela margem esquerda do baixo curso do rio Jacaré, e as pequenas drenagens que em ambos deságuam constituem a rede

hidrográfica, de padrão dendrítico pouco denso, que abrange as áreas objeto deste trabalho.

Na época chuvosa o regime d'água nos rios torna-se torrencial, uma vez que o solo é pouco permeável, não permitindo a retenção da água pluvial, que assim escoar pela superfície do terreno até os canais das drenagens.

4.5- CLIMA

A região possui regime climático semi-árido quente (BSsh' na classificação de Köppen), caracterizado pela baixa precipitação pluviométrica (taxas de 500 a 800 mm anuais), sua irregularidade de distribuição durante o ano e longos períodos de completa estiagem, que chegam a atingir 8 meses. O período mais chuvoso estende-se de maio (mês de maior incidência) a julho, e o de menor precipitação de setembro a novembro; em dezembro são costumeiras chuvas torrenciais. No posto de Curralinho, município de Poço Redondo, o registro de médias mensais de 1937 a 1967 identifica o mês de outubro como o mais seco (média de 15,8 mm) e o mês de maio o mais chuvoso (144,7 mm de precipitação pluviométrica, em média) (Nascimento, 1981).

A temperatura média anual atinge 25 graus Celsius, e oscila entre 27 °C de média mensal nos meses mais quentes a 21° C nos meses mais frios, que são também chuvosos.

4.6- VEGETAÇÃO

O clima quente e a escassez de água na área estudada condicionam as características da vegetação, tipo caatinga aberta do nordeste brasileiro, composta por formas arbóreo-arbustivas lenhosas xeromórficas de porte variado; as espécies mais comuns são catingueira, pinhão-bravo, umburana, umbuzeiro e oiticica; entre as cactáceas, predominam facheiro e xique-xique e aparece com frequência a bromeliácea macambira.

A ação antrópica em larga escala tem desfigurado a caatinga, restando poucos núcleos onde a mesma é encontrada preservada.

4.7- SOLOS

Os solos da área pesquisada são do tipo Bruno não-cálcico, segundo Jacomine et alii (in: Nascimento, 1981). Os solos deste tipo, na região, constituem ainda um sistema aberto e com a atuação, embora pouco intensa, dos processos pedogenéticos de eluviação e iluviação - a despeito do clima semi-árido. A precipitação pluviométrica e a drenagem interna são suficientes para lixiviar os compostos mais solúveis - carbonatos e outros sais - enquanto que a movimentação dos sesquióxidos é reduzida e fraca, com tendência a manter constante a razão sílica/sesquióxidos. Há grande quantidade de bases, não chegando, entretanto, ao concrecionamento; a matéria orgânica permanece no perfil, e sua mistura com os sesquióxidos é que fornece sua cor escura característica.

Um único perfil realizado próximo das áreas presentemente estudadas foi assim descrito pelo autor acima referenciado:

" Vertissol A fraco, fase caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado.

Localização: lado direito da estrada Poço Redondo - Canindé do São Francisco, a 18 km de Poço Redondo.

Material originário: decomposição e filonito ferruginoso com biotita e hornblenda, com influência de material de rochas básicas adjacentes.

Vegetação local: caatinga hiperxerófila arbustiva-arbórea, espécies catingueira, velame, pinhão bravo e macambira.

Horizontes:

A - 0-3 cm: bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido), cinzento-avermelhado escuro (5YR 4/2, seco), moderada pequena médio blocos subangulares; muitos poros pequenos; muito duro, firme, plástico e muito pegajoso; transição abrupta e plana. Muitas raízes.

C1 - 3-40 cm: bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido), cinzento-avermelhado escuro (5YR 4/2, seco), argila; moderada grande prismática, composta de moderada média a grande blocos subangulares e angulares, slickensides muito e moderado; poros comuns muito pequenos; extremamente duro, muito firme, plástico e muito pegajoso, transição abrupta e plana. Raízes comuns. Alguns calhaus de rocha no horizonte e em sua base.

C2 - 40-60 cm: cinzento oliváceo (5Y 4/2, úmido) franco arenosa; fraca pequena a média, blocos subangulares; muitos poros pequenos; duro, firme plástico; transição clara e plana.

R - 60-90 cm: rocha semi-intemperizada."

Nascimento (1981) descreve os solos na região da área-alvo Ferro 1 com o horizonte A mais profundo (até 20 cm), transição A - B clara e apresentando características mistas B - C aos 35 cm, com material friável junto a fragmentos de rocha semi-intemperizada. Determinou também, em 19 amostras de solos, as características de Troca

Iônica (entre 9,88 e 36,9 me/100g - correspondente a valores de argilas provavelmente do grupo das montmorilonitas + ilitas), de pH (intervalo de 6,6 a 8,4, tornando-se mais elevado à medida em que se aprofunda no perfil), de Grau de Umidade (2,2 a 6%) e granulométricas, estas com as seguintes faixas de valores:

VI- Granulometria de solos na região de Poço Redondo (SE)

	Superfície	35 cm	55-65 cm	80-130 cm
% argila	7,9-34,8	6,8-40,2	2,0-23,3	2,3-20,4
% silte fino	10,3-17,1	0,4-14,9	0,1-11,3	3,0-10,7
% silte grosso	6,1-17,8	1,6-14,9	0,8-10,7	3,0-10,3
% areia fina	7,3-18,5	3,6-16,9	2,1-14,1	7,4-13,5
% areia grossa	11,5-45,0	15,6-84,6	37,6-92,6	39,4-80,6

Em uma das áreas-alvo pesquisadas (Cobre 1 e 3), os solos observados são concordes com a descrição de Jacomine et alii (op. cit.), com a presença de um horizonte A de pequena espessura (1 a 2 cm), de coloração algo mais escura pela decomposição da matéria vegetal. O nível B é argiloso, marrom-avermelhado, por vezes amarelado, escuro a marrom-escuro, muito duro, estruturado em blocos angulosos; a transição para o horizonte C é distinta em locais de litologias mais feldspáticas, a profundidades em torno dos 30 cm e até menores, pelo surgimento de pequenas manchas ou pontuações esbranquiçadas, denunciadoras da decomposição de plagioclásios e formação de argilo-minerais.

A presença de seixos algo arredondados de rochas máficas foi quase uma constante em todas as escavações para amostragem (não constitui indicação de transporte, uma vez que a alteração desse tipo de rocha faz-se tendendo a uma superfície esférica).

Em vários locais encontram-se fragmentos angulosos de quartzo leitoso, oriundos do intemperismo mecânico sobre zonas de preenchedimento de fraturas/falhas distensivas.

Em outra área (Ferro 1), exceto no extremo meridional de um perfil de amostragem (P10), o solo é marrom com tonalidade mais escura e a presença de raízes mais frequente; é mais duro à penetração da ferramenta de corte (alavanca de ferro), estruturado e quebra-se em torrões de maiores dimensões; não há praticamente distinção entre os horizontes A e B e, durante os procedimentos normais de coleta das amostras, geralmente não se atingia a zona de franca decomposição da rocha.

4.8- ASPECTOS GEOLÓGICOS

4.8.1- Breve Histórico

Os primeiros trabalhos de cunho geológico na região datam do início dos anos 50: Moraes, em 1949, refere-se a "uma enorme intrusão granítica" e Alves e Moraes, em 1952, a corpos de granito róseo e anfibolito-sienito na região de Paulo Afonso. Humphrey e Allard, em trabalhos realizados para a Petrobrás em 1962, identificaram evidências do desenvolvimento de uma geossinclinal, individualizando algumas unidades litológicas. Sobral e outros e Richter e Ponte, em 1964, adotaram a coluna proposta por Humphrey & Allard para as rochas do embasamento entre as bacias do Recôncavo-Tucano e de Sergipe-Alagoas. Farina (nos anos 1966 e 1970) e Leite (em 1969) efetuaram trabalhos de mapeamento em maior escala - 1:50.000 - das porções nordeste e sudeste da geossinclinal. Em 1973, Brito Neves e Cordani reuniram datações feitas na região da geossinclinal, procurando estabelecer a relação temporal dos eventos tectônicos; a eles é atribuída a denominação de Geossinclinal Sergipana.

A equipe do Projeto Baixo São Francisco/Vaza Barris, realizado em 1977 pela CPRM em convênio com o DNPM, e Silva Filho et alii (1979) caracterizaram a área como um cinturão dobrado de natureza geossinclinal, desenvolvido no Ciclo Brasileiro; individualizaram os litotipos de cada formação e estabeleceram correlações entre grupos litológicos. No Projeto Baixo São Francisco/Vaza Barris consta um reconhecimento geoquímico regional que abrangeu a amostragem de sedimentos de corrente, compatível com a escala 1:250.000, e de solos, em espaçamento irregular; tal reconhecimento localizou áreas consideradas favoráveis à mineralização, para as quais foi sugerido levantamento detalhado. As altas concentrações de Cu, Cr, Ni, Co, Ti e V, interpretadas como anomalias geoquímicas, e a descoberta de quatro ocorrências de cobre, sugerindo potencial econômico das máficas e ultramáficas, estimularam a realização do Projeto Canindé do São Francisco (DNPM/CPRM), iniciado em julho de 1977. Naquela ocasião, a Divisão de Pesquisas Próprias da CPRM - Superintendência Regional de Salvador, realizou na área um trabalho de prospecção geoquímica por meio da amostragem de sedimentos de corrente, com densidade de 1 amostra para cada 2 km². Os resultados dessa atividade e a descoberta de outras ocorrências de sulfetos de cobre e níquel levaram a CPRM a requerer pesquisa mineral em um grupo de áreas nessa porção de Sergipe, nos primeiros meses de 1978. Em 1979 foram iniciados nessas áreas, trabalhos de prospecção

geoquímica em solos residuais, prospecção geofísica por magnetometria e polarização induzida (IP) e ainda sondagens. Os trabalhos dessa fase foram paralisados em 1980. Em 1981, J. Nascimento apresentou, ao Departamento de Geoquímica da Universidade Federal da Bahia, uma Monografia de Mestrado versando sobre a prospecção orientativa para titânio e vanádio, na região da área-alvo Ferro 1 delimitada pelo Projeto Canindé.

No âmbito regional, em 1983 a equipe do Projeto RadamBrasil (Gava et alii, in: Santos & Souza, 1988) apresentou o relatório integrado da Folha SC.24/25 - Aracaju-Recife, e em 1988 o Sistema DNPM/CPRM publicou, dentro do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB), o texto explicativo das Cartas Geológica e Metalogenética/Previsional da Folha SC.24-X-C-VI - Piranhas. Em novembro de 1989 veio à luz o trabalho de Oliveira & Tarney, com considerações petrogenéticas sobre o Complexo Canindé de São Francisco.

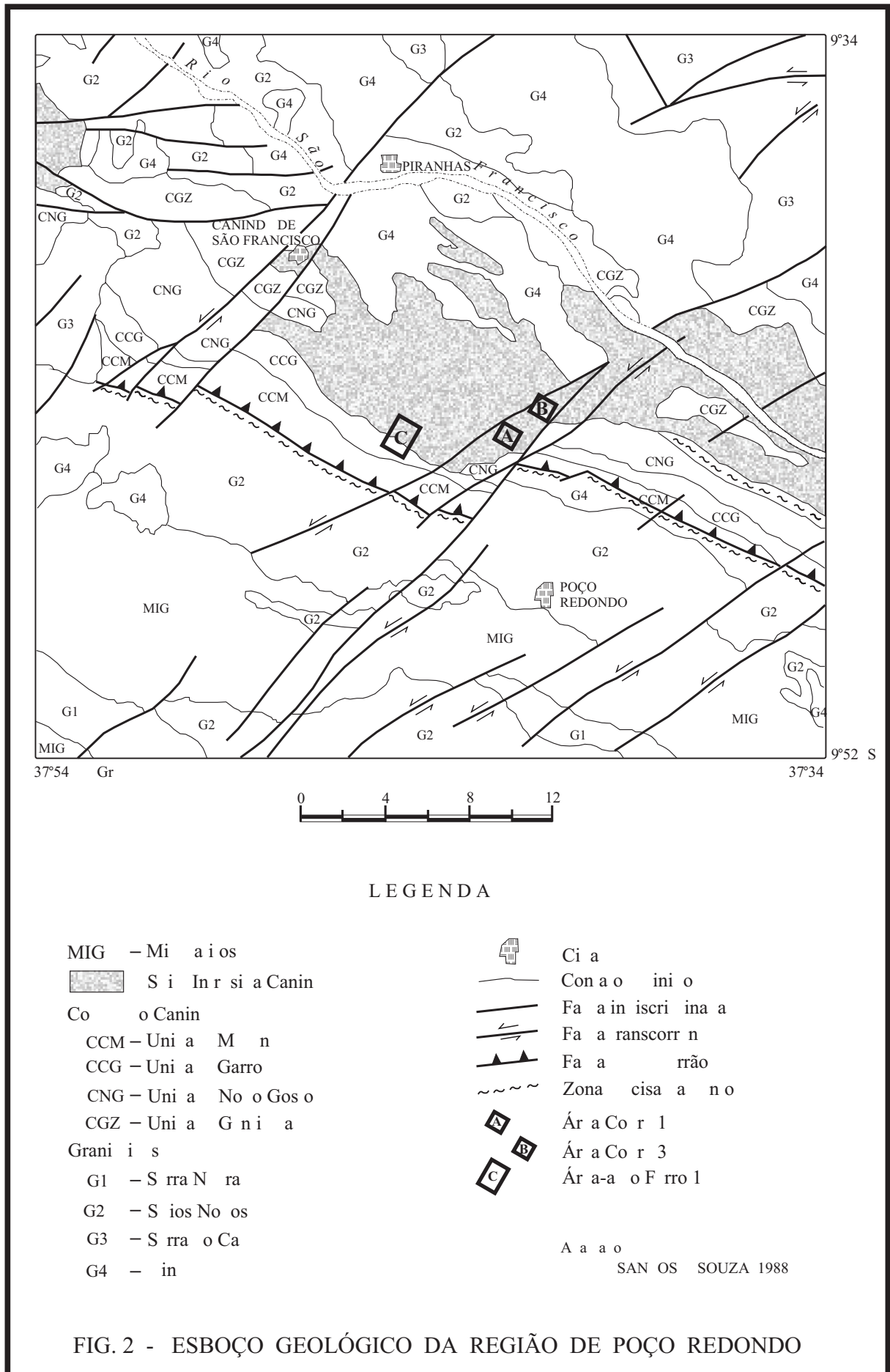
Desde 1980 até o final de 1988 as atividades da Divisão de Pesquisas Próprias da CPRM (detentora das áreas junto ao Ministério de Minas e Energia) nos arredores de Poço Redondo foram intermitentes; no início de 1989 foi executada nova etapa de trabalhos consistindo na reabertura de picadas e realização de sondagens, voltadas principalmente para os alvos ainda não definidos em trabalhos anteriores; em novembro de 1989 foi realizada a atividade de amostragem que serviu de base para esta monografia e, em seguida, foi desativada a base de operações na cidade de Poço Redondo.

4.8.2- Geologia Regional

O trabalho geológico de cunho regional mais recente, que engloba esta porção do estado de Sergipe, foi realizado pela CPRM para o DNPM, como parte do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, e data de 1988 (Santos & Souza, op. cit.). Este resumo é baseado grandemente nesse citado texto.

4.8.2.1- Contexto Geotectônico

A área objeto deste trabalho (fig. 2) insere-se na denominada Faixa de Dobramentos Sergipana, um compartimento geotectônico marcado pelas variações e zoneamento da sedimentação, polaridade da deformação e metamorfismo e natureza e posicionamento do magmatismo, o que levou vários autores a sugerirem uma evolução geossinclinal clássica de sul para norte, ou ajustada à tectônica de placas (várias suposições



foram aventadas, consistindo na colisão de placas sem, com um ou mais eventos de subducção, colisão entre o cráton do São Francisco e o Maciço Pernambuco-Alagoas ou deste último com o batólito de Glória, ou ainda a atuação de quatro microplacas, conforme respectivamente Jardim de Sá et alii, 1986; Gava et alii, 1983 e Davison, 1987, (in: Santos & Souza, op. cit.).

Está representada na figura a manifestação de intensa atividade magmática atribuída à zona eugeossinclinal, destacando-se o expressivo plutonismo sin, tardi e pós-tectônico datado através de K/Ar e Rb/Sr entre 660 e 500 m.a. (Ciclo Brasileiro). O Complexo Canindé representa uma sequência vulcano-sedimentar com plutonismo básico associado, tendo sido considerado sequência ofiolítica gerada em ambiente de arco-de ilhas (Silva Filho et alii, 1979); Jardim de Sá e outros (op. cit.) descartam o caráter ofiolítico do complexo, mantendo todavia a hipótese de sua origem em similar ambiente geotectônico.

Diversamente, estudos petroquímicos levados a efeito por Oliveira & Tarney (1989) demonstram a pequena semelhança entre as rochas vulcânicas e gabros com típicos toleítos de arco-de-ilhas, bem como a ausência de correspondência entre as litologias e o quimismo das rochas do Complexo Canindé e os complexos ofiolíticos conhecidos em várias partes do mundo, ou outras suítes de rochas de bacias oceânicas ou marginais. Os referidos autores notaram muita semelhança entre as Unidade Gentileza e leucogabros com os basaltos continentais mesozóicos da bacia do Paraná, e sugerem, para origem do Complexo Canindé, que ele representa a remobilização de uma fonte litosférica subcontinental por algum evento termal durante o Proterozóico Superior. Segundo estes autores, o evento expandiu lateralmente e adelgçou a litosfera, deixando-a vulnerável a eventos tectônicos tardios e à ascensão do complexo máfico a seu presente nível de exposição.

Em trabalho mais recente, Bezerra et alii (1990) informam que os dados químicos e de campo por eles levantados contrariam as hipóteses de ofiolito e magmatismo anorogênico/intraplaca toleítico.

4.8.2.2- Litologias

4.8.2.2.1- Migmatitos

Distribuem-se na porção sul da área, ocupando uma faixa WNW-ESE com largura máxima em torno de 10 km. Seus afloramentos ocorrem sob a forma de

lajedos, por vezes com centenas de metros de extensão, sem expressão topográfica suficiente para destacá-los das rochas graníticas e granodioríticas adjacentes. Os migmatitos são geralmente bandados, com estruturas "schlieren" e nebulítica; o paleossoma é composto por biotita-gnaisses, biotita-xistos, por vezes com granada, e anfibolitos, e o neossoma é granitóide grosseiro a pegmatóide, quartzo-feldspático. São comuns veios aplíticos e aplopegmatíticos contendo frequentemente granada e turmalina, observando-se também xenólitos de anfibolito e granada-epidoto-plagioclásio-gnaisses.

A grande quantidade de biotita e presença de granada no paleossoma sugerem a para-derivação dos mesmos. Seus contatos são irregulares e se fazem com corpos granitóides intrusivos.

4.8.2.2.2- Complexo Canindé

Silva Filho et alii (1979) agruparam uma sequência de metassedimentos e metavulcanitos em quatro unidades informais - Mulungu, Garrote, Novo Gosto e Gentileza - de acordo com suas afinidades genéticas e relações espaciais, denominando o conjunto de Complexo Canindé, sendo o plutonismo básico denominado de Suíte Intrusiva Canindé por Gava et alii (in: Santos & Souza, 1988).

Pelas suas características petroquímicas, essas rochas foram caracterizadas como provenientes de duas fontes ígneas, uma de tendência toleítica com baixo K (metabasitos da Unidade Novo Gosto) e outra de tendência alcalina (metabasitos da Unidade Gentileza) ou de uma única fonte cuja composição variou ao longo do tempo - série transicional toleítico-alcalina. O grau metamórfico atingido equivale às fácies epidoto-anfibolito a anfibolito, localmente retrometamorfisadas a xisto-verde. Uma datação K/Ar em amostra de metabasito da Unidade Gentileza forneceu a idade mínima de 748 +/- 17 m.a. (Gava et alii, in: Santos & Souza, op. cit.).

Do ponto de vista estrutural, foram identificadas três fases de dobramento superpostas: as manifestações da F1 são raramente encontradas, sob forma de minidobras intrafoliais transpostas; F2 coaxiais com F1, desenvolvendo xistosidade NW-SE e mergulhos subverticais para nordeste, e F3 com dobras abertas, planos axiais N15E e mergulho forte para noroeste (Santos & Braz Filho, op. cit.).

O Complexo Canindé apresenta-se como uma faixa quase contínua de direção WNW-ESE e com largura de 4 a 10 km.

4.8.2.2.1- Unidade Mulungu

Representa a porção inferior do complexo, cujo contato se faz por uma zona de cisalhamento contracional (falha de empurrão) com rochas graníticas a sul. A unidade é composta por uma sequência e intercalações de leptitos (cor creme, grã fina, foliação milonítica; compostos por quartzo, feldspatos K, biotita, sericita e clorita), anfibolitos (cor cinza-esverdeada a preta, grã fina, finamente laminados a maciços; compostos por actinolita e/ou hornblenda, oligoclásio-andesina e epidoto-clinozoisita, tendo como acessórios comuns esfero e opacos), quartzitos (níveis estreitos e contínuos, sempre cisalhados, alguns contendo pouco feldspato e outros lembrando chert), rochas metaultramáficas (cor cinza-esverdeada, forte xistosidade; contendo talco, serpentina, clorita e hornblenda), metacalcários (cor branca a cinza, grã média a grossa, marmorizados e com laminação pouco desenvolvida) e ainda hornblenda-biotita-gnaisses e, em alguns locais, brechas piroclásticas.

A passagem para a Unidade Garrote é gradacional e frequentemente assinalada por um nível de metacalcário associado a anfibolito.

4.8.2.2.2- Unidade Garrote

Esta unidade é composta quase que exclusivamente por leptitos de cor creme a cinza, grã fina a média e por vezes grosseira. São formados por quartzo, feldspato potássico e oligoclásio, contendo muscovita, biotita e granada como acessórios. As variedades de granulação mais fina são semelhantes aos leptitos da Unidade Mulungu, dos quais diferem pela ausência de estiramento e de intercalações associadas de anfibolitos e metaultramafitos. A uniformidade composicional, a ausência de estruturas sedimentares e vulcânicas, a disposição em estreitas faixas, contínuas e concordantes, são sugestivas de uma origem vulcânica riolítica.

Seu contato com a Unidade Novo Gosto é gradativo, podendo também ser brusco e marcado por um nível descontínuo de metacalcário dolomítico.

4.8.2.2.3- Unidade Novo Gosto

Anfibolitos ortoderivados, de cor preta a cinza-esverdeada, granulação fina, frequentemente bandados e compostos por hornblenda e andesina, e por vezes epidoto

e quartzo, contendo acessoriamente esfeno e pirita, são as rochas predominantes nesta unidade. Ocorrem intercalações de metacalcários (dolomitos marmorizados brancos a cinzas), quartzitos (cor creme, granulação fina, laminados, muitas vezes sericíticos, com turmalina, zircão e opacos acessórios), rochas calcissilicáticas (cinza, grã fina a média, foliadas, compostas por diopsídeo, epidoto, microclínio, plagioclásio, calcita, granada e rara escapolita), filitos grafitosos (cinza-escuros, xistosidade pronunciada, formados por quartzo e grafita essenciais e pelos acessórios biotita, sericita, turmalina, rutilo e zircão) e ainda biotita-granada-gnaisses e brechas piroclásticas.

Seu contato com a Unidade Gentileza é por falhamento ou se faz gradativamente.

4.8.2.2.4- Unidade Gentileza

É representada quase que exclusivamente por metabasaltos e metadiabásios, muitas vezes xistificados, ocorrendo sempre injetados por corpos tabulares ou não de leucogranitos róseos, quartzo-feldspáticos. Essas rochas vulcanogênicas são de coloração preta a cinza-escura esverdeada, granulação fina a média, foliadas, constituídas predominantemente por hornblenda e plagioclásio (oligoclásio ou oligo-andesina), além dos acessórios biotita, esfeno, quartzo e opacos. Ocorrem também metadacitos pórfiros (cor verde, isotrópicos; constituídos por pórfiros de plagioclásio, microclínio e quartzo, em uma matriz de granulometria variada composta por plagioclásio, actinolita, hornblenda, clorita e opacos) e, localmente, associado às metabásicas, gnaisses quartzo-feldspáticos com pouca biotita e às vezes com estrutura "augen".

Esta unidade encontra-se em contato com variados tipos litológicos, especialmente com as rochas gabróides da Suíte Intrusiva Canindé, muitas vezes através de uma zona de cisalhamento; apresenta contatos bruscos e irregulares com granitóides intrusivos. Com a Unidade Novo Gosto o contato nem sempre é detectado no campo, haja vista a similaridade de tipos litológicos.

Bezerra et alii (op.cit.) incluem nessa sequência vulcânica termos andesíticos e dacíticos, não citados em trabalhos anteriores, e comenta que microgabros foram confundidos, por outros autores, com as rochas vulcânicas. A.A. Nilson (1991 - com verbal) comentou a presença de xenólitos de gabros do complexo encontrados em litologias desta unidade.

4.8.2.2.3- Granitóides

Rochas graníticas a granodioríticas cobrem cerca de 50% da área representada na figura 2. São divididas em 4 tipos, em função do posicionamento estrutural e variedades petrográficas:

4.8.2.2.3.1- Granitóides tipo Serra Negra

Ocorrem nos extremos sudoeste e sul da área. São corpos sintectônicos, fornecendo relevo às vezes proeminente (altitudes até 700 metros) e irregular, com desníveis até 300 m. A principal variedade petrográfica é um augengranitóide gnáissico, de cor rósea, granulação grossa e foliação milonítica. Compõe-se de porfiroclastos de microclínio, plagioclásio e quartzo imersos em matriz sericítica, com alguma biotita; zircão e granada são os principais acessórios. Por vezes a composição varia para termos quartzo-monzoníticos e quartzo-latitos pórfiros. São do tipo S na classificação de Chappel & White (in: Santos & Souza, 1988).

Variedades subordinadas são de augen-gnaisses, que diferem do anterior por apresentarem efeitos mais intensos de cisalhamento, cor rósea a cinza e "olhos" de plagioclásio e feldspato K, e granodioritos gnáissicos, de cor cinza, grã média e forte foliação; sua composição é de plagioclásio, microclínio, quartzo, biotita e hornblenda, possuindo esfeno, zircão e apatita como acessórios. Esta última variedade é do tipo I de Chappel & White (op. cit.), e seu caráter intrusivo é atestado por frequentes enclaves básicos e de rochas gnáissico-migmatíticas dobradas.

4.8.2.2.3.2- Granitóides tipo Sítios Novos

Cobrem extensas faixas noroeste-sudeste especialmente na porção centro-sul da área em foco. São nitidamente intrusivos, tardi a pós-tectônicos. Morfologicamente formam extensos lajedos ou alguns morrotes. Três litofácies são distintas: a) de composição granodiorítica a quartzo-monzonítica, apresentando-se equigranulares a fracamente porfiríticos, com raros enclaves básicos e biotita dominante; b) de composição semelhante ao anterior, com mais abundantes pórfiros de feldspatos potássicos e plagioclásios, e enclaves básicos e c) rochas porfiríticas de composição quartzo-diorítica, com abundantes enclaves máficos e hornblenda tornando-se mineral essencial.

4.8.2.2.3.3- Granitóides tipo Serra do Catu

São rochas pós-tectônicas, intrusivas, tipo I na classificação dos autores acima citados, e de natureza alcalina. Sienitos predominam, com coloração rósea a cinza-escura, granulção média a grossa, aspecto isotrópico e raramente mostrando foliação; são compostos por feldspatos K, oligoclásio, hornblenda, quartzo e biotita, tendo como acessórios esfero, alanita, apatita, calcita e magnetita. Foram também observadas variedades a hornblenda, a quartzo e ainda pórfiros. Monzonitos pórfiros são cinza-escuros a esverdeados, isotrópicos, com fenocristais de feldspatos potássicos em matriz de grã média com hornblenda, biotita e quartzo. Esse plutonismo alcalino foi datado em 617 +/- 18 m.a. pelo método de K/Ar em biotita, pelo Projeto RadamBrasil.

Estes granitóides tipo Serra do Catu encontram-se localizados preferencialmente na porção nordeste da área estudada, e compõem um relevo que se destaca pela presença de serras alongadas.

4.8.2.2.3.4- Granitóides tipo Xingó

Ocorrem predominantemente na porção centro-norte da área abrangida pela figura 2. São também intrusivos, pós-tectônicos, mas de tipo S na classificação de Chappel & White (op.cit.). São distintas quatro variedades, que apresentam em comum a cor rosa, a granulometria fina, o aspecto isotrópico e a ausência de enclaves máficos: a) leucogranito, composto por microclínio, plagioclásio e quartzo, tendo biotita acessória e granada; b) turmalina-granitos (granitos pneumatolíticos), leucogranitos finos a médios com turmalina ferrífera (schorlita), granada, albita, muscovita, biotita, feldspatos K e quartzo - a abundância relativa desses diferentes minerais condiciona a textura da rocha, a qual possui caráter alcalino e aluminoso; c) muscovita-granitos, com magnetita disseminada e d) biotita-granitos.

Gava et alii (in: Santos & Souza, op.cit.) dataram essas rochas em 600 +/- 23 m.a. pelo método Rb/Sr.

Bezerra et alii (1990) afirmam serem os plutões granitóides a norte contemporâneos aos gabros, tendo sido encontradas evidências de mistura parcial de magmas entre plutonitos máficos e granitos porfiríticos.

4.8.2.2.4- Suíte Intrusiva Canindé

As rochas plutônicas básicas tardi a pós-tectônicas denominadas de Suíte Intrusiva Canindé dispõem-se em uma faixa alongada WNW-ESE, com uma largura máxima em torno de 10 km. Seus contatos intrusivos com as unidades Garrote, Novo Gosto e Gentileza se fazem em parte através de zonas de cisalhamento. A suíte básica é cortada por abundantes intrusões ácidas (às vezes englobando megaxenólitos irregulares de suas rochas), diques de diabásio e gabro.

Foi afetada somente por tectonismo frágil, como demonstram cristais de plagioclásios frequentemente fraturados e encurvados, com forte extinção ondulante e bordas quebradas e recristalizadas; o sistema de fraturas e falhas tem direção NE-SW (Santos & Souza, op. cit.).

Os tipos litológicos dominantes são gabros de cor cinza-escura a esverdeada, granulação média a grossa, isotrópicos, contendo essencialmente plagioclásio (labradorita - em percentual na ordem de 40%, e às vezes constituindo fenocristais subédricos) e clinopiroxênio, e menores proporções de hornblenda, biotita, tremolita-actinolita, ortopiroxênio e clorita. As variedades encontradas são gabros, leucogabros, troctolitos, hiperitos, olivina-gabros, e, muito subordinados, hornblenditos, dioritos e anfíbolitos, além de um nível diferenciado de óxidos de Fe e Ti. Em alguns locais as rochas mostram acamamento ígneo (alternância de bandas ricas em plagioclásio com bandas enriquecidas em clinopiroxênios), indicativas de diferenciação magmática por processo de acumulação, fato também observado no nível de ferro-titânio.

Os gabros comuns são compostos de labradorita, hornblenda e às vezes biotita, contendo frequentemente pirita disseminada. Os leucogabros são caracterizados pela granulação grossa, às vezes pegmatóide, e pelo teor em plagioclásio entre 70 e 83%; hornblenda é o máfico principal, ocorrendo também biotita, tremolita-actinolita, clorita e augita, e tendo como acessórios epidoto, carbonatos, magnetita, titanita e apatita. Bezerra et alii (op.cit.) comentam que os gabros apresentam pequenas mas consistentes variações químicas (diminuição de MgO, Ni, Cr e aumento de FeO_t, TiO₂, Nb, Y, Zr, V e outros) segundo o "trend" geral de diferenciação.

Bolsões de troctolito (cor preta, grã fina, isotrópicos ou com pequeno acamamento ígneo, compostos por labradorita e olivina, e menos de 10% de clinopiroxênio + ortopiroxênio) são quase que exclusivamente limitados à área onde predominam leucogabros, aparentemente a zona mais diferenciada da suíte, e que

parece exercer controle sobre as mineralizações de sulfetos de cobre e níquel detectadas (Santos & Braz Filho, 1989).

O corpo intrusivo aparenta não ter formado a zona basal e nem a zona intermediária inferior, segundo o esquema geral de Rosselo (1964), zonas estas em que se desenvolvem níveis cromitíferos nas intrusões estratificadas; o aparecimento de magnetita cumulato, dessa forma, é um marcador da base da zona superior do Complexo Buschveld segundo Duke (1983). Também, Neybergh et alii (1980) efetuaram uma comparação dos gabros à magnetita-ilmenita na região de Oursi (Volta Superior) e encontraram similaridades com os minérios de Buschveld formados nos últimos estágios da diferenciação magmática.

Os dados e diagramas litoquímicos apresentados por Santos & Souza (1988 - p. 116 a 118) sugerem que a Suíte Intrusiva Canindé foi formada em dois estágios, o primeiro derivado de uma fonte toleítica pobre em K, e o segundo de uma fonte com tendência mais alcalina; atribuíram esse comportamento como produto de um possível resultado da fusão de porção do manto com maior contaminação crustal. Oliveira e Tarney (1989) também sugerem a concorrência de dois tipos de magma para a formação do complexo intrusivo Canindé e das plutônicas gabróides associadas.

Uma datação K/Ar em plagioclásio de troctolito forneceu a idade mínima de 447 +/- 14 m.a. para a Suíte Intrusiva Canindé (Gava et alii, in: Santos & Souza, op. cit.).

4.8.3- Geologia Local e Mineralizações

Trabalhos geológicos detalhados nas áreas pesquisadas, objeto desta monografia, foram conduzidos por Tesch & Pereira (1980, 1983) e por Santos & Braz Filho (1989), a interesse da Divisão de Pesquisas Próprias da CPRM - Salvador, com o objetivo de caracterizar e delimitar as ocorrências de sulfetos de cobre e níquel. Tais atividades constaram do mapeamento geológico superficial detalhado, prospecção geofísica, execução de sondagens e estudos petrográficos e químicos dos testemunhos. As informações adquiridas foram compatíveis com a escala 1:20.000. Nas áreas-alvo o detalhe foi maior, infelizmente não chegando a definir a sucessão litológica e seu arranjo espacial.

A prospecção geofísica, especialmente a efetuada com IP (Polarização Induzida), determinou nas áreas Cobre 1 e 3 faixas polarizadas irregulares WNW-ESE, com disposição vertical/subvertical e inclinadas fortemente para nordeste; a expressão dessas

faixas, conforme a interpretação, chega a atingir 100 metros de largura no nível mais próximo da superfície. As sondagens verticais e inclinadas foram locadas em função das anomalias geoquímicas e geofísicas - constatou-se que para anomalias acima de 800 ppm de cobre no solo havia correspondência na rocha em sub-superfície, com teores acima de 0,2% de cobre e de níquel (Santos & Braz Filho, 1989).

Os esboços geológicos das áreas-alvo estão apresentados nas figuras 3 (alvos Cobre 1 e Cobre 3) e 4 (alvo Ferro 1), de acordo com a concepção de Tesch & Pereira (1983); neles constam todas as informações disponíveis. Fazem parte também do trabalho desses autores as descrições petrográficas a seguir apresentadas. A localização dos furos de sondagem e as anomalias geofísicas ao longo das linhas de investigação encontram-se representadas nas figuras 5 e 6, capítulo 5.

Anfibolitos ortoderivados (andesina, hornblenda, diopsídio e os acessórios opacos, apatita, biotita) são as encaixantes dos corpos gabróides nas três áreas. A análise petrográfica de uma amostra (LM-03 da área-alvo Cobre 3) da variedade de gabro com maior distribuição, mostra 60% de labradorita, 20% de diopsídeo, 8% de calcita, 7% de opacos, 3% de epidoto, 2% de clorita e traços de biotita, arranjados em textura granular hipidiomórfica grosseira e com alteração deutérica. Tipos à olivina (troctolitos) e à hiperstênio + olivina (hiperitos) são também observados.

As ultramáficas ocorrem restritamente, muitas vezes em dimensões não mapeáveis; foram encontrados peridotitos serpentinizados (serpentina, tremolita-actinolita, opacos, clorita e acessórios augita, hiperstênio e biotita titanífera - amostra LM-04, área-alvo Cobre 3), dunitos serpentinizados (serpentina, olivina, hiperstênio, labradorita, carbonatos, biotita e traços de clorita e espinélio - amostra LM-06A, mesmo alvo) e piroxenito metamorfisado (com augita, hiperstênio, clinozoisita, andesina, carbonatos, albita, epidoto, quartzo, brucita e traços de opacos), todos com textura granular hipidiomórfica grosseira.

Litotipos dioríticos foram também constatados localmente, revelando, como as demais rochas, fenômenos de alteração deutérica/hidrotermal.

Disseminações de sulfetos de Cu e Ni são associados a gabros e hiperitos, e menos comumente a troctolitos de granulometria média a grossa, metabasitos finos e anfibolitos. Nas zonas miloníticas e brechadas aparenta haver maior concentração de sulfetos, embora ainda disseminados. A paragênese principal é de pirrotita, calcopirita, pentlandita e pirita. Associados à calcopirita ocorrem cubanita, calcocita, esfalerita, covelita e ilmenita; os quatro primeiros são de mesma geração por suas múltiplas

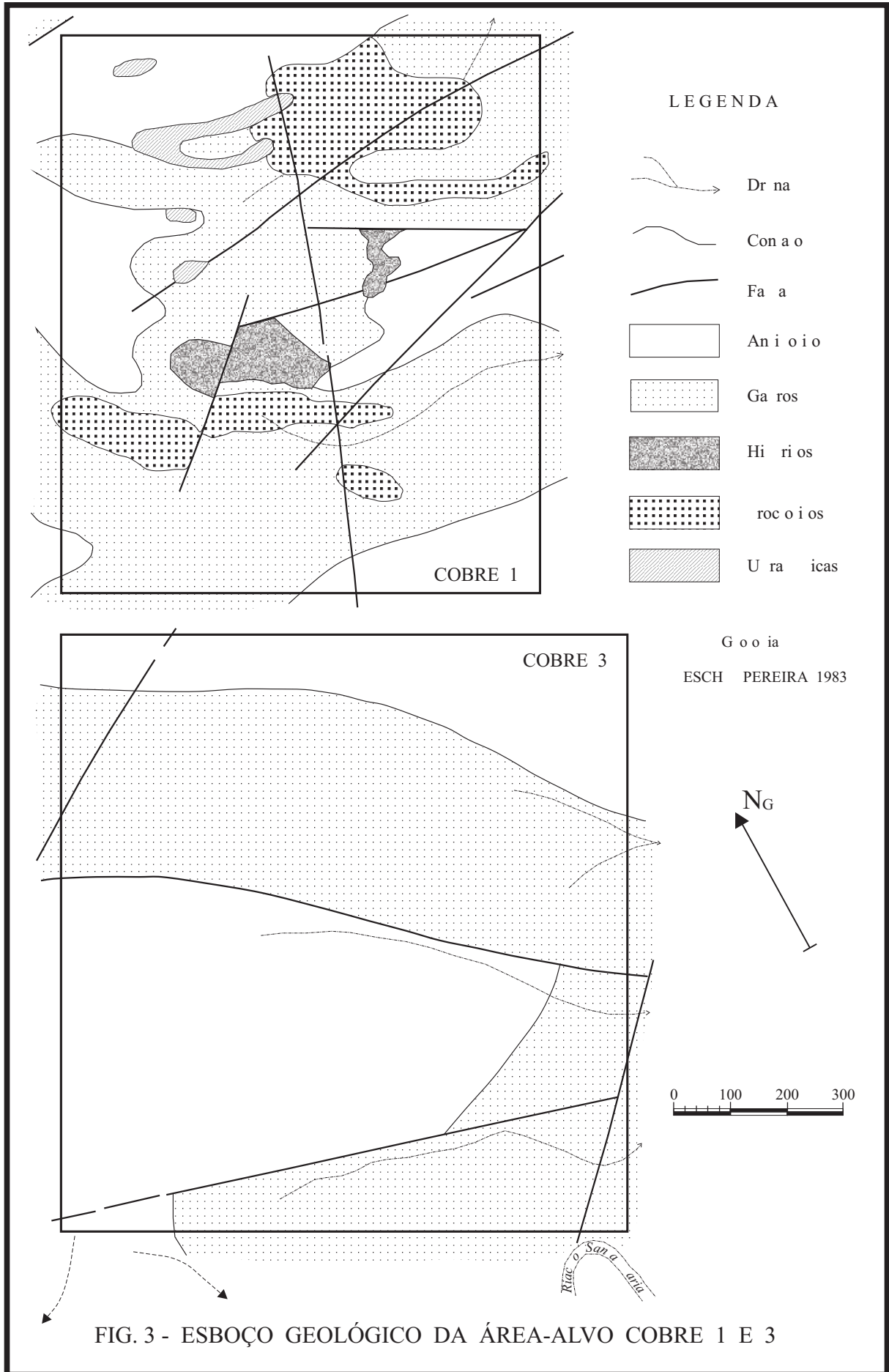


FIG. 3 - ESBOÇO GEOLÓGICO DA ÁREA-ALVO COBRE 1 E 3

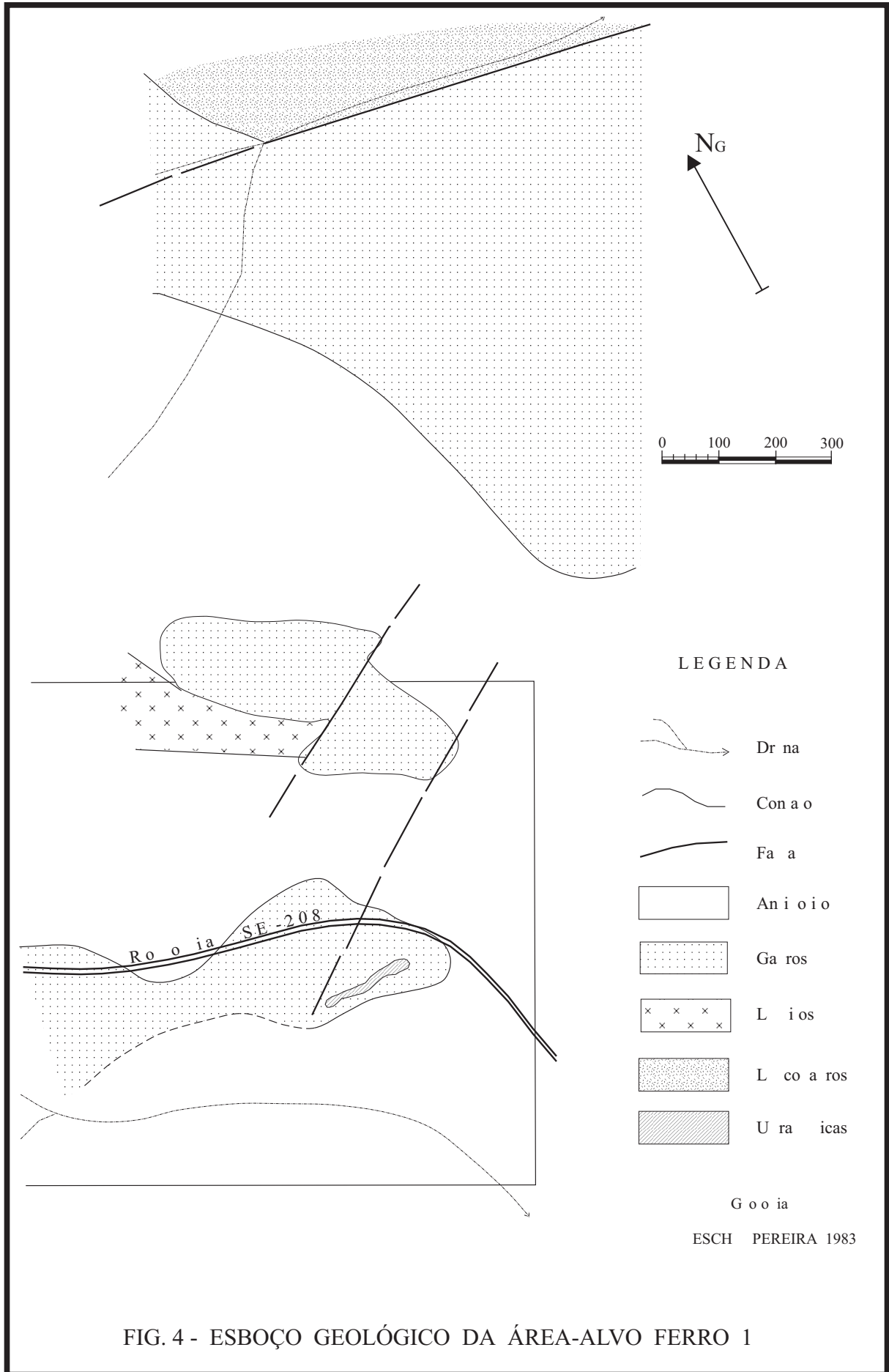


FIG. 4 - ESBOÇO GEOLÓGICO DA ÁREA-ALVO FERRO 1

inclusões entre si: pirita com exsolução de pentlandita nas bordas; pirrotita preenchendo fraturas ou intersticial à calcopirita; calcopirita em fraturas, clivagens e poros dos demais minerais - a pirita não apresenta relações claras com os outros sulfetos. A sequência provável de cristalização inicia com pirrotita, após pentlandita, pirita e calcopirita (Santos & Braz Filho, 1989). Quinze amostras selecionadas de testemunhos de sondagens da zona mineralizada da área-alvo Cobre 1 revelaram teores entre 0,24 e 0,50% Cu, 0,42 a 0,80% Ni, 0,02% Co, 0,5 a 2,5 ppm Ag e até 0,10 ppm Au. Dos elementos do grupo da platina, também analisados, Ir, Rh e Ru não foram detectados no limite de sensibilidade do método analítico (N 0,07 ppm Ir, N 0,003 ppm Rh e N 0,03 ppm Ru); paládio foi registrado com valores entre 0,010 e 0,030 ppm, e platina desde não detectada (N 0,07) a 0,015 ppm. Os valores das razões Pt/(Pt+Pd) e Cu/(Cu+Ni) determinados aproximam-se daqueles obtidos para os complexos de Sudbury e Norilsk (Santos & Braz Filho, op. cit.).

Outras 386 amostras de testemunhos foram analisadas para platina, paládio e ouro, resultando em 386 valores inferiores a 0,03 ppm Pt e 380 valores inferiores a 0,01 ppm Pd - as outras seis amostras oscilaram entre 0,01 ppm (quatro) e 0,02 ppm Pd (a comparação entre os resultados de paládio dessas seis amostras com os teores de cobre - 52 a 650 ppm, cobalto - 23 a 65 ppm, níquel - 104 a 670 ppm, vanádio - 24 a 72 ppm e ouro - 0,01 a 0,04 ppm, nelas determinados, não revelam associações, exceto a correlação Cu - Ni e uma possível relação inversa Pd - V). Já a distribuição dos teores de ouro aparenta ser bipopulacional - 86% dos resultados na classe <0,01 (valores censurados) a até 0,03 ppm, e 15% entre 0,03 e 0,10 ppm Au.

As estimativas de reservas, segundo Tesch et alii (1982), atingem 1.016.000 t de minério com teores de 0,34% Cu e 0,35% Ni no alvo Cobre 1, e de 17.000.000 t com teores médios de 0,23% Cu e 0,25% Ni nos alvos Cobre 1, Cobre 3, Níquel 1 e Níquel 2.

No alvo Ferro 1 o furo de sonda PR-27-SE, realizado pela CPRM, atravessou uma faixa com mineralização de pirita e calcopirita, além de outros sulfetos, embora a mineralização principal seja de óxidos de ferro e titânio. Níveis espessos de cumulos de magnetita também foram atravessados pelo furo PR-29-SE, no extremo sudeste da área-alvo Cobre 3, e disseminações moderadas de magnetita, sempre associada a sulfetos - pirrotita e pirita >> calcopirita - foram observadas em faixas gabróide-peridotíticas no alvo Níquel 1 (Santos & Braz Filho, op. cit.).

As rochas mineralizadas a Fe-Ti são de cor preta, grã fina a média e com alta densidade. São encontradas como blocos e fragmentos na superfície do solo - na área-alvo Ferro 1 foram escavadas 11 trincheiras durante a execução do Projeto Canindé, sem se

conseguir localizar o(s) nível (is) enriquecido (s) nesses metais, e no alvo Ferro 2 foi encontrado um nível com espessura de um metro neles enriquecido, sem continuidade lateral.

Os minerais de minério são magnetita (com incipiente martitização e contendo raros cristais diminutos e irregulares de calcopirita e pirita), ilmenita (cristais granulares grossos) e hematita, com teores entre 6,5 a 7% de TiO₂ e em torno de 30% de ferro; como ganga ocorrem coríndon, espinélio, clorita e serpentina. Não foram efetuados trabalhos sistemáticos para sua completa caracterização.

Durante a execução da etapa de amostragem para esta monografia, as observações geológicas foram restritas às linhas de coleta de amostras. Em sua quase totalidade, essas observações consistiram na identificação de blocos e seixos dos litotipos acima mencionados, jacentes sobre a superfície do solo. Na porção NW da área Ferro 1, foram encontrados fragmentos de andesito - rocha verde-escura, porfírica, com fenocristais alongados ripiformes de plagioclásio. Foi anotada também a muito frequente presença de fragmentos angulosos de quartzo leitoso nas linhas percorridas, provavelmente derivados do intemperismo diferencial sobre planos de falhas/fraturas distensivas preenchidas por esse material.

4.9- TRABALHOS ANTERIORES DE PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA

Neste item são apresentados os aspectos mais relevantes dos trabalhos de prospecção geoquímica já efetuados na área, com a utilização de materiais do ambiente secundário. Foge do escopo deste trabalho, entretanto, a reavaliação dos dados brutos citados em trabalhos anteriores, embora em alguns casos tenham sido realizados processamentos estatísticos parciais (partição de populações, correlações) com os dados disponíveis, no intuito de melhor caracterizar a paisagem geoquímica.

Como visto no item anterior, zonas consideradas anômalas em calcófilos e elementos de afinidade a rochas máficas, detectadas em sedimentos de corrente como resultado dos trabalhos do Projeto Baixo São Francisco/Vaza Barris, bem como as ocorrências de sulfetos então descobertas, motivaram todos os trabalhos de pesquisa mineral realizados subsequentemente na região.

A amostragem regional de sedimentos de corrente foi adensada para 1 amostra a cada 2 km² (total de 1978 amostras), e tomadas 978 amostras estratégicas de solo, quando da execução do Projeto Canindé do São Francisco.

Durante os trabalhos do Projeto Canindé (Pesquisas Próprias da CPRM), houve o adensamento da amostragem de sedimentos para 1 amostra a cada 1 km² nas zonas de maior interesse, através da coleta de 328 amostras adicionais de sedimentos. Nesse trabalho, os elementos Cu, Ni e Zn foram tratados em duas populações; cobalto foi utilizado essencialmente para o estudo da distribuição dos valores da razão Co/Ni. Chumbo apresentou valores baixos e quase sem contraste, prata teve a maioria dos resultados abaixo do limite de sensibilidade do método analítico e cromo, grosso modo, acompanhou o níquel. A distribuição da relação Co/Ni – em três classes: <0,3, 0,3 a 0,65 e >0,65 - e de zinco mostram a gradação de rochas mais básicas a sul das áreas requeridas, e intermediárias a norte. As distribuições de Cu e Ni apresentaram-se mais ou menos coincidentes, o níquel mais abrangente do que o cobre, e as anomalias mais significativas foram registradas acompanhando a margem esquerda do rio Jacaré (região dos alvos Cobre 1 e 3).

A amostragem de solos seguiu-se, tendo sido coletadas cerca de 3.730 amostras de solo a 40 cm de profundidade, dispostas em malha 250x100 m e 50x25 m nas áreas-alvo, e analisadas para Cu, Ni e Co por Absorção Atômica. Na área-alvo Ferro 1 não foram coletadas amostras de solos. Os teores máximos determinados para cobre e níquel foram respectivamente 1.600 e 2.400 ppm, as anomalias possíveis consideradas a partir de valores de 200 ppm Cu e 300 ppm Ni e as seguras acima de 800 ppm Cu e 1.200 ppm Ni. Tais dados não foram processados estatisticamente, sendo simplesmente classificados em intervalos regulares, com incremento aritmético.

Um reestudo dos resultados de cobre e níquel em solos das áreas Cobre 1 e Cobre 3 (com respectivamente 244 e 189 amostras) foi efetuado pelo autor desta monografia, com o processamento dos dados em microcomputador através dos programas PROBLOT (Stanley, 1987), que permite a partição de populações normais ou lognormais segundo o método de A. J. Sinclair (1976), a partir de uma curva de frequência acumulada, e MICROSTAT (Ecosoft), no cálculo das correlações entre elementos.

As melhores configurações de misturas populacionais são caracterizadas na tabela VII anexa, e os resultados nela expressos permitem constatar que as duas áreas-alvo diferem grandemente quanto à distribuição dos elementos cobre e níquel em solos, especialmente os mais elevados valores, o que é também confirmado pelas correlações Cu - Ni obtidas para os mesmos conjuntos, com coeficientes de 0,778 no alvo Cobre 1 e de 0,178 no alvo Cobre 3 (dados brutos, sem transformação logarítmica). Fatores ambientais são descartados para a promoção de tal desigualdade, haja vista a proximidade

entre as duas áreas; a explicação mais plausível é a diversidade entre as litologias do substrato das duas áreas investigadas, mais pronunciada entre aquelas mais enriquecidas ou portadoras de mineralização.

VII- Partição de populações de Cu e Ni em solos- áreas Cobre 1 e 3

	ÁREA COBRE 1 (244 amostras)	ÁREA COBRE 3 (189 amostras)
Amplitude do COBRE (ppm)	26 - 3600	5 - 480
Distribuição	lognormal	lognormal
N. de populações	3 (A, B, C)	4 (A, B, C, D)
% de amostras	A=80 B=18,5 C=1,5	A=2,1 B=65,9 C=26 D=6
Média e percentis 16% e 84% (em ppm):		
	A= 90,8 (53-156)	A= 11,9 (6-23)
	B= 444,1 (289-683)	B= 61,3 (42-90)
	C= 1374 (821-2299)	C= 125,5 (101-157)
		D= 252,9 (199-322)
Amplitude do NÍQUEL (ppm)	30 - 3000	40 - 960
Distribuição	lognormal	lognormal
N. de populações	3 (A, B, C)	3 (A, B, C)
% de amostras	A=9 B=83 C=8	A=32 B=61 C=7
Média e percentis 16% e 84% (em ppm):		
	A= 39,0 (34-45)	A= 69,9 (52-94)
	B= 183,4 (97-345)	B= 200,7 (124-324)
	C= 1000,4 (653-1532)	C= 679,9 (591-782)

Na área-alvo Ferro 1 e adjacências, Nascimento (1981) fez um estudo orientativo para a detecção do nível mineralizado em Fe-Ti por meio da amostragem de solos, em malhas de variadas aberturas. Analisou vários elementos de afinidade máfica (tabela a seguir), determinando que a melhor resposta é conseguida com extração por HF + HClO₄ (testados também colorimetria e fluorescência de raios-X) sobre a fração menor de 80 mesh (estudadas 4 frações: +32, -32+80, -80+150 e -150 mesh). Avaliou que o titânio encontra-se na estrutura de óxidos e silicatos, e pouco em posição de troca, e tende a enriquecer-se na porção superficial dos solos. Os parâmetros estatísticos encontrados para os diversos elementos são adiante sumarizados (tab. VIII).

As correlações, efetuadas através de método gráfico, mostraram duas famílias de elementos: Fe-V-Ti-Mn e Co-Ni-Cr, relacionadas inversamente entre si. O citado autor ainda comenta a ampla dispersão mecânica detectada, mesmo em terrenos de baixa declividade; devido a esse fato, suas informações são pouco conclusivas.

No início de 1989, foram tomados 22 concentrados de bateia obtidos a partir de 10 litros de sedimentos ativos de corrente, localizados estrategicamente na rede de drenagem que corta a área dos e entre os alvos Cobre 1, 3, Níquel 1 e Ferro 1.

VIII- Parâmetros estatísticos de elementos em solos - Ferro 1

	Valores extremos	Média geométrica	Desvio geométrico	Limiar (ppm)
Ni	35 - 840	102	1,44	211
Co	50 - 154	78	1,28	127
Cu	14 - 268	75	1,87	262
Mn	520 - 2390	1270	1,42	2551
Cr	54 - 814	145	1,59	360
V	40 - 750	195	1,84	660
Fe %	3,08 - 13,2	8,0	1,31	13,87
Ti %	0,17 - 2,9	0,7	1,71	2,05

Parte desses concentrados foi analisada mineralometricamente (8 amostras) e parte (14 exemplares) para Pt, Pd, Au (Fire Assay/AA), Cu, Ag, Co, Ni, Cr e V (AA/HNO₃) e Cr e V na fração magnética (mesmo método).

Todos os resultados para platina e paládio foram inferiores ao limite de sensibilidade do método, que variou em função da quantidade de material submetida à análise. Ouro forneceu alguns valores interessantes (3,7 e 2,02 ppm, respectivamente cerca de 2 km a NW e 500 m a SE da área-alvo Cobre 1) e para prata todos os resultados foram negativos. As faixas de variação dos teores para os demais elementos compreenderam de 10 a 106 ppm Cu, 18 a 176 ppm Co, 9 a 81 ppm Ni, 110 a 1.650 ppm Cr, 76 a 450 ppm V, e, na fração magnética, 75 a 1.900 ppm Cr e 40 a 395 ppm V.

As análises mineralógicas mostraram a predominância de anfibólios em 5 das 8 amostras analisadas (teores entre 75 e 100%), de ilmenita (duas amostras - mesmas concentrações) e de magnetita (em uma amostra, entre 25 e 50%); a ilmenita ocorre em duas amostras sequenciais em mesma drenagem - cabeceiras do córrego Santa Maria, cerca de 1500 metros a norte da área-alvo Ferro 1, e a magnetita foi encontrada na foz de pequeno afluente pela margem esquerda do rio Jacaré, afluente este cujo médio curso corta a área-alvo Cobre 3 no sentido NW-SE.

A suíte mineral acessória constatada nos concentrados de bateia apresentou rutilo, zircão, anatásio, piroxênio, turmalina, epidoto, leucóxênio, apatita, óxidos de ferro e granada e, em um menor número de amostras, xenotímio, cianita, silimanita, titanita e espinélio, sempre em concentrações inferiores a 1 %, além dos outros minerais já citados.

5- SELEÇÃO DOS ALVOS PARA A PESQUISA

5.1- COMENTÁRIOS SOBRE A PROGRAMAÇÃO ORIGINAL

Como consequência da avaliação das informações contidas em relatórios técnicos, relatórios mensais e arquivos de dados do Projeto Canindé, realizada na Superintendência Regional de Salvador da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, em época logo antecedendo a viagem ao campo, tornou-se evidente a necessidade de efetuar alterações na metodologia originalmente proposta e definida para a etapa prospectiva, sem o sacrifício, todavia, de fazer a opção por algum outro material a ser coletado ou modificar os objetivos finais a serem alcançados pelo trabalho.

A ampla gama de serviços geológicos, geoquímicos e geofísicos já executados na região de Poço Redondo, bem como a complexidade da disposição das litologias máfico-ultramáficas da Suíte Intrusiva Canindé, tornou inadequada a manutenção do plano inicial, de simples malha regular cobrindo uma área determinada, pois iria contemplar apenas uma das várias possibilidades metalogenéticas do maciço. Por outro lado, as alterações desejáveis para um estudo mais científico esbarrariam em cláusulas de cronograma e orçamentárias já estabelecidas e pouco flexíveis.

Procurou-se encontrar então um meio-termo satisfatório, e as mudanças, relativamente ao programa original conforme concebido, são de responsabilidade exclusiva do autor da presente monografia.

5.1.1- Principais modificações efetuadas

a) coleta de amostras em duas áreas-alvo delimitadas pelo Projeto Canindé (denominadas áreas-alvo Cobre 1 e 3 e Ferro 1), ao invés de apenas uma, racionalizando o número de amostras e as linhas de amostragem em cada uma dessas áreas em função de critérios geológicos, geoquímicos e geofísicos.

b) não realizar a coleta de concentrados de bateia de material aluvionar ao longo das drenagens, uma vez que tal atividade foi executada no início de 1989, com disposição satisfatória das estações na rede hidrográfica; também, provavelmente a tomada de 20 litros, ao invés de 10 litros como efetuado no trabalho anterior, não contribuiria significativamente para um acréscimo no conhecimento. Adicionalmente, o

acesso a uma área importante para a coleta de material aluvionar - baixo curso do riacho Santa Maria e região da foz deste no rio Jacaré - foi impedido pelo proprietário das terras, por ocasião da realização do trabalho ora relatado.

c) não efetuar o previsto estudo minucioso da fração contendo cromita dos concentrados de bateia, uma vez que este mineral, até a realização deste trabalho, não teve sua ocorrência comprovada nos solos e concentrados de bateia de material aluvionar coletados na região.

d) desconsiderar a amostragem de rocha para estudos petrográficos, uma vez da existência de substancial acervo desse tipo de informação nos relatórios da CPRM.

e) adequar as determinações analíticas previstas ao novo esquema de amostragem praticado, inclusive adotando o sistema de selecionamento aleatório para a formação de lotes com número menor de amostras.

As figuras 5 e 6 mostram as áreas-alvo pesquisadas juntamente com a localização dos perfis de amostragem percorridos, a locação de furos de sondagem, trincheiras, anomalias detectadas de Polarização Induzida (IP), e curvas de isotores para cobre e níquel, informações estas extraídas do mapa de integração de Santos e Braz Filho (1989).

5.2- ÁREAS COM SULFETOS (ÁREA-ALVO COBRE 1 E 3)

5.2.1- Área Cobre 1

Foi realizada amostragem de solos ao longo de três linhas (P4, P5 e P6) na porção sul da área-alvo Cobre 1 (fig. 5). Sua localização foi estabelecida a partir de critérios geoquímicos e estruturais, e limitada pela negativa de permissão para executar trabalhos prospectivos em terras do Sr. Aginaldo Lima (fazenda Sta. Maria). As picadas, trincheiras e furos de sondagem são mencionados com as mesmas siglas e numerações usadas no Projeto Canindé.

As linhas de amostragem dispõem-se paralelamente, guardando entre si distâncias de 80 e 100 metros, respectivamente entre P5 e P4, e P4 e P6. Foram lançadas em direção e sentido N19°W, interceptando com um ângulo de 60 graus uma zona anômala em níquel (concentrações entre 150 e 600 ppm Ni) e principalmente em cobre (teores desde "background", inferior a 150 ppm, até mais de 400 ppm) nos solos, de forma ovalada e com eixo maior disposto ESE-WNW; a distância efetiva de amostragem,

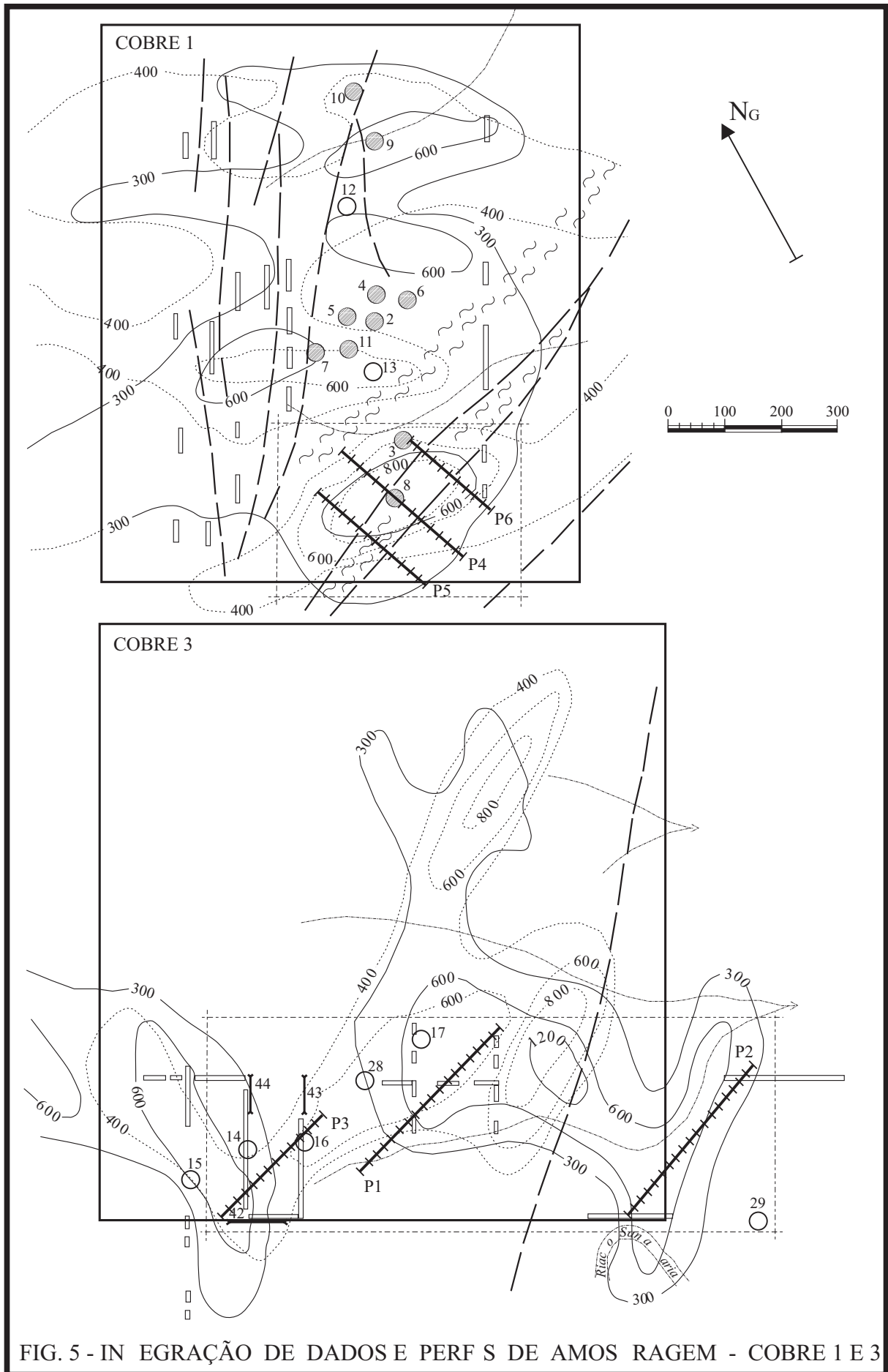


FIG. 5 - INEGRAÇÃO DE DADOS E PERFIS DE AMOSTRAGEM - COBRE 1 E 3

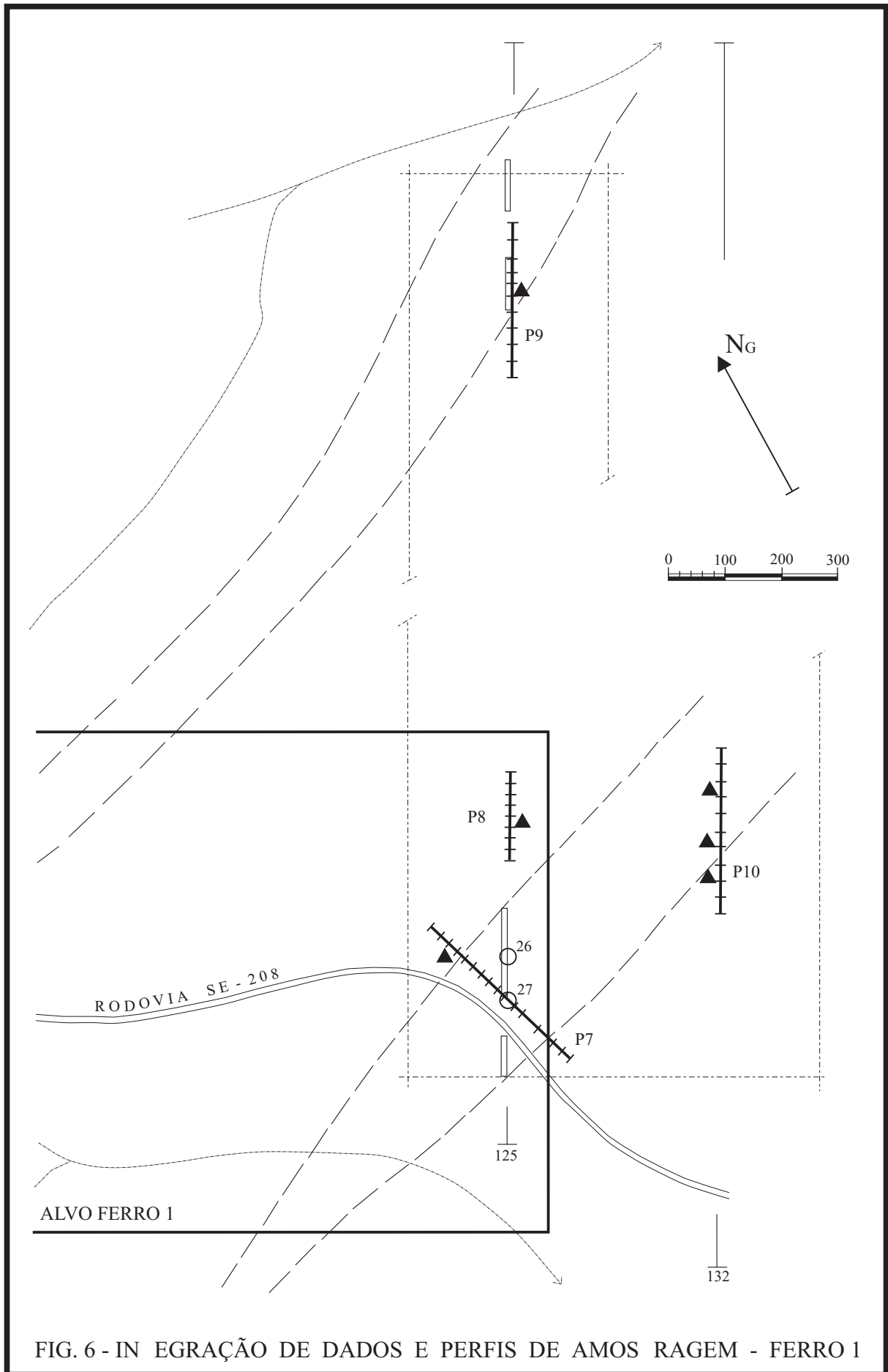
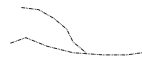


FIG. 6 - INTEGRAÇÃO DE DADOS E PERFIS DE AMOS RAGEM - FERRO 1

LEGENDA DAS FIGURAS 5 E 6



Dr na



Ár a s a a



Pica as



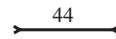
Lin as s a s a os ra



Ár a a a a



F ros son a - 1^a 2^a a as



rinc ira



Ano a ias I. P.



Fai a r s an a a I. P.



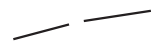
C r a iso or n -



C r a iso or co r -



S i os in rio F - i



Fa a



Zona cisa a n o

considerando-se uma expressão mineralizada com essa atitude, apresentando a maior variabilidade de teores ortogonalmente a ela (suposição esta plausível em conformidade com os dados estruturais da região), passa a ser, para intervalos de 10 m e 20 m, respectivamente 8,5 e 17 metros.

Os perfis também interceptam em ângulo reto uma zona de cisalhamento, em relação à qual a manifestação geoquímica nos solos é pouco deslocada para noroeste. Esta zona de cisalhamento é limitada por duas falhas ENE-WSW que possuem comuns terminações e que, no conjunto, aparentam formar um mega-sigmóide alongado (cerca de 1 km de extensão) revelando rejeito horizontal sinistrógiro, comportamento este aventado por Silva Filho et alii (1979) para todas as falhas de direção nordeste-sudoeste da região, consideradas como tardias em relação à tectogênese principal. Em tal acontecimento, está-se na presença de uma zona distensional de alívio de pressão, propícia como canal de circulação de fluidos mineralizantes durante eventos hidrotermais.

A picada P4 passa por sobre a locação do furo de sondagem PR-08-SE que, juntamente com outros sete furos localizados a aproximadamente 300 metros a norte, forneceram os expressivos resultados em sulfetos, já citados em item anterior. São as ocorrências mais significativas já encontradas na região até a presente data. Nessa linha de amostragem, com 290 metros de extensão, foram coletadas 19 amostras do nível superficial dos solos e 19 de solos para concentração de pesados, a intervalos regulares de 10 metros sobre a zona de cisalhamento anteriormente referida e de 20 metros nas extremidades nordeste e sudeste. Os perfis P5 e P6 são paralelos à linha P4; neles foram estabelecidas respectivamente 14 e 11 estações de amostragem a intervalos regulares de 20 metros, cobrindo distâncias totais de 260 e 200 metros.

5.2.2- Área Cobre 3

Foram tomadas amostras em três picadas neste alvo (fig. 5), P1 - P2 - P3, situadas nas porções sul e sudeste do mesmo. Os critérios de locação foram basicamente calcados nas informações da existência de corpos condutores através do método geofísico de Polarização Induzida (IP), considerando-se também a disposição das curvas isotores de Ni e Cu e a presença de sulfetos em rocha gabróide de granulometria grossa a pegmatoidal, ou seja, um metalotecto, segundo Santos e Braz Filho (1989).

Perfil P1 - teve início na picada L-223, no local de fechamento de anomalia de IP que se estende para sul. Distância de 360 metros no sentido 255 graus cortando as

anomalias de IP detectadas nas picadas E-125 e L-220. Tem seus primeiros 200 metros em zona com teores acima de 200 ppm de cobre e 300 ppm de níquel na amostragem de solos realizada durante o Projeto Canindé, e o segmento restante em zona de "background". Sua direção intercepta em baixo ângulo (aproximadamente 10 graus) a direção estrutural do nível mineralizado localizado por geofísica (fig. 20 do Projeto Canindé, 1989), significando, na hipótese provável de menor variabilidade do minério ao longo de sua direção (continuidade lateral) do que transversal a ela, um intervalo de coleta efetivo, entre uma amostra e a seguinte na linha, de aproximadamente 4 metros.

Esta linha de amostragem não atingiu o final programado, no local das anomalias de IP na intersecção das picadas E-120 com L-216 (fig. 20 - op. cit.), devido a negativa do proprietário da fazenda Sta. Maria em permitir o acesso a suas terras. Foram coletadas 19 amostras de solo para concentração e a mesma quantidade de amostras do nível superficial. Distância de 20 metros entre as estações de coleta.

Perfil P2 - iniciado fora da área-alvo, cortando a porção noroeste de uma faixa anômala de IP, quase no extremo sudeste da picada E-135. Distância de 360 metros no azimute 250 graus, alcançando em seu extremo final outra faixa anômala de polarização induzida na picada E-120, no extremo sudeste da área-alvo. Corta zoneamento anômalo para níquel, desde 150 a acima de 300 ppm Ni, nitidamente discordante com a estruturação NW-SE regional; os valores de cobre são de "background". Coletadas 19 amostras de solo para concentração e outras tantas de solo superficial. Distância de 20 metros entre estações de coleta.

Perfil P3 - Teve início cerca de 60 metros a ENE do furo PR-16-SE, com azimute de 255 graus; objetivou seccionar as anomalias de IP detectadas nas linhas L-216 e L-214. Corta provável acamamento magmático, com peridotito no início do perfil realizado (esta litologia ocorre no substrato das trincheiras T-41 e T-44, e é praticamente ausente na T-42, situada a sudoeste das anteriores), e gabro em seu final; esta suposição é concorde com a estrutura regional, podendo representar a recorrência de níveis ultramáficos em direção ao topo do pacote diferenciado. Em relação ao zoneamento anômalo de Cu e Ni nos solos, o perfil inicia em solos que apresentam concentrações de cobre acima de 200 ppm e de "background" (<150 ppm) de níquel, e teve seu segmento final em zona com 100 a 200 ppm de cobre e de 300 a 600 ppm de níquel. Este perfil tem extensão de 260 metros, com amostragem a intervalos de 20 metros; obteve-se 14 amostras do nível superficial de solo e 14 de solo para concentração.

Acrescente-se, elevando a favorabilidade para pesquisas nesta área-alvo, a detecção, em sedimentos de corrente coletados durante a realização do Projeto Complexo Canindé do São Francisco (Silva Filho et alii, 1981), concentrações de 2.600 ppm e 1.600 ppm de cromo, respectivamente no médio curso (logo a jusante da área-alvo) e na foz de pequeno afluente pela margem esquerda do rio Jacaré, cujo alto curso e cabeceiras drenam, com sentido NW para SE, toda a porção sudoeste da área-alvo.

Ainda, o furo de sonda PR-29-SE, realizado pela CPRM, locado logo a sul da linha P2 e inclinado para WNW, atravessou níveis espessos de cumulos de magnetita; os furos de sondagem PR-17-SE e PR-28-SE, relativamente próximos das linhas de amostragem P1 e P3, e locados nas faixas mais polarizadas (IP), atravessaram zonas de gabro de granulometria grossa a pegmatoidal, com disseminação dispersa de sulfetos que chega a atingir entre 1 e 1,5% em volume da rocha (Santos & Braz Filho, 1989).

5.3- ÁREA COM ÓXIDOS (ÁREA-ALVO FERRO 1)

Na área-alvo Ferro 1 (fig. 6) ocorrem ao menos duas lentes de óxidos de ferro-titânio, conhecidas desde os trabalhos do Projeto Canindé do São Francisco. Posicionam-se na faixa de gabros, próximo do contato com anfíbolitos da Unidade Gentileza. Sua localização no terreno é imprecisa, marcada pela presença de blocos e seixos de rocha na superfície do solo. Nascimento (1981) determinou dispersão mecânica aproximada de 100 metros para uma lente com espessura de 1 metro, e cita a detecção anômala de Fe e Ti em malha de solos (provável lente no substrato), sem a contrapartida de encontro do material rolado em sua superfície. Nesta área-alvo não foi realizada amostragem de solos durante o Projeto Canindé.

A amostragem ali realizada contou com a colaboração dos geólogos Luis C. Moraes e Renato G. Santos, que realizaram um caminhamento geológico expedito para localização e verificação da continuidade lateral dessas camadas de óxidos.

O perfil P7 encontra-se centrado na locação do furo de sonda PR-27-SE, e sua direção e sentido N15°W foi projetada para interceptar ortogonalmente uma extensa faixa ENE-WSW, com largura de 210 metros, anômala para polarização induzida (IP), e também incidir sobre um local com rolados de ferro (sic), anotados por Tesch et alii (1980) em sua fig. 17; a localização desse exato ponto foi muito imprecisa quando da programação da picada, devido ao traçado recentemente retificado da rodovia SE-208, e à ausência de

quaisquer vestígios dos trabalhos efetuados àquela época. Ainda, o Projeto Canindé do São Francisco assinala 3.000 ppm de cromo em uma rocha coletada próximo da referida lente, e valores de "realce", na ordem de 600 a 800 ppm Cr em solos, coletados à margem da rodovia Poço Redondo-Canindé do São Francisco, no local onde esta atravessa a camada de ferro-titânio.

O perfil conta com 16 estações de amostragem, cobrindo uma distância de 340 metros; o espaçamento é de 20 metros, exceto logo a sudeste do furo de sondagem mencionado, onde foi ampliado para 40 metros (duas amostras sequenciais) em virtude do material superficial ter sido utilizado como cascalheira para a construção da rodovia - estas amostras, e aquelas adjacentes, são suspeitas por poderem representar influências num diâmetro próximo dos 100 metros.

O perfil P8 abrange a faixa entre os piquetes 41 e 42 da linha 125 do Projeto Canindé, onde foi constatada a presença, abundante, de seixos soltos de material ferrífero. Direção e sentido N30°E, coleta de 9 amostras com intervalo de 20 metros, cobrindo uma distância de 160 metros (três amostras no intervalo dos piquetes referidos).

O perfil P10 secciona a continuidade leste (375 m nessa direção) dessa camada ou lente, na picada 132 entre os piquetes 38 e 42. Mesma direção e sentido que o anterior, amostragem de 11 exemplares do nível superficial do solo e de solo para concentração de minerais pesados (sete no intervalo mineralizado), com estações a cada 30 metros. A porção setentrional do perfil secciona parte da mesma faixa anômala em IP, objetivo da linha P7; para esse caso - na hipótese de continuidade lateral - a distância efetiva da amostragem pode ser considerada como sendo de 18 metros. O perfil de amostragem cobre uma distância linear de 300 metros. O perfil P9, situado na linha 125 e mais a nordeste que os anteriores, abrange rochas máficas com cumulos de titanomagnetita (?), observados como seixos sobre o solo, principalmente entre os piquetes 59 e 62. Adicionalmente, corta em ângulo acentuado (25 graus - distâncias efetivas de amostragem de 12 e 8 m para intervalos respectivos de 30 e 20 metros, supondo continuidade lateral) uma faixa anômala em IP, de direção NE-SW e largura de 200 metros, até sua porção mediana. Esta picada segue a direção da linha 125, N30°E, por uma distância de 280 metros. Foram coletadas 11 amostras de superfície e outras tantas de solo para concentração; o intervalo entre estações foi de 30 metros, passando a 20 metros entre três amostras sequenciais quase na porção central do perfil, por suspeita de mudança na composição da rocha do substrato.

6- METODOLOGIAS

6.1- DE AMOSTRAGEM

Foram definidas em escritório e durante o decorrer das atividades de campo, todas as linhas de amostragem, com fundamento nas informações e mapas disponíveis do Projeto Canindé. Os critérios que nortearam a seleção e posicionamento de cada linha executada estão descritos no item anterior. A amostragem foi efetuada em etapa única, no período seco.

Em campo, a exata localização do ponto inicial de cada perfil foi em muito facilitada pela existência dos marcos dos furos de sondagem e das picadas abertas durante o Projeto Canindé, no início de 1989, ainda visíveis cortando a vegetação arbustiva.

Na estação inicial de cada perfil, procedia-se a tomada cuidadosa, com bússola, do rumo a ser seguido, balizando-se a direção com varas ali mesmo cortadas; o sistema de 3 balizas mostrou-se eficiente para a manutenção rigorosa da direção, durante todo o trabalho efetuado. O distanciamento entre duas estações consecutivas de coleta de material era medido por meio de um cordão de "nylon", com aferição de 1 a 5 metros e a cada 10 metros.

Em cada estação, após prévia limpeza das folhas secas e vegetação superficial, quando existente, foram coletadas duas amostras de solo: a primeira consistindo de seu nível superficial - 0 a 5 cm - em volume aproximado de 0,2 litro; a segunda, com volume de 20 litros (medidos com um balde plástico). Fazia-se uma cava com cerca de 25 a 30 cm de diâmetro por outro tanto de profundidade, com o concurso de uma alavanca de ferro. A relação volumétrica solo residente "in situ"/solo coletado, ou fator de empolamento, oscilou geralmente em torno de 1:1,5, função de seu alto grau de compactação, quebra em grumos angulosos resistentes e, conseqüentemente, alto percentual de vazios quando retirado com a ferramenta e depositado no recipiente (balde) utilizado para medida.

Em cada estação de amostragem foram anotadas as características de coloração do solo, a litologia ocorrente quando possível, a medida da inclinação e sentido da inclinação do terreno, e ainda eventuais observações pertinentes; a estimativa visual da composição granulométrica, testada nos primeiros perfis, revelou-se muito sujeita a erros

de avaliação, devido a torrões compactos de solo envolvendo grânulos e até pequenos seixos de rochas, e foi abandonada nas linhas subsequentes.

As figuras 7 e 8 mostram, respectivamente, as estações de amostragem, a ocorrência de blocos soltos de rochas e a inclinação do terreno na área-alvo Cobre 1 e 3 e na área-alvo Ferro 1.

Devidamente acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas, as amostras de solo superficial foram encaminhadas diretamente para o laboratório. De 18 exemplares, selecionados aleatoriamente, foram obtidas duplicatas para o teste da variabilidade analítica.

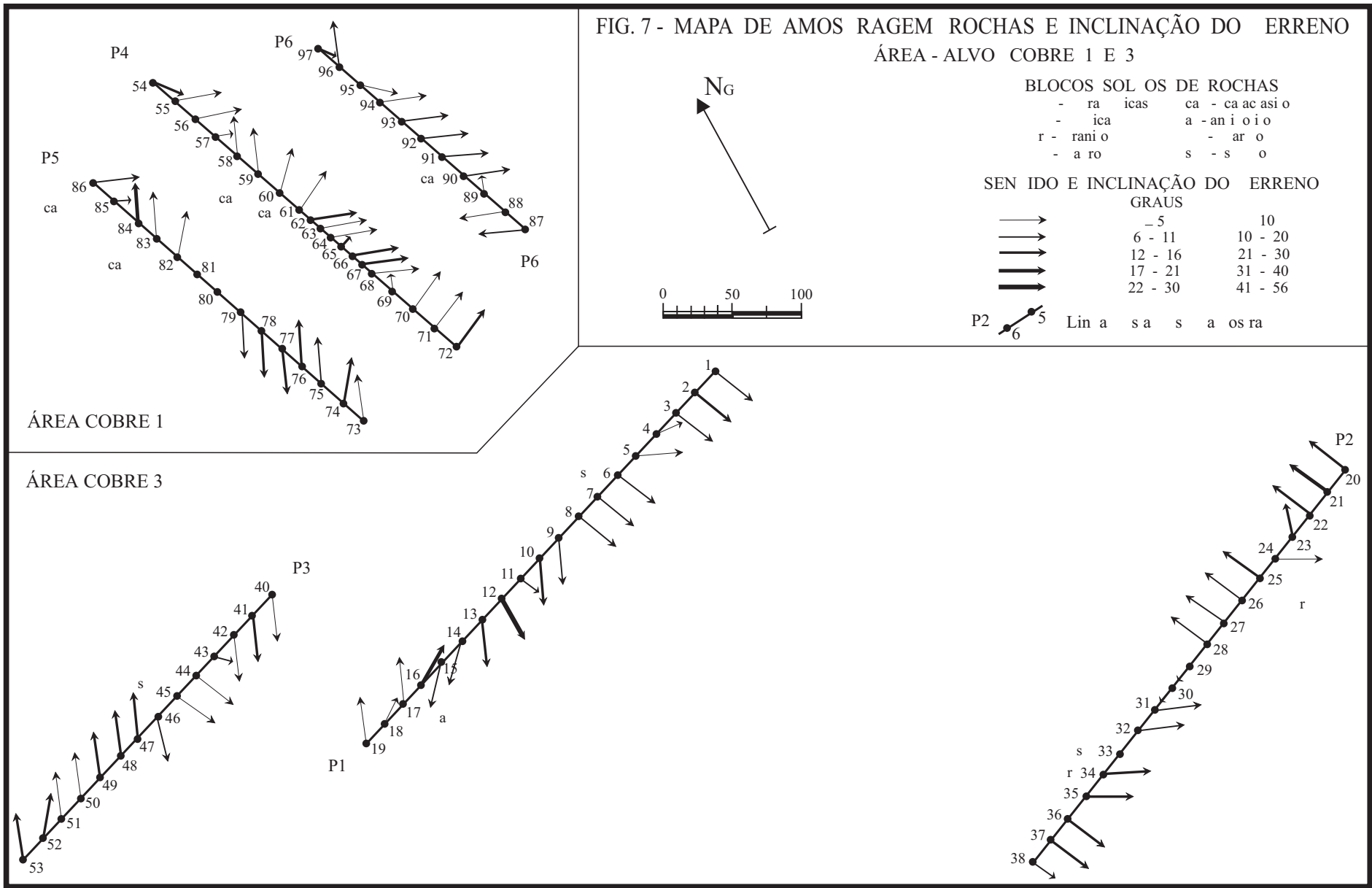
As amostras de maior volume (20 litros) eram transferidas do balde para sacos plásticos ou de trama plástica, com capacidade de 60 kg, e a seguir levados para uma pequena lagoa à margem da rodovia SE-208, próximo de Poço Redondo, a fim de efetuar-se a concentração de minerais pesados. A perda de material durante o transporte através da trama dos sacos plásticos não foi avaliada, acreditando-se seja desprezível em função do grau de consolidação do solo.

6.2- DE CONCENTRAÇÃO COM BATEIA

O processo de bateamento foi realizado pelo técnico em mineração Carlos Alberto Caldas, utilizando bateia de secção cônica, com 50 cm de diâmetro e 12 cm de altura. A etapa de deslamagem, isto é, a desagregação via úmida da fração siltico-argilosa leve e seu descarte era efetuada em balde plástico e com a utilização de água, sendo a seguir as frações grossa e fina pesadas passadas à bateia, através de uma peneira metálica com malha de 3 mm, para retenção do material mais grosseiro (descartado após exame visual). A movimentação excêntrica da bateia ao nível d'água propiciava a obtenção, no fundo da mesma, de um resíduo contendo os minerais de maior peso específico.

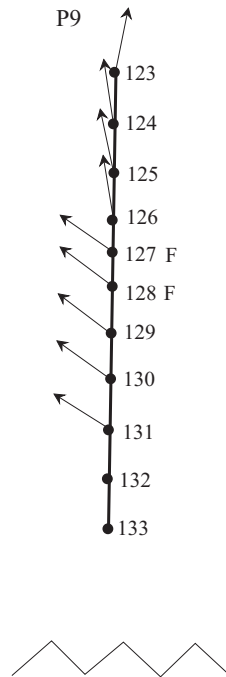
As amostras assim obtidas eram devidamente acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas. Previamente à concentração foi estimado visualmente, em cada amostra, o percentual da fração grossa (grânulo a cascalho), sua constituição (se quartzo ou fragmentos de rocha) e a qualificação de seu grau de arredondamento (mau, médio, bom).

As frações mais pesadas, retidas no centro da bateia, foram examinadas visualmente antes de seu acondicionamento em pequenos sacos plásticos, à procura de "pintas" de minerais com brilho metálico.



ÁREA - ALVO FERRO 1

FIG. 8 - MAPA DE AMOS RAGEM
ROCHAS E INCLINAÇÃO DO ERRENO



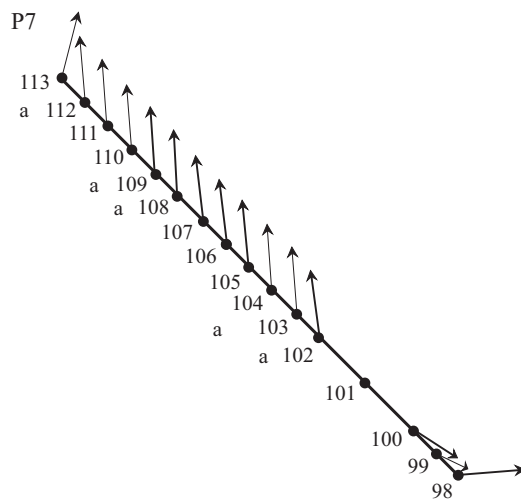
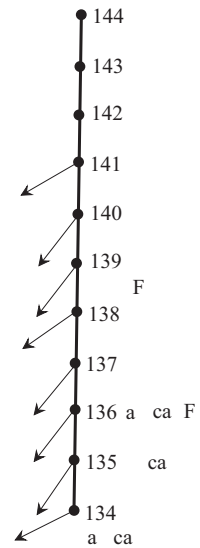
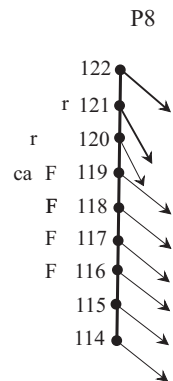
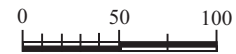
ÁREA - ALVO FERRO 1

BLOCOS SOL OS DE ROCHAS

a - an i o i o ca - ca ac asi o
 - ica a - an si o
 r - rani o - ar o
 F - rro-i nio

SEN IDO E INCLINAÇÃO DO ERRENO
 GRAUS

→ - 5 10
 → 6 - 11 10 - 20
 ↘ 131
 ↘ p9



6.3- DE PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para a preparação das amostras no laboratório, procurou-se adotar os métodos mais comuns e rotineiros inerentes a cada material, com o duplo objetivo de facilidade (existência do equipamento e pessoal treinado) e segurança na qualidade dos resultados.

6.3.1- Esquema Preparatório e Analítico

A sequência preparatória e analítica foi combinada com o Laboratório de Análises Mineraias - LAMIN da CPRM, levando em consideração as análises solicitadas e a possível falta de material para todas as determinações. A fig. 9 apresenta o fluxograma desta atividade.

Os lotes encaminhados e os procedimentos ajustados são descritos a seguir:

6.3.1.1- Solos 0 - 5 cm

Lote 612 - 77 amostras,

Lote 613 - 66 amostras

Lote 614 - 18 amostras (duplicatas)

Preparação: secagem em estufa, desagregação, peneiramento a menor de 80 mesh. Análises: Absorção Atômica, extração com HNO_3 c.q. para Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn; extração com A.R.- geração de hidretos para As, Bi, Sb; extração com HCl a frio para Co, Cu, Fe, Mn, Ni; análises de S e Ti por métodos quantitativos via úmida.

6.3.1.2- Concentrados de Solos 0 - 40 cm

As amostras de concentrados constituintes de cada um dos lotes foram selecionadas por meio de processo aleatório.

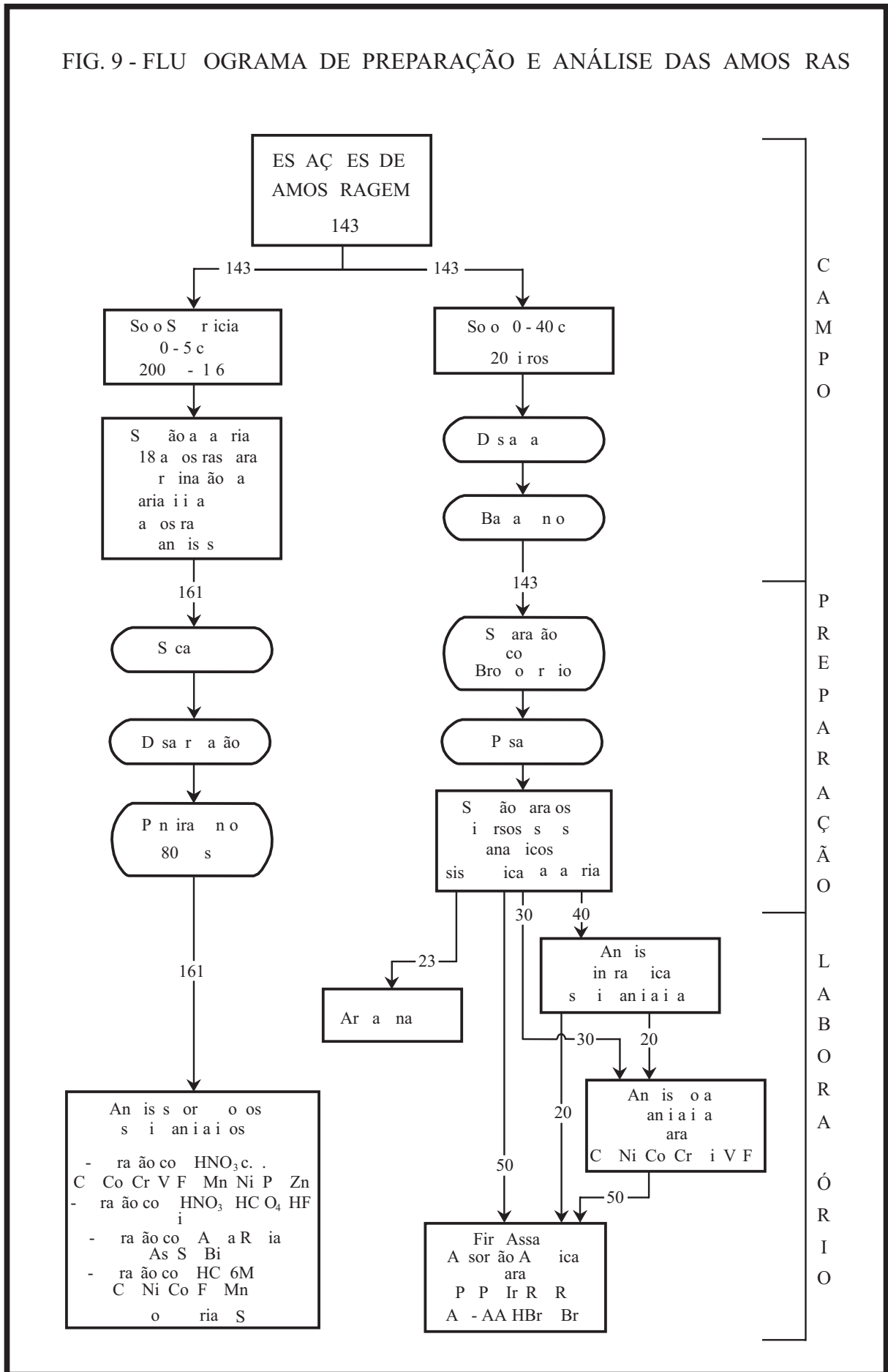
Lote 615 - 23 amostras

Estocado no LAMIN para eventuais determinações posteriores.

Lote 616 - 20 amostras

Pesagem e quarteamento se a amostra original > 300 gramas. Separação com bromofórmio.

FIG. 9 - FLU OGRAMA DE PREPARAÇÃO E ANÁLISE DAS AMOS RAS



a) Pesados acima de 100 gramas: 100 g pulverizado para "Fire Assay" para Pt, Pd, Ir, Rh e Ru. Análise mineralógica no quarteado restante, a seguir juntado, pulverizado e analisado para Au (AA/HBr + Br).

b) Pesados abaixo de 100 gramas: análise mineralógica, a seguir juntado, pulverizado e analisado por "Fire Assay" para Pt, Pd, Ir, Rh e Ru

Lote 617 - 20 amostras

Pesagem e quarteamento se a amostra original > 300 gramas. Separação com Bromofórmio.

a) Pesados acima de 100 gramas: 100 g pulverizado para "Fire Assay" para Pt, Pr, Ir, Rh e Ru. Análise mineralógica no quarteado restante, a seguir juntado, pulverizado e analisado quantitativamente para Co, Cr, Cu, Fe, Ni, V e Ti, e ainda Au (AA/HBr + Br)

b) Pesados abaixo de 100 gramas: análise mineralógica, a seguir juntado, pulverizado e analisado por "Fire Assay" para Pt, Pd, Ir, Rh e Ru

Lote 618 - 30 amostras

Pesagem e quarteamento se a amostra original > 300 gramas. Separação com bromofórmio.

a) Pesados acima de 100 gramas: 100 g pulverizado para "Fire Assay" para Pt, Pr, Ir, Rh e Ru. Material restante pulverizado e analisado quantitativamente para Co, Cr, Cu, Fe, Ni, V e Ti, e Au por AA/HBr + Br

b) Pesados abaixo de 100 gramas: análise por "Fire Assay" para Pt, Pd, Ir, Rh e Ru.

Lote 619 - 50 amostras

Pesagem e quarteamento se a amostra original > 300 gramas. Separação com bromofórmio.

a) Pesados acima de 100 gramas: 100 g pulverizado para "Fire Assay" para Pt, Pr, Ir, Rh e Ru. Análise para Au por AA/HBr + Br no material restante

b) Pesados abaixo de 100 gramas: análise por "Fire Assay" para Pt, Pd, Ir, Rh e Ru.

6.4- DE ANÁLISES

Os elementos selecionados para análise, além dos PGE, foram os que se encontram normalmente a eles associados e são seus indicadores em diversos tipos de jazimentos, conforme vários autores e em especial Boyle (1974).

A sistemática analítica foi realizada no Laboratório de Análises Minerais - LAMIN, da CPRM no Rio de Janeiro, no NOMOS Laboratório, Rio de Janeiro, e na GEOSOL, em Belo Horizonte.

Os equipamentos utilizados, os técnicos responsáveis, os elementos químicos e a metodologia de análises foram os seguintes:

a) LAMIN

a.1) Espectrômetros de Absorção Atômica Perkin-Elmer modelos 500 e 306, Determinador de Enxofre LECO. Técnicos: S. David, J. M. Alves, J. Carlos, L. R. Serra, A. G. Ornelas, S. M. Farias e S. H. Ribeiro.

a.1.1) Determinação semiquantitativa de Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Cr, V, Fe e Mn: digestão da amostra com ácido nítrico concentrado a quente e determinação dos elementos por espectrometria de absorção atômica, utilizando chama de ar-acetileno (chama de óxido nitroso-acetileno nas dosagens de Cr e V), e correção de "background" quando necessário. Limites de detecção 1 ppm (Cu, Zn, Ni, Co, Mn), 4 ppm (Pb), 5 ppm (Cr), 10 ppm (V) e 0,01% (Fe).

a.1.2) Determinação semiquantitativa de Cu, Co, Ni, Fe e Mn, a frio: extração da amostra com ácido clorídrico 6M a frio e determinação dos elementos por espectrometria de absorção atômica, utilizando chama de ar-acetileno. Limites de detecção 1 ppm (Co, Cu, Ni), 2 ppm (Mn) e 4 ppm (Fe).

a.1.3) Determinação semiquantitativa de Au: digestão da amostra com mistura de ácido bromídrico e bromo, e extração do ouro com metilisobutilcetona. Determinação do ouro por espectrometria de absorção atômica, utilizando chama de ar-acetileno. Limite de detecção 0,02 ppm

a.1.4) Determinação quantitativa de Cu, Co, Ni, Fe e V: digestão da amostra com os ácidos nítrico, fluorídrico e perclórico. Determinação dos elementos por espectrometria de absorção atômica, utilizando chama de ar-acetileno, correção de "background" quando necessário, tampão de ionização e chama de óxido nitroso-acetileno para a dosagem de V. Limites de detecção 5 ppm (Co, Cu, Ni), 20 ppm (V) e 0,01% (Fe).

a.1.5) Determinação quantitativa de Cr: digestão da amostra com os ácidos fluorídrico e fosfórico. Determinação do cromo por espectrometria de absorção atômica, utilizando chama de óxido nitroso-acetileno. Limite de detecção 50 ppm.

a.1.6) Determinação quantitativa de Ti: solubilização total da amostra com os ácidos nítrico, perclórico e fluorídrico; determinação do elemento por espectrometria de absorção atômica, utilizando chama de óxido nitroso-acetileno. Limite de detecção 0.05%.

a.1.7) Determinação quantitativa de S por forno de indução: calcinação da amostra em presença de ferro e cobre metálicos, e determinação do enxofre liberado por volumetria, com iodato de potássio. Limite de detecção 0,01%.

a.1.8) Análises mineralógicas: foram realizadas pelos técnicos Malvina Pomerancblum e Ligia Camargo. Constaram da separação através de bromofórmio ($d=2,89$), dos minerais pesados de cada amostra (ou alíquota quarteada, quando o peso da amostra fosse superior a 300 gramas), sua identificação e contagem sob exame em lupa binocular. A análise foi semi-quantitativa, significando que as quantidades avaliadas de cada mineral identificado foram representadas por intervalos de percentagem em peso da amostra. Os intervalos adotados foram: < 1%, 1 a 5%, 5 a 25%, 25 a 50%, 50 a 75% e 75 a 100%.

b) NOMOS - LABORATÓRIO

Análise de Pt, Pd, Ir, Rh e Ru em concentrados de bateia de solos, já preparados pelo LAMIN.

Metodologia adotada: "Fire Assay"/Absorção Atômica, com coletor de sulfeto de níquel para a formação do "bead" na fusão. Alíquota da amostra igual a 25 gramas. O controle de qualidade, segundo informação do próprio laboratório (ct. NM-028/91) constou de "check" do nível de precisão por meio da reanálise de amostras com a mesma alíquota de 25 gramas, verificação do grau de exatidão com a análise de padrões internos inseridos aleatoriamente através da remessa e índice de contaminação controlado sistematicamente pela análise de brancos. Limites de detecção 0,05 ppm para Ir e Ru, 0,03 ppm para Pt e Rh, e 0,01 ppm para Pd. Analista Dra. Rozana P.S. Nunes.

c) GEOSOL

Análise de As, Sb e Bi em amostras de solo 0-5 cm, já preparadas pelo LAMIN.

Metodologia: Absorção Atômica/Geração de Hidretos - sem outras informações fornecidas pelo laboratório. Limites de detecção 1 ppm para As, Sb, Bi. Analista Dra. Léa O. Lima e Silva.

d) CHEMEX LABS LTD.

Análises para Au, Pd, Pt por "Fire Assay"/ICP/Fluorescência e Rh por "Fire Assay"/Absorção Atômica, em amostras de concentrados de bateia de solos preparadas no LAMIN e na Seclab-Belém, da CPRM. Limites de detecção 0,01 a 0,1 ppm para Rh, 0,005 ppm para Pt e 0,002 ppm para Pd e Au. Certificado de análise assinado por B. Caughin, sem outras informações.

Estas análises, originalmente não previstas, tornaram-se necessárias tendo em vista os resultados analíticos fornecidos pelo NOMOS-LABORATÓRIO - abaixo do limite de sensibilidade. As 14 amostras selecionadas (9 das áreas Cobre 1 e 3, e 5 da área-alvo Ferro 1), foram por critérios de disponibilidade da amostra bruta, posição nas linhas de amostragem e, algumas, por apresentarem concentrações relativamente elevadas de um ou mais dos seguintes elementos: Au, Cr, Cu, Fe, Ni, V (área-alvo Cobre 1 e 3) e Fe, Ti (área-alvo Ferro 1).

6.5- DE PROCESSAMENTO ESTATÍSTICO

Para a maioria das determinações estatísticas, os resultados analíticos foram organizados em matrizes de dados ASCII e GEOQUANT, permitindo assim o processamento em microcomputador com os "softwares" PROBPLOT, MICROSTAT e sistema GEOQUANT. Os programas mais utilizados desses "softwares" são descritos de maneira sumária em cada item a seguir, juntamente com os respectivos critérios para processamento.

Adicionalmente, foram efetuados cálculos manuais para a extração de coeficientes t (Student) e F (Snedecor) de testes de variabilidade e equivalência.

Gráficos e figuras foram gerados por programas como FLOWCHARTING e FONTASY, e as tabelas de dados e texto da presente dissertação foram digitados com, respectivamente, EDCHR e FRAMEWORK II.

6.5.1- Testes de Variância e Equivalência

A variabilidade ou variância de amostragem, preparação e análise, associadas, foi estimada somente para as amostras do nível superficial dos solos.

Cerca de 18 amostras duplicatas foram obtidas, por meio da separação manual dos grumos e pequenos blocos de material agregado de solo que constituíam outras tantas amostras de rotina. Foram selecionadas aleatoriamente, atribuindo-se outra numeração (a listagem dessas amostras e respectivos resultados analíticos encontra-se no final do anexo 3). Incide nesse procedimento a variabilidade de amostragem, uma vez que os fragmentos de material agregado do solo, que compuseram a amostra normal, também foram coletados entre outros que, por excesso, foram deixados de lado nas escavações, em cada estação de amostragem.

À variabilidade de amostragem, associam-se às de preparação e análise, pois as duplicatas constituíram um lote único e distinto para os procedimentos preparatórios e analíticos, solicitados idênticos àqueles para as amostras normais (estas compuseram dois lotes).

O teste realizado foi o t de Student "two-sided" entre pares, baseado na média e desvio-padrão das diferenças dos valores encontrados nas amostras de rotina e respectivas duplicatas, para cada um dos elementos-traço avaliados; é utilizado por vários autores (Krumbein & Graybill, 1965; Frizzo, 1978; Sinclair, 1987 - com. verbal). A relação entre esses dois parâmetros é diretamente comparável com a distribuição t que, para 18 amostras e a 95% de confiança, tem o valor crítico de 2,11.

Foi efetuado também um teste de equivalência entre as distribuições dos elementos-traço nas amostras do nível superficial dos solos das áreas Cobre e área Ferro, para verificação da exequibilidade do tratamento estatístico conjunto de todas as amostras.

O exame consistiu na comparação entre as variâncias e entre as médias, observadas no conjunto de amostras coletadas nas áreas Cobre 1 e 3 (96 exemplares) e no conjunto amostrado na área-alvo Ferro 1 (47 exemplares); foi efetuado através dos testes paramétricos F e t entre grupos, e contemplou unicamente os resultados dos elementos cobre e níquel (ambos analisados por AA/HNO₃).

6.5.2- Análise de Agrupamento (Cluster)

A análise de agrupamento (Cluster Analysis) foi efetuada com o programa CLUSTER, que faz parte do Sistema GEOQUANT. Consiste no cálculo de uma matriz de similaridade entre variáveis ou elementos (modo R) ou entre amostras (modo Q), utilizando o método hierárquico ou pares ponderados; a similaridade investigada pode ser, opcionalmente, o coeficiente de correlação Momento-Produto de Pearson ou o coeficiente de Distância Euclidiana, computados com os dados normais ou padronizados. A saída do programa é composta por um esquema (dendrograma) que mostra a associação dos indivíduos em grupos mais ou menos homogêneos, e o relacionamento interno entre esses grupos.

Para o cálculo, cada matriz original foi transposta (modo Q), os dados padronizados em função da média e do desvio-padrão, e selecionou-se a Distância Euclidiana como a medida de similaridade mais adequada. Foram computadas:

- a) matriz com todos os resultados analíticos por HNO₃, HCl e Q.V.U.;
- b) matrizes individualizadas das áreas Cobre 1-3 e Ferro 1, com os mesmos dados anteriores;
- c) matrizes individualizadas das duas áreas somente com os resultados analíticos por AA/HNO₃ e Q.V.U. e a relação Cu/Ni.

Os dendrogramas resultantes foram avaliados visualmente, determinando-se que coeficientes de distância acima do valor de 1,3 fazem a melhor separação dos grupos de amostras de similar composição.

6.5.3- Estatísticas Básicas

As determinações estatísticas básicas para cada elemento foram obtidas através do processamento dos dados com o programa PROBLOT (Stanley, 1987) em microcomputador. Como já visto, este programa interativo permite a partição de um conjunto de dados entre as diversas populações que podem estar nele expressas, segundo o método de A. J. Sinclair; em outras palavras, permite a separação de uma curva sinuosa de frequência acumulada (classes com incremento aritmético ou logarítmico) em um ou mais segmentos que, em escala de probabilidade, constituem outras tantas retas e, portanto, representam cada população individualizada.

Os termos limiar e anomalia quando e se citados neste trabalho, não possuem o sentido estatístico que muitas vezes lhes é atribuído. Tal aspecto é decorrente do método de partição que, ao individualizar várias populações, no sentido estatístico determinaria outros tantos limiares, sendo então as amostras anômalas (exceto na população de maiores valores) pertencentes a outra população. Como aqui aplicado, limiar é o teor limite que separa duas populações, e anomalia tem significado mais amplo, desde o(s) valor(es) mais elevado(s) ou mais baixo(s) de uma população, até mesmo uma população inteira, uma vez que seja(m) manifestação fora do normal naquele específico contexto geológico-geoquímico em que se situa(m).

Foram adotados alguns critérios primários para o processamento:

1- Distribuições lognormais: foram consideradas para todos os elementos, tendo em vista que as curvas de frequência da maioria deles, testados, apresentaram-se mais retilíneas quando de valores logaritmizados.

2- Divisão dos dados das amostras do nível superficial dos solos em 12 classes de frequência (pelo critério de Sturges seriam 8 e 7 e pelo de Levinson 20 e 17, este o padronizado pelo programa, respectivamente para as áreas-alvo Cobre e Ferro), devido ao relativamente pequeno número de dados nos conjuntos; um excessivo número de classes, neste caso, pode com facilidade ocasionar a presença de pontos de inflexão adicionais, sem respaldo na realidade geológico/geoquímica local. Para os concentrados de bateia dos solos, foi julgado adequada a divisão em 8 e 6 classes, respectivamente para as áreas Cobre 1 e 3 e área Ferro 1, pelos motivos expostos.

3- Na escolha do teor limite que melhor separa duas populações, admitiu-se 5% de dados individuais como superposição máxima normal, o que foi obedecido por grande parte das populações determinadas. Para maiores percentuais de superposição, adotou-se os valores que melhor isolam as populações de maior média, com o risco de considerar os menores teores destas populações como pertencentes às populações de média menor, a depender de sua localização relativa em mapa.

4- Foram toleradas pequenas irregularidades nos ajustes dos extremos inferiores e superiores das curvas de frequências teóricas sobre as calculadas, visto fazerem parte, respectivamente, das populações de mais baixos e mais elevados teores. Tais irregularidades são maiores para os resultados de concentrados de bateia de solos da área Ferro 1, devido ao relativamente pequeno número de amostras (15), ali colhidas, analisadas (das quais 3 sem resultados de Co, Cr, Cu, Fe, Ni, V e Ti por insuficiência de amostra).

Foram avaliadas, através do mencionado programa, as distribuições e misturas populacionais dos resultados dos elementos Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, V, Zn (AA/HNO₃ c.q.), Cu, Mn, Ni (AA/HCl a frio - com o prefixo cx ou x para facilidade de notação), As (AA/G.H.-AR), Ti e S (Q.V.U.), e também das razões Cu/Ni e cxCu/cxNi, para as amostras do nível superficial do solo nas áreas investigadas. Pb (AA/HNO₃), Co e Fe (AA/HCl) não foram considerados por apresentarem elevado erro de determinação, como será visto no item 7.1. Para o cálculo, os 41 resultados <1 ppm de arsênio (único dos elementos processados a apresentar valores qualificados) foram considerados como sendo iguais a 0,7 ppm As.

Praticamente todos os resultados de bismuto e a grande maioria dos resultados de antimônio situaram-se abaixo do limite de sensibilidade do método analítico (1 ppm), e os restantes registrando concentrações apenas nesse limite - não serão, portanto, estudados.

Os resultados de todas as análises são encontrados no anexo 3.

Para os concentrados de bateia de solo, foram estudadas as distribuições de Cr, Co, Cu, Fe, Ni, V e Ti (análises quantitativas por AA/ácidos fortes), nas mesmas áreas; a pequena quantidade de amostras da área-alvo Ferro 1 analisadas para esses elementos - apenas 13 - não permite que se atinja o nível desejado de segurança para as determinações estatísticas, e foram computadas para somente revelar as tendências de comportamento.

Os resultados dos minerais pesados encontrados nos concentrados de bateia não sofreram qualquer tratamento estatístico prévio ao lançamento de suas distribuições em mapas, como também os resultados das análises para ouro (AA/HBr+Br) no mesmo material. Todos os resultados encontram-se dispostos no anexo 4.

Os resultados de 122 amostras de concentrados de bateia de solo, analisados para elementos do grupo da platina (Pt, Pd, Ir, Rh, Ru) pelo NOMOS LABORATÓRIO, ficaram todos abaixo do limite de sensibilidade do método empregado, 30 ppb; cerca de 14 dessas amostras, enviadas ao CHEMEX LAB., nos Estados Unidos, e analisadas para Pt, Pd e Rh com melhor sensibilidade, confirmaram esses resultados.

Por ser a platina (e outros elementos do seu grupo) o principal objetivo deste trabalho, a pequena flutuação de valores encontrados para platina (um resultado de 10 ppb, dois resultados de 5 ppb e 11 resultados inferiores a 5 ppb), será estudada relativamente aos demais elementos apenas como possível indicação de comportamento associativo, vez que carecem de significância estatística para o cálculo dos parâmetros básicos.

Resultados dos demais elementos de seu grupo não serão considerados, visto serem todos inferiores ao limite de sensibilidade.

6.5.4- Correlações e Regressão Linear

As associações (ou correlações) entre os elementos avaliados no nível superficial dos solos e nos concentrados de bateia de solos foram estabelecidas de duas maneiras: a) pela comparação visual dos mapas de distribuição populacionais dos vários elementos; e b) por métodos estatísticos, através do cálculo do coeficiente r - momento-produto de Pearson - que varia de +1 a 0 (zero) e a -1 conforme a relação seja, respectivamente, direta, ausente ou perfeitamente inversa.

Para este cálculo foi utilizado o programa CORREL do Sistema GEOQUANT da CPRM. O programa fornece, para uma matriz inicial de m amostras (linhas) e os resultados de n variáveis analíticas (colunas), a matriz resultante $n \times n$ contendo os valores de r . Outras opções para o programa são de padronização dos dados e a utilização do coeficiente de Distância Euclidiana, além da possibilidade de informações complementares na listagem de saída (estatísticas descritivas, etc.). Diversos conjuntos de dados foram processados:

- 1- resultados das amostras do nível superficial dos solos
- 2- resultados dos concentrados de bateia dos solos
- 3- resultados dos solos e respectivos concentrados

Os gráficos de correlação obtidos estão dispostos na figura 21, e os coeficientes foram divididos em 3 classes de valores; para os conjuntos com pequeno número de amostras, suprimiu-se da representação os coeficientes de menor valor (entre 0,55 e 0,70).

No caso específico do elemento platina, e no intuito de obter-se indicações sobre sua associatividade, foram adotados os seguintes procedimentos:

a) considerar somente os resultados de Pt das 14 amostras analisadas pelo CHEMEX LAB, por apresentarem um relativo, ainda que pequeno, contraste.

b) considerar os resultados < 5 ppb como iguais a 3,5 ppb Pt. Tal artifício é normalmente adotado no processamento de dados geoquímicos, pela impossibilidade de cálculos matemáticos envolvendo quantidades "menor do que".

c) formar dois conjuntos de amostras para a análise estatística de correlação:

c.1- conjunto com 6 amostras, compreendendo os resultados de Pt e outros elementos avaliados nos concentrados, e os resultados analíticos das respectivas amostras do nível superficial do solo.

c.2- conjunto com 14 amostras, compreendendo os resultados de Pt nos concentrados e os resultados analíticos das amostras de solos 0 – 5 cm correspondentes.

d) estudar as associatividades internas entre as variáveis desses dois conjuntos através dos programas CORREL e CLUSTER, já comentados, e ainda verificá-las visualmente em diagramas binários, gerados pelo programa BIPLLOT, do GEOQUANT.

e) em função das correlações obtidas, foi efetuada uma regressão linear com os resultados das amostras do conjunto c.2 descrito acima, tendo platina como variável dependente (isto é, cujo valor é calculado em função das outras às quais se correlaciona) e os demais elementos como independentes. Teve como objetivo possibilitar a análise da distribuição da platina (calculada) em todas as estações amostradas, considerando-se persistentes, nas demais amostras, as relações estatísticas encontradas nesse conjunto (c.2) avaliado.

O cálculo foi efetuado com o programa REGRESS do Sistema GEOQUANT, que resolve um sistema de equações simultâneas por eliminação gaussiana, utilizando as correlações parciais para adicionar ou retirar as variáveis independentes da equação de regressão, a um nível de significância fornecido - método este conhecido como de Efronson (1960 - in: CPRM, 1990, p. 83). A partir da matriz de dados, o programa calcula a constante de regressão e os coeficientes para cada variável adicionada, construindo uma equação que explica o máximo possível da variância apresentada pela variável dependente. A resolução dessa equação com os resultados das variáveis independentes de cada amostra fornece os valores calculados para a variável ou elemento dependente, que podem, então, serem confrontados com os dados analíticos para fornecer os denominados residuais.

A listagem de saída do programa fornece, além da equação de regressão, os valores F para teste de significância, os coeficientes de correlação parciais, erros da estimativa e percentagem da soma dos quadrados da variável dependente explicada; também lista os valores observados, calculados e residuais da variável dependente.

Os gráficos de associatividade, construídos a partir da matriz de correlação resultante do programa CORREL, são apresentados na figura 22, e serão discutidos, assim como as distribuições de todas as variáveis, no próximo capítulo.

7- RESULTADOS

7.1- VARIÂNCIA DE AMOSTRAGEM, PREPARAÇÃO E ANÁLISE

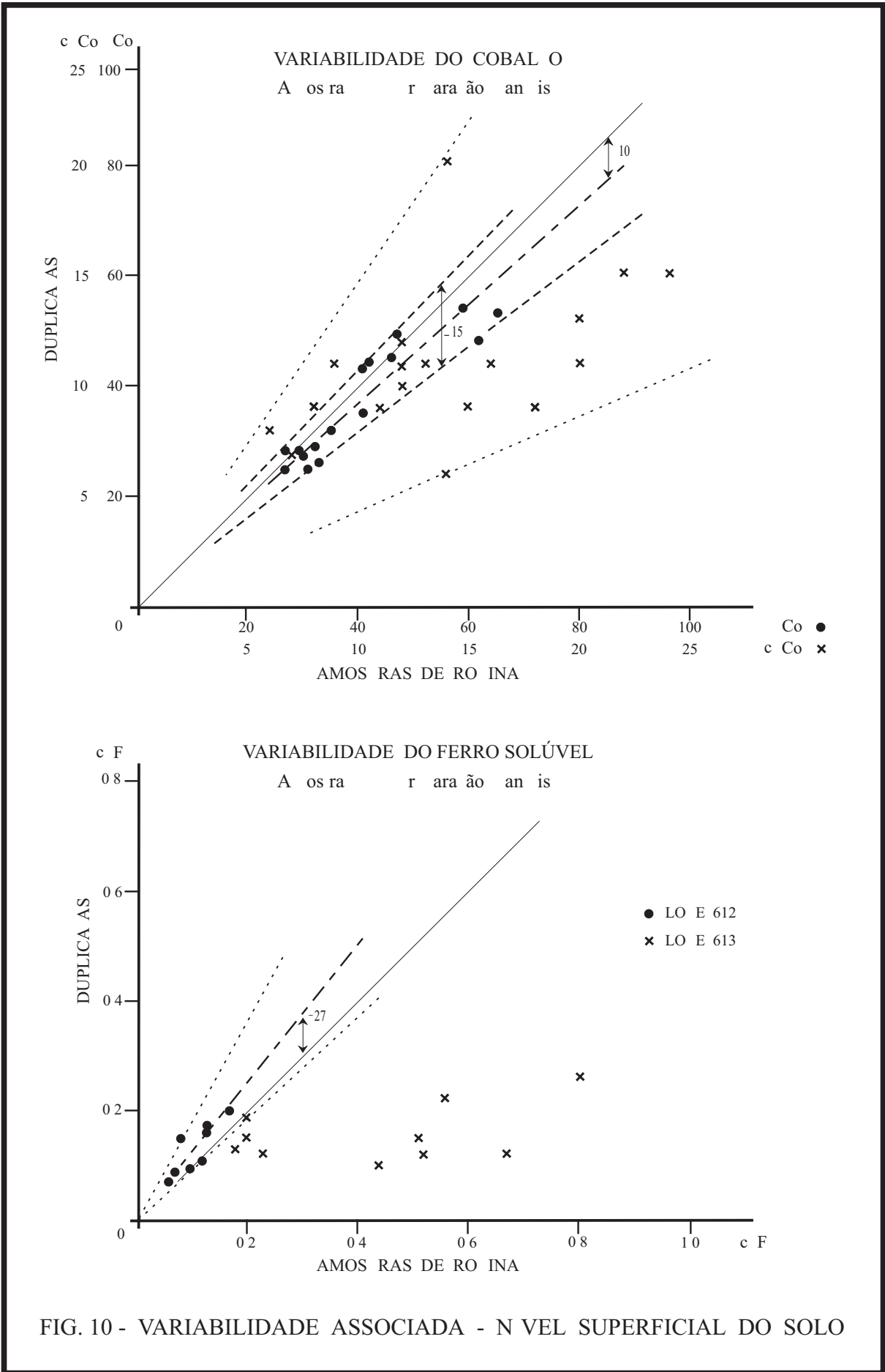
Os coeficientes calculados do teste **t** encontram-se na tabela abaixo:

IX- Teste t de variabilidade associada

Elemento	t calculado	t crítico
Cobre (AA/HNO ₃)	- 0,063	<
Zinco (AA/HNO ₃)	+ 0,099	<
Cobalto (AA/HNO ₃)	- 3,311	>
Níquel (AA/HNO ₃)	+ 0,526	<
Vanádio (AA/HNO ₃)	- 0,281	<
Cromo (AA/HNO ₃)	- 0,612	<
Ferro (AA/HNO ₃)	+ 2,014	<
Manganês (AA/HNO ₃)	- 1,683	< +/- 2,11
Cobre (AA/HCl)	- 0,487	<
Cobalto (AA/HCl)	- 2,910	>
Níquel (AA/HCl)	- 1,878	<
Ferro (AA/HCl)	- 2,823	>
Manganês (AA/HCl)	- 2,089	<
Titânio (Q.V.U.)	- 3,302	>
Enxofre (Q.V.U.)	- 0,142	<

Não foi efetuado o cálculo para o elemento chumbo (AA/HNO₃), por apresentar 16 resultados qualificados (menor do que o limite de sensibilidade e não detectado) no lote das amostras duplicatas, contra apenas 2 valores desse tipo naquelas de rotina, o que é evidência de uma alta variabilidade associada. O excesso de valores qualificados (inferiores ao limite de sensibilidade) para As, Sb e Bi também impossibilitou o cálculo de suas variabilidades; entretanto, o exame visual dos mesmos e em especial do elemento arsênio, permite atestar uma boa reprodutibilidade entre os resultados das amostras de rotina e respectivas duplicatas.

Somente cobalto (AA/HNO₃ e AA/HCl), ferro (AA/HCl) e titânio (Q.V.U.) não apresentaram resultados confiáveis ($t > t$ crítico). Para a verificação mais minuciosa da variabilidade desses elementos, foram construídos diagramas amostras de rotina x duplicatas conforme Closs (1986), apresentado na figura 10 para cobalto e ferro.



Pode-se verificar no citado gráfico que a variabilidade de amostragem + preparação + análise do cobalto (AA/HNO₃) atinge a somente 15%, aceitável para os propósitos deste trabalho, embora haja um erro sistemático (que influencia sobremaneira no valor de *t*), provavelmente originado no procedimento analítico, de 10% positivo (as amostras de rotina apresentam, em média, um valor 10% mais elevado de cobalto do que as respectivas duplicatas). Já a dispersão de pontos do cobalto (AA/HCl) no diagrama é muito ampla e justifica o não-aceite pelo teste.

Titânio (Q.V.U.) apresenta o mesmo comportamento verificado para o cobalto (AA/HNO₃); as amostras de rotina revelam um desvio sistemático de + 12% em relação às duplicatas, e a variabilidade total atinge a 21%, ainda dentro dos limites de confiabilidade para estudos geoquímicos prospectivos.

O diagrama para ferro (AA/HCl) demonstra a incidência de erro do laboratório na preparação e/ou análise, uma vez que os pontos se distribuem em nuvens distintas em função do lote analítico; os resultados das amostras de rotina do lote 612 apresentam precisão aproximada de 25% e desvio sistemático de - 27%, enquanto que os resultados do lote 613 têm um grande desvio positivo. É destituído de segurança qualquer estudo que se faça com este elemento.

Em função dos resultados obtidos com o teste *t*, o erro de preparação/análise existente entre lotes não influencia demasiado os resultados obtidos para os demais elementos, e torna evidente que a variância da amostragem é muito baixa.

São descartados para estudos posteriores, portanto, os elementos cobalto (AA/HCl) e ferro (AA/HCl), além do chumbo (AA/HNO₃).

7.2- TESTE DE EQUIVALÊNCIA ENTRE ÁREAS

Os resultados obtidos para os elementos cobre e níquel (AA/HNO₃) atestaram diferenças significativas entre os dois conjuntos comparados (relações F e $t > F$ e t tabelados, a 95% de confiança), tornando desnecessário o exame dos demais elementos.

Concluiu-se, portanto, pela necessidade de processar e estudar os dados das áreas Cobre 1 e 3 separadamente daqueles obtidos na área Ferro 1.

Embora diferenças na distribuição de cobre e níquel entre as áreas-alvo Cobre 1 e Cobre 3 tivessem sido detectadas no reexame dos dados de pesquisa anterior (vide item 4.9), fez-se a opção de processar os respectivos dados de maneira agrupada. Tal

procedimento teve o intuito de não fragmentar demasiado as informações, e levou em consideração ainda a proximidade entre os dois citados alvos que, podendo diferir em termos de uma ou outra litologia, basicamente devem apresentar o mesmo condicionamento mineralizador a sulfetos.

7.3 – ANÁLISE DE AGRUPAMENTO - SOLOS 0 - 5 CM

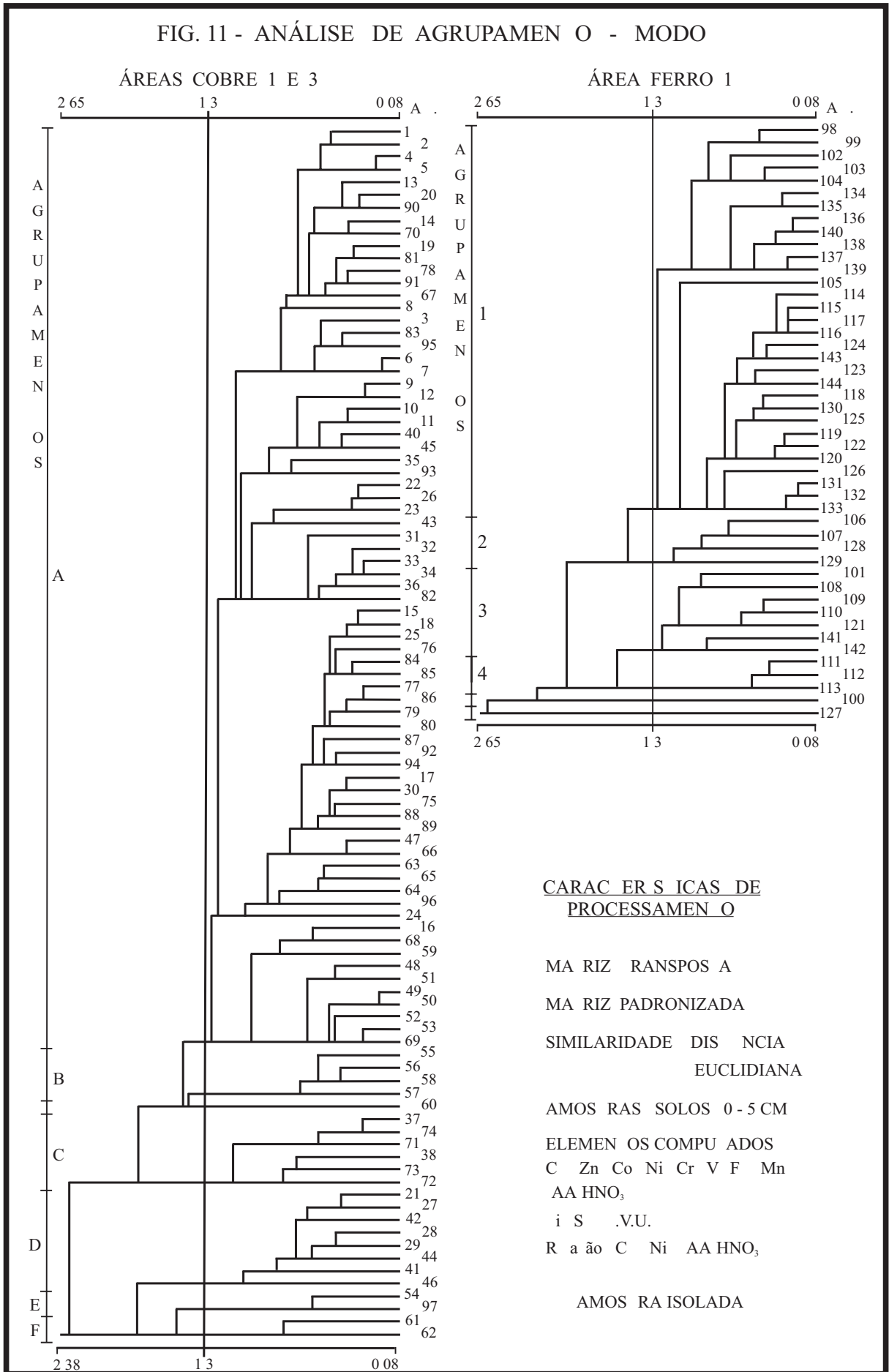
O objetivo da execução da análise de agrupamento das amostras do nível superficial dos solos foi melhor posicionar os locais de variações geoquímicas ao longo das linhas de amostragem percorridas, devido a possíveis imprecisões na ampliação de mapas ou mesmo pequenas diferenças nas medidas de distância por ocasião da coleta das amostras; além disso, procurou-se averiguar a existência de outras litologias ou níveis diferenciados não percebidos durante o mapeamento geológico, face as características, já comentadas, do solo local. Tais informações são de extrema importância para o entendimento da vinculação entre eventuais porções mineralizadas e a(s) encaixante(s), permitindo o correto estabelecimento dos metalotectos da área.

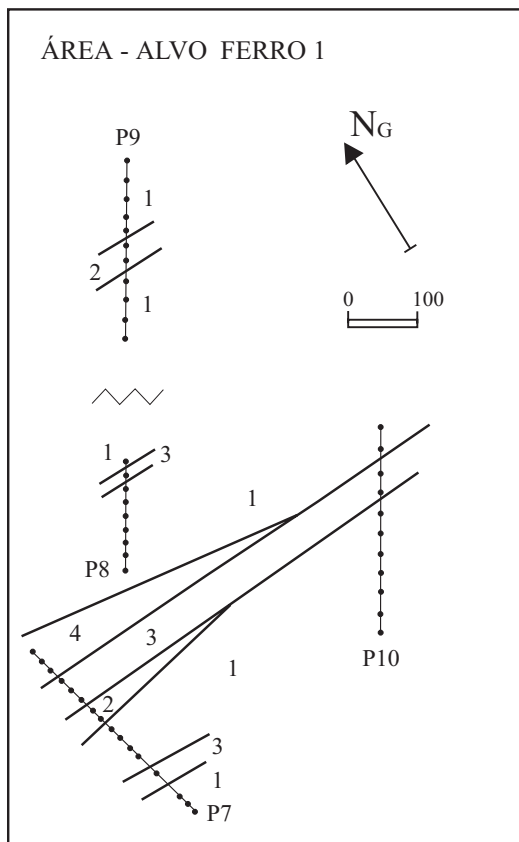
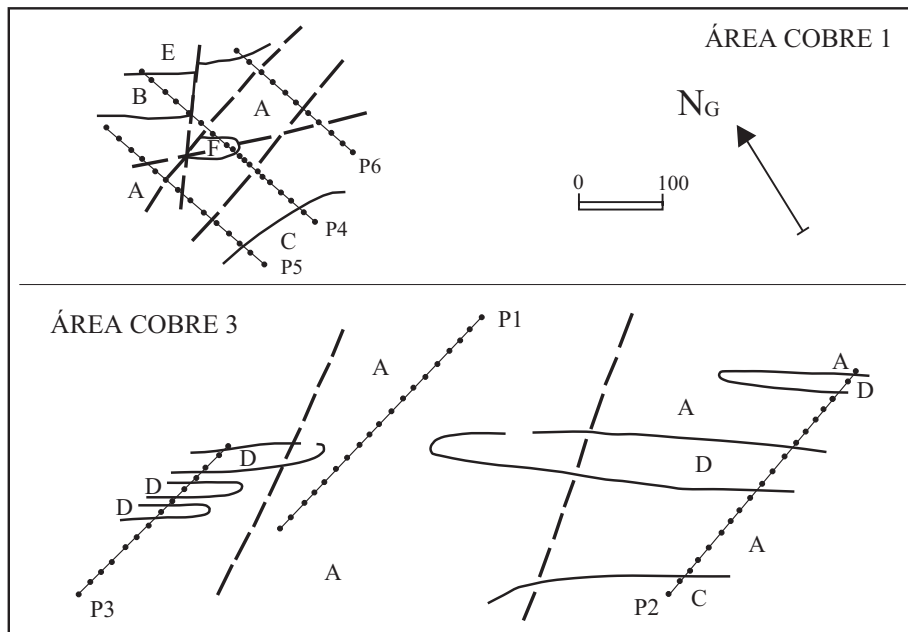
A comparação entre os agrupamentos conseguidos com as matrizes b e c (matrizes individualizadas das áreas Cobre 1 e 3 e Ferro 1) revelou grande concordância. Como tais matrizes distinguem-se apenas pela presença, em b, dos resultados analíticos obtidos por AA/HCl a frio, mais suscetíveis a variações devidas ao ambiente secundário, deduz-se que os fatores ambientais são pouco atuantes na dispersão doselementos nessas áreas.

O dendrograma computado com todas as amostras coletadas (matriz a), preserva os agrupamentos identificados em cada área (matrizes b e c - fig. 11), demonstrando que a composição dos solos e, conseqüentemente, as litologias subjacentes em ambas as áreas são distintas entre si, ao menos em relação às concentrações relativas dos elementos avaliados.

A figura 12 constitui os mapas de distribuição dos conjuntos separados nos dendrogramas da figura 11, processados com os elementos Cu, Zn, Co, Ni, Cr, V, Fe e Mn (AA/HNO₃), Ti e S (Q.V.U.) e ainda a relação Cu/Ni. Tais elementos maiores e traço são os comumente encontrados na estrutura dos minerais constituintes de rochas máficas e seus produtos de alteração, e a relação Cu/Ni é preconizada por vários autores como discriminante dos níveis mineralizados a sulfetos em sequências máfico-ultramáficas.

FIG. 11 - ANÁLISE DE AGRUPAMENTO - MODO





LEGENDA

- A a F } Gr os si i ar s
- 1 a 4 } Gr os si i ar s
- A os ra iso a a
- Li i n r r os
- P2 Lin a a os ra
- Fa a SAN OS BRAZ FILHO 1989
- Fa a in ri a

MAPAS GERADOS POR
ANÁLISE DE AGRUPAMEN O - MODO

FIG. 12 - MAPA DOS AGRUPAMEN OS DE SOLOS 0 - 5 CM

Para o traçado dos limites entre os diferentes grupos, admitiu-se a possibilidade de pequenos deslocamentos de material do solo em função da topografia atual; foram também consideradas as anotações, feitas durante a amostragem, dos blocos de rochas soltos sobre o solo e de afloramentos, e adotadas as informações estruturais (falhamentos) de Santos & Braz Filho (1989). As características de cada litologia foram descritas em capítulo anterior.

Deve-se alertar que os mapas assim gerados, obtidos pelo agrupamento de solos com análise por extração parcial, podem não refletir com exatidão a distribuição das litologias do substrato.

7.3.1 - Área-alvo Cobre 1 e Cobre 3

As amostras do agrupamento A, com ampla predominância (75% do total das amostras destas áreas) e distribuição, correspondem ao gabro "normal". Quase no extremo norte da linha P4, as amostras do grupo B podem representar uma variedade do mesmo gabro, indicada por um bloco com maior granulometria dos minerais.

O conjunto C possivelmente corresponde a corpos anfibolíticos, visíveis em afloramento na margem do riacho Santa Maria, a pequena distância a sul da extremidade sudoeste da linha de amostragem P2. As amostras D, por sua vez, podem indicar corpos ultramáficos (blocos assim identificados na linha P3), que se distribuem em níveis alternados de direção NW-SE, concordantes com a estruturação regional; o nível D é limitado por rocha máfica com veios e bolsões félsicos irregulares na porção mediana da linha P2. O agrupamento D não tem continuidade na linha de amostragem P1, podendo ser resultado de falhamentos NE-SW, como mostrado na figura 12.

Não foi determinada a correspondência para o agrupamento E (extremo norte das linhas P4 e P6); tem alguma relação com o grupo F (coeficiente de distância E-F pouco acima de 1,3), sendo este atribuído a uma rocha máfica tectonizada (cataclasito), com provável mudança no seu quimismo original.

7.3.2 - Área-alvo Ferro 1

Os agrupamentos de amostras do nível superficial dos solos desta área são distintos daqueles anteriormente citados. A unidade 1 é dominante e representativa de anfibolitos, bem caracterizados na porção sul desta área. Os agrupamentos 2, 3 e 4 formam

uma sequência de estratos na linha de amostragem P7, com continuidade apenas do grupo 3 na linha P10, indicando a direção E-W como a provável direção estrutural das unidades litológicas; níveis isolados 2 e 3 são constatados respectivamente nos perfis P9 e P8. Nos locais das amostras dos grupos 2 e 4 foram observados blocos de rochas máficas não classificadas, e na faixa de amostras do conjunto 3, na linha P7, ocorrem blocos de andesito. Na continuidade do nível 3, na linha P10, foram encontrados blocos de uma rocha máfica com abundante magnetita.

Os blocos de cumulos ferro-titânio, soltos sobre o solo e encontrados em todos os perfis desta área-alvo, exceto no P7, relacionam-se aos agrupamentos 1 (nas linhas P8 e P10) e 2 (linha de amostragem P9) de solos, indicando que tais elementos (Fe e Ti) não são discriminatórios no cálculo do coeficiente de distância.

Em comparação com o mapa geológico disponível, realizado por Tesh & Pereira (1983) em escala 1:10.000 (figuras 3 e 4), observa-se de maneira geral divergências na posição e traçado dos contatos e também a ocorrência de variações composicionais e de litologias, não assinaladas por aqueles autores:

Na área Cobre 1, exceto a posição de contatos, há concordância entre os mapas geológico e de agrupamentos de solos 0 - 5 cm. Os grupos E e F de solo correspondem a corpos mapeados de gabro, variedade troctolito, e o grupo B, sem notação no mapa geológico, deve mesmocarresponder mineralogicamente ao gabro "normal" ou predominante, com pequena diferença nas concentrações dos elementos-traço, provavelmente devido a tectonismo superimposto.

Na área Cobre 3, a análise de agrupamento e as informações de campo dão conta da inexistência do corpo anfíbolítico que aparece, no mapa dos autores referidos, desde a parte mediana das linhas de amostragem P1 e P3, estendendo-se para norte. Nessa área investigada predomina o gabro "normal" A, com níveis ou lentes ultramáficas de direção NW-SE.

As linhas de amostragem P7, P8 e P10 do alvo Ferro 1, que segundo o mapa geológico situar-se-iam sobre anfíbolito, e P9 sobre gabro, mostram-se dispostas sobre uma sequência alternada de anfíbolito (predominante), rocha máfica de granulação fina e andesito, com direção quase E-W; ao longo dessas linhas não foram encontrados indícios de gabros, embora tal ocorra entre P8 e P9.

7.4- ESTATÍSTICAS UNIVARIADAS E DISTRIBUIÇÕES

Os sumários estatísticos para os vários elementos estudados encontram-se nas tabelas X e XI adiante apresentadas, sendo expostos para cada população determinada a percentagem de amostras, média e desvio-padrão geométrico, além do melhor teor limite de separação entre elas. As figuras 13 e 16 representam os histogramas respectivos, permitindo a comparação visual; as figuras 14, 15, 17 e 18 mostram a distribuição das populações de cada elemento em planta e a localização das amostras com os resultados mais elevados, e das figuras 19 e 20 constam as distribuições dos minerais pesados. Os resultados de platina (CHEMEX) são apresentados nas figuras 17 e 18, juntamente com o ouro.

X- Sumário das estatísticas - solo 0 – 5 cm

Elem.	Área	Valor		População A			População B			População C			População D					
		mínimo	máximo	%	média	D.P.	teor limite	%	média	D.P.	teor limite	%	média	D.P.	teor limite	%	média	D.P.
Co	Cobre	25	118	20	32	1,12	39	54	48	1,15	62	26	75	1,21				
	Ferro	21	52	5	22	1,07	25	75	31	1,13	38	20	45	1,11				
Cr	Cobre	38	515	5	55	1,23	83	95	187	1,57								
	Ferro	34	225	5	35	1,04	40	95	109	1,48								
Cu	Cobre	22	760	68	46	1,46	93	22	138	1,25	207	10	339	1,64				
	Ferro	20	188	6	23	1,18	31	67	43	1,21	57	20	84	1,28	129	7	165	1,16
Fe %	Cobre	0,96	8,3	2,5	1,07	1,17	1,83	97,5	4,46	1,34								
	Ferro	2,90	6,1	5	3,05	1,07	3,45	95	4,27	1,17								
Mn	Cobre	420	1160	88	622	1,20	850	12	1001	1,12								
	Ferro	460	1040	8	487	1,04	528	62	604	1,12	734	30	830	1,12				
Ni	Cobre	28	800	32	60	1,56	136	53	232	1,41	452	15	573	1,15				
	Ferro	23	295	15	31	1,21	44	75	85	1,47	189	10	250	1,13				
V	Cobre	24	148	13	33	1,13	40	82	54	1,32	100	5	124	1,09				
	Ferro	40	126	3,5	42	1,07	49	88,5	96	1,39	170	8	184	1,13				
Zn	Cobre	26	73	100	45	1,23												
	Ferro	26	78	38	33	1,12	40	62	52	1,20								
cxCu	Cobre	6	164	51	12	1,30	19	34	28	1,38	48	15	79	1,47				
	Ferro	7	73	4	8	1,19	11	85	17	1,37	33	11	51	1,31				
cxMn	Cobre	145	420	6	162	1,06	182	94	264	1,23								
	Ferro	145	720	6	178	1,39	330	94	452	1,22								
cxNi	Cobre	3	67	6	4	1,29	7	94	19	1,74								
	Ferro	1	49	2,5	1	3,16	8	97,5	18	2,03								
As	Cobre	<1	20	55	0,91	1,69	2,3	39	3,2	1,39	5,8	6	8,8	1,57				
	Ferro	<1	12	62	0,69	1,42	1,2	31	1,3	1,52	2,8	7	4,2	1,82				
Ti %	Cobre	0,31	2,7	93	0,67	1,48	1,32	7	1,91	1,25								
	Ferro	0,5	3,5	20	0,67	1,25	1	80	1,59	1,45								
S %	Cobre	0,01	0,06	40	0,016	1,38	0,03	60	0,028	1,32								
	Ferro	<0,01	0,05	25	0,008	1,25	0,012	75	0,023	1,57								
Cu/Ni	Cobre	0,05	5,16	28	0,11	1,56	0,25	62	0,54	1,6	1,3	10	2,53	1,67				
	Ferro	0,14	4,53	15	0,20	1,29	0,32	70	0,61	1,53	1,29	15	2,04	1,44				
cxCu/ cxNi	Cobre	0,20	6	8	0,23	1,10	0,32	92	1,41	2,08								
	Ferro	0,31	7	30	0,49	1,34	0,81	65	1,35	1,45	2,51	5	3,97	1,64				

Áreas Cobre = 96 amostras

Área Ferro = 47 amostras

7.4.1- Solos 0 - 5 cm

As diferenças entre as áreas investigadas, refletindo distintas constituições litológicas, ficam patentes ao serem examinados os histogramas de distribuição (fig. 13). Nas áreas Cobre 1 e 3, as amostras do nível superficial dos solos forneceram os resultados mais elevados para Co, Ni e Cr, e na área Ferro 1, os maiores teores são de V, Ti e cxMn; os demais elementos avaliados, Cu, cxCu, Zn, Fe, Mn, cxNi, S e As apresentam-se nas duas áreas-alvo aproximadamente equivalentes.

Em relação aos trabalhos anteriores, na área-alvo Cobre 1 e 3 os valores máximos encontrados para cobre (760 ppm) e níquel (800 ppm) ficaram muito aquém daqueles detectados no Projeto Canindé (Tesch et alii, 1980), de 3.600 ppm Cu e 3.000 ppm Ni, provavelmente devido às amostras desse projeto terem sido coletadas a 40 cm de profundidade. Coerentemente, tanto a reavaliação dos dados analíticos dos referidos autores (cap. 4 - tab. VII), como o tratamento estatístico dos resultados das amostras de solo 0 - 5 cm, efetuados através do programa PROBLOT, acusaram a presença de 3 populações para ambos os elementos.

Na área-alvo Ferro 1, os dados disponíveis são de Nascimento (1981) e para um maior número de elementos (cap. 4 - tab. VIII). De maneira geral os resultados mais elevados por ele reportados para Ni, Co, Cu, Mn, Cr, Fe e V são cerca de 2 a 3 vezes os máximos agora determinados, exceto para o elemento titânio, que é menor; no caso, tal diferença é explicada pelos métodos analíticos empregados: solubilização das amostras por HF + HClO₄ (extração total), julgada a mais adequada pelo referido autor, e por HNO₃ c.q. neste trabalho, exceto para titânio, extraído com um ataque ácido similar (HNO₃ + HF + HClO₄).

Apesar de o processamento estatístico ter contemplado conjuntamente as amostras das áreas Cobre 1 e Cobre 3, pelas razões já expostas no item 7.2, a análise da distribuição dos elementos é melhor efetuada com a descrição individualizada em cada uma delas.

7.4.1.1- Área Cobre 1

A distribuição da maior parte dos elementos nesta área (figs. 14a e b) - Co, Cr, Cu, cxCu, cxNi, As e a relação Cu/Ni - mostra um nítido "trend" de direção ENE-WSW, concordante com a zona de cisalhamento marcada por Santos & Braz Filho (1989),

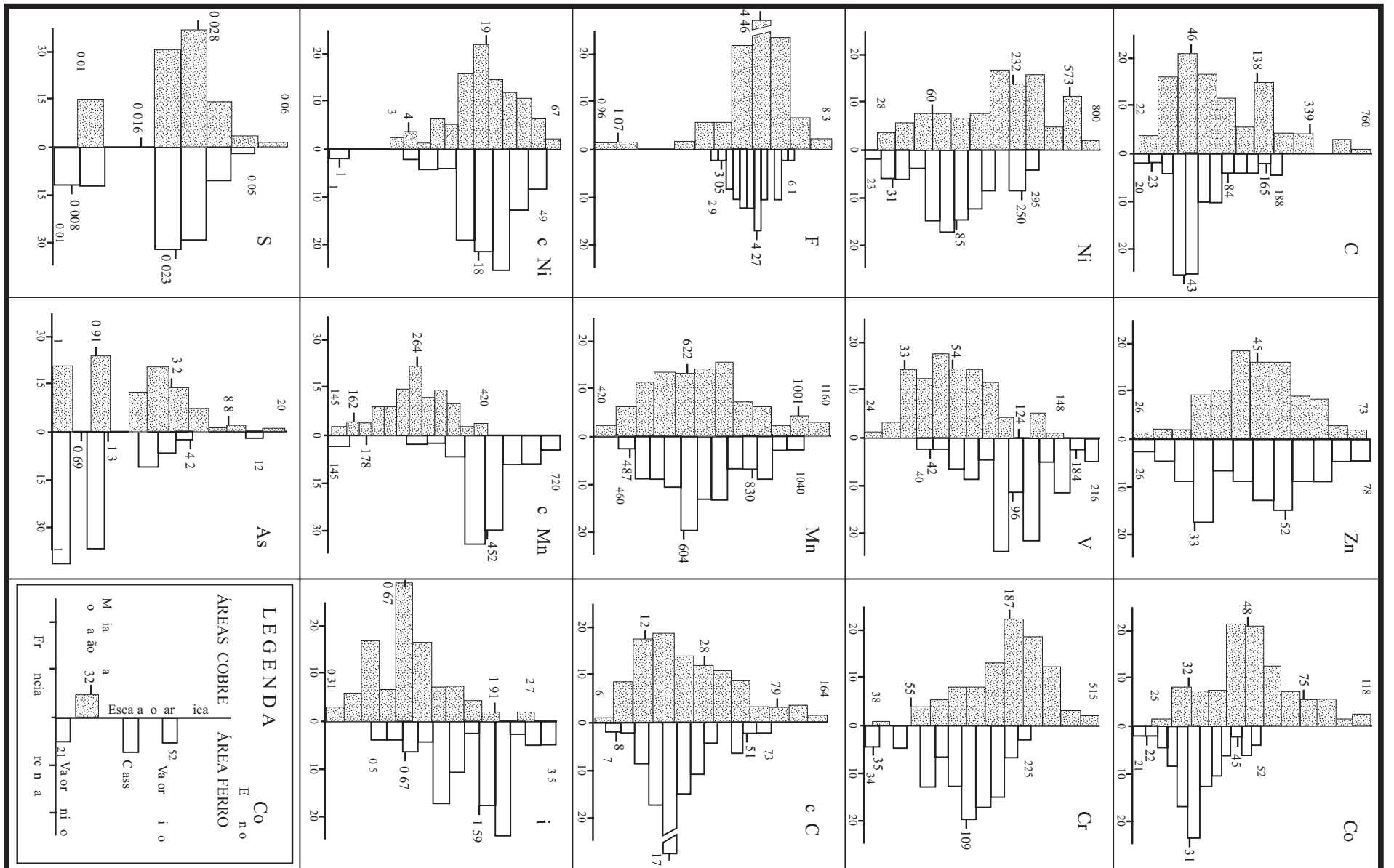


FIG. 13 - HIS OGRAMAS DE DIS TRIBUIÇÃO - SOLOS 0 - 5 CM

e pouco discordante do desenho das faixas de isótopos de cobre e níquel do trabalho de Tesch et alii (op. cit.). No centro dessa faixa, em particular na porção intermediária da linha de amostragem P4, ocorrem as maiores concentrações de Co, Cr, Mn, Zn, Cu (>330 ppm) e Ni (>600 ppm). Concentrações equivalentes a estas ou a presença da população de mais elevados teores para os mesmos elementos, exceto Zn e Mn, são observadas no extremo NW das linhas P4 e P6 - tais zonas são coincidentes com os agrupamentos E e F anteriormente definidos (item 7.3), que, por sua vez, parecem corresponder a uma rocha máfica submetida a tectonismo. Os elementos vanádio e titânio (este em menor grau), possuem os resultados mais baixos nos locais acima citados, e encontram-se enriquecidos na porção sul dos perfis P4 e P5, comportamento este também apresentado pelo zinco. Fe, cxMn e a relação cxCu/cxNi não têm distribuição definida nesta área, e os resultados de enxofre, que seguem a tendência geral, mostram os teores mais elevados (>0,046 %) na linha P4 com pequeno (cerca de 30 metros) deslocamento para sudeste; tal anomalia é explicada por ali ocorrer uma acumulação de pirita (entre 5 e 25% em peso do concentrado), detectada nas amostras de concentrados de bateia de solo.

Nos mapas avaliados não é percebida qualquer influência topográfica na dispersão, mesmo naquelas distribuições dos elementos extraídos com HCl a frio (cxCu, cxNi, cxMn).

A julgar pelos dados acima expostos, pode-se presumir que a concentração principalmente de cobre e níquel detectada seja devida a silicatos primários singenéticos, neles enriquecidos, e que os sulfetos sejam epigenéticos e predominantemente piritosos - não é todavia descaracterizada uma associação espacial entre esses produtos, de ambos os modos de formação mencionados.

7.4.1.2- Área Cobre 3

Dois tendências de distribuição são bastante nítidas na área Cobre 3 (figs. 14a e b), a primeira representada pelos elementos Cu, cxCu, As e as relações Cu/Ni e cxCu/cxNi, com direção NW-SE, e a segunda por Co, Mn, cxMn, V, S e menos evidentemente Cr, Ni, cxNi e Ti, com direção WNW-ESE e desvio de aproximadamente 20 graus em relação à primeira; os agrupamentos gerados pela análise "cluster" (fig. 12) e a disposição das curvas de isótopos de Cu e Ni do Projeto Canindé são conformes a esta. Não há subsídios geológicos ou geoquímicos disponíveis que forneçam

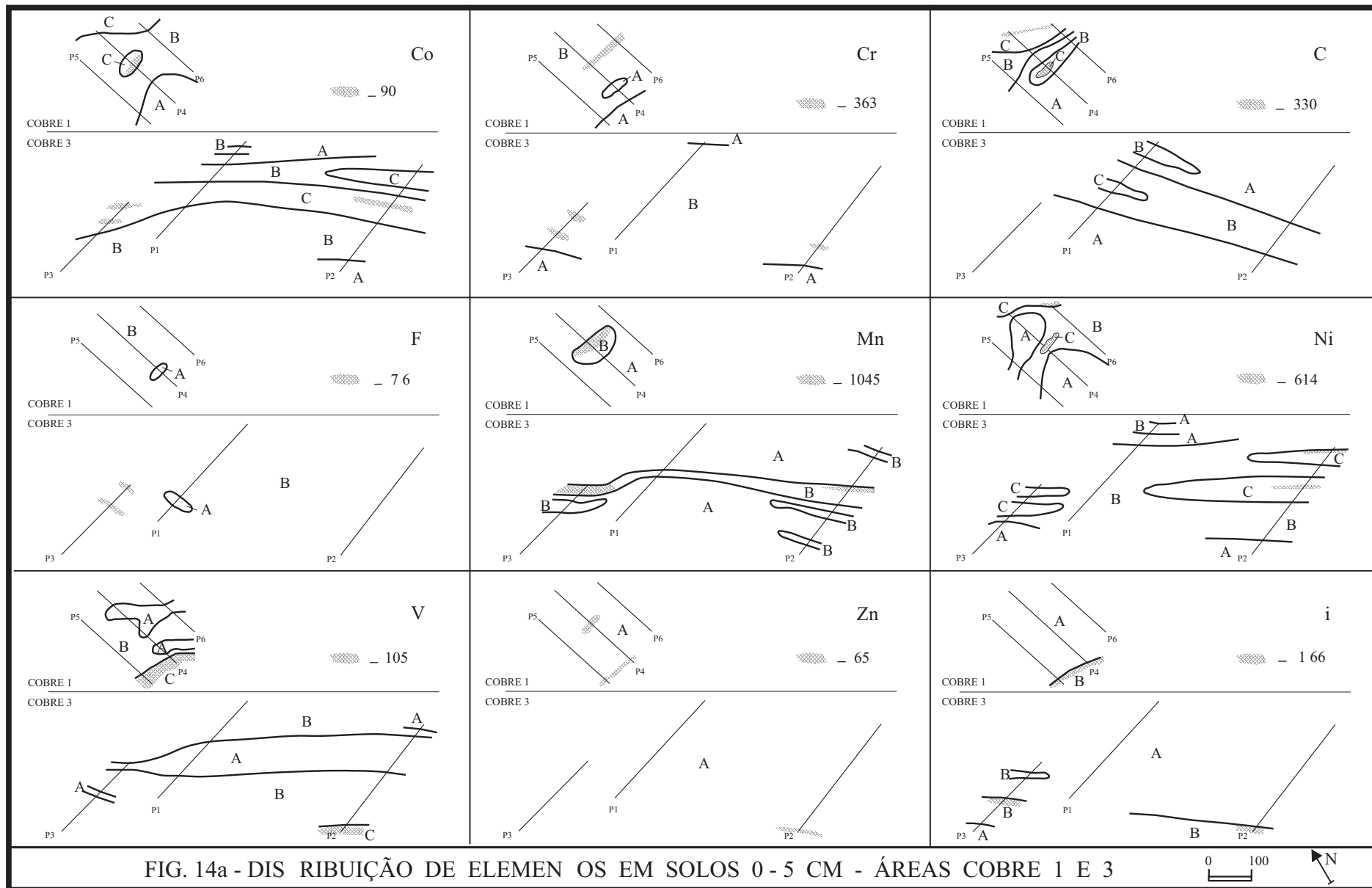


FIG. 14a - DIS RIBUIÇÃO DE ELEMEN OS EM SOLOS 0 - 5 CM - ÁREAS COBRE 1 E 3



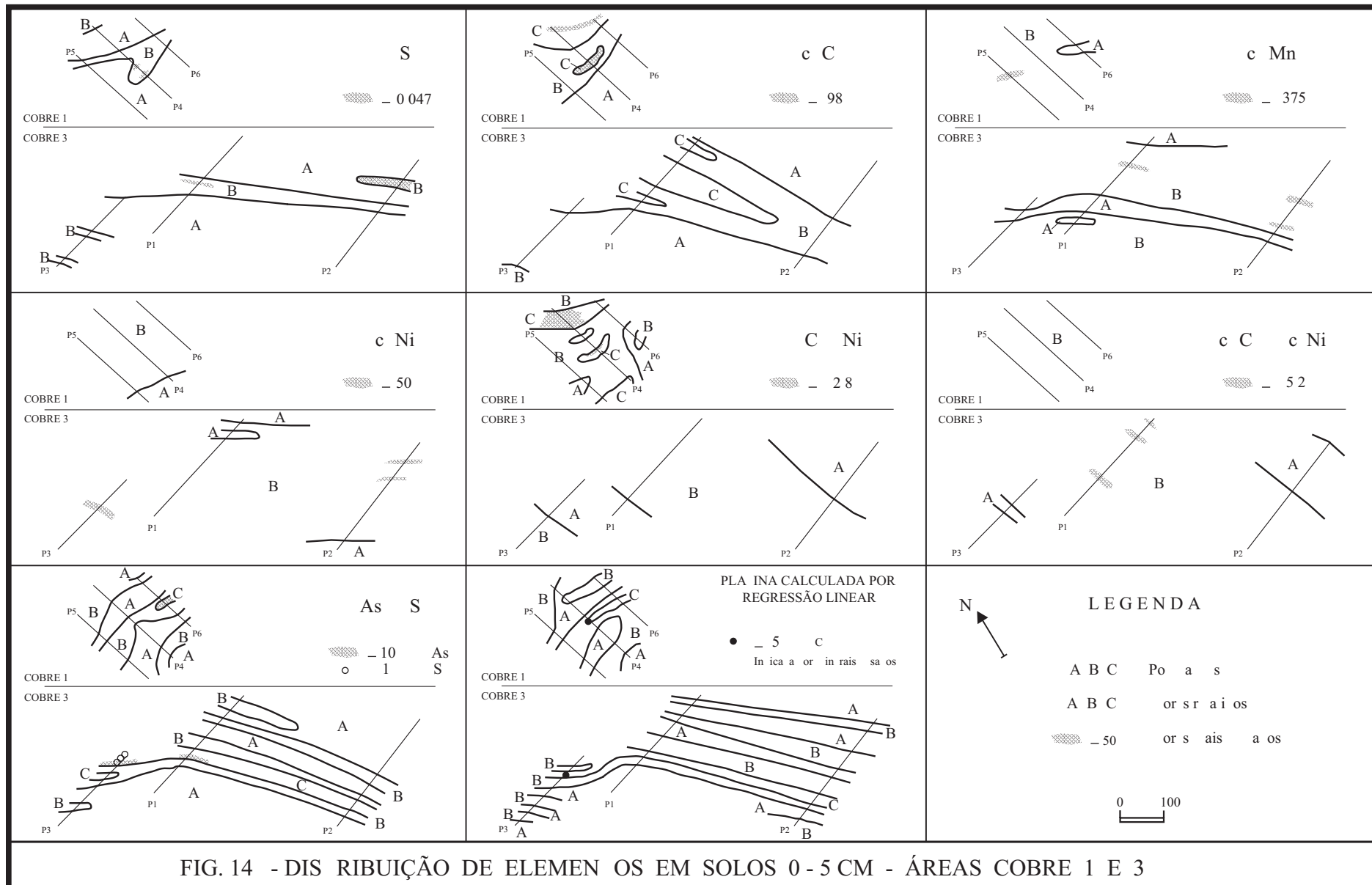


FIG. 14 - DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS EM SOLOS 0-5 CM - ÁREAS COBRE 1 E 3

ou sugeriram uma explicação plausível para essa divergência, uma vez que também não é encontrada uma íntima relação entre as populações de valores mais elevados de cobre e arsênio.

Ainda no aspecto geral, é notável e relevante a falta de continuidade da maior parte das dispersões entre as linhas de amostragem P1 e P3, caracterizada pela interrupção dos halos ou seu flexionamento que sugere uma movimentação sinistrógrica; as condições topográficas no local (vide fig. 7) podem se prestar a um desvio do eixo da faixa dispersiva, mas tal condicionante parece não se manifestar com intensidade, haja vista a constância e até diminuição da largura das faixas das populações, entre os perfis referidos, como mostrado nos mapas de Mn, V, cxMn e As. Pode ser presumida a existência, no local, de um falhamento com direção provável NNE-SSW, cujo prolongamento para NE é coincidente com o alongamento das curvas de Cu e Ni do trabalho anteriormente realizado na área; tal direção é a mesma de uma falha mais a leste, situada entre os perfis de amostragem P1 e P2, locada por Santos & Braz Filho (op. cit.) que, salvo pequenas interrupções, não perturba de igual maneira as faixas isopopulacionais.

A comparação entre as distribuições dos vários elementos avaliados mostra uma concordância entre Co, Mn, cxMn, Ni e menos evidentemente o cromo, que influenciam a análise de agrupamento e nela são refletidos como grupo D, atribuído a rochas ultramáficas. V, Ti e Zn, caracterizados pela ocorrência de seus maiores teores no extremo sul da linha P2, são divorciados da primeira família, e expressam uma diferente influência litológica no substrato. O elemento ferro, devido a registrar a maior parte das amostras (97,5%) na população B, tem um relevo geoquímico monótono e sem definição. Cobre (HNO₃), por sua vez, apresenta uma distribuição isolada, com a qual os halos de cxCu são algo mais amplos e abrangentes; as curvas de arsênio guardam um estreito paralelismo com aquelas de Cu e cxCu, mas não há relação direta ou inversa (correlação positiva ou negativa) entre as populações de um e outro elemento.

Enxofre tem comportamento diferente daquele observado na área Cobre 1; a ligação entre sua população de mais elevados teores e a presença de altas concentrações (5 a 25%) de pirita nos concentrados de bateia não é mais observada e, ao contrário, a estreita cinta da população B (acima de 0,03% S) traçada entre as porções intermediárias das linhas de amostragem P1 e P2 coincide com uma faixa onde pirita não foi detectada nos concentrados, no seu limite com uma zona de abundância inferior a 5% em peso. Essa delgada banda mencionada sobrepõe-se quase que exatamente sobre uma mais larga

da população C do cobalto (> 62 ppm Co); no entanto, tal justaposição não é verificada nas porções norte da linha P2 e sul da P3, onde também são manifestados valores elevados de enxofre. Claramente, o comportamento deste elemento denuncia a presença, localizada, de condições que propiciaram uma mais intensa oxidação de sulfetos primários a sulfatos que, em vista do clima semi-árido, permaneceram no solo. Uma hipótese seria a presença de uma zona fraturada WNW-ESE, permeável e aerada, na referida localização.

Com relação ainda a enxofre, cumpre mencionar que seus maiores resultados na linha P1 (0,05 e 0,04%) situam-se nas estações de coleta logo a sul e em situação topográfica inferior da amostra com o maior valor de cobre (285 ppm Cu por AA/HNO₃) determinado nessa área; configura tipicamente, confirmada a presença de sulfetos (e calcopirita), a formação de halos deslocados, de elementos com diferentes mobilidades supergênicas.

7.4.1.3- Área-alvo Ferro 1

Nesta área-alvo as distribuições populacionais (figs. 15a e b) da maior parte dos elementos avaliados - Co, Cu, cxCu, Mn, cxMn, Ni, Zn, Ti, S - e a análise de agrupamento (fig. 12) mostram forte estruturação ENE-WSW (quase E-W) entre os perfis de amostragem P7 e P10, que se insere algo discordantemente (diferença de aproximadamente 20 graus) em uma faixa "presumivelmente anômala em IP" (polarização induzida), determinada e assim caracterizada por Santos & Braz Filho (1989); pouco a norte e entre as linhas P8 e P10, as distribuições de Cu, cxCu, da relação Cu/Ni e especialmente de enxofre, manifestam a tendência de posicionarem-se na direção NW-SE. Nascimento (1981) não apresenta mapas do comportamento de elementos por ele avaliados nos solos, e há necessidade de coletar mais informações geológicas e geoquímicas para elucidar a significância e a possível causa dessa mudança na atitude desses elementos.

Estudando-se a distribuição dos elementos, nota-se uma afinidade total entre cobalto e níquel, e estes com Cr, Fe e Mn (formando uma família de ascendência máfica) especialmente na porção norte da picada P10, aparecendo logo a sul desse local valores elevados (em torno de 70 ppm) de zinco, que pode pertencer a essa associação e ter-se deslocado devido a maior mobilidade; há uma relativa semelhança do par Co - Ni com Cu, cxCu e As no extremo norte da linha P7, e divergências na disposição daqueles com V, Ti e S. O vanádio, que não apresenta curvas bem definidas, aparentemente é ligado ao titânio, e este elemento, quando comparado com o mapa de ilmenita nos

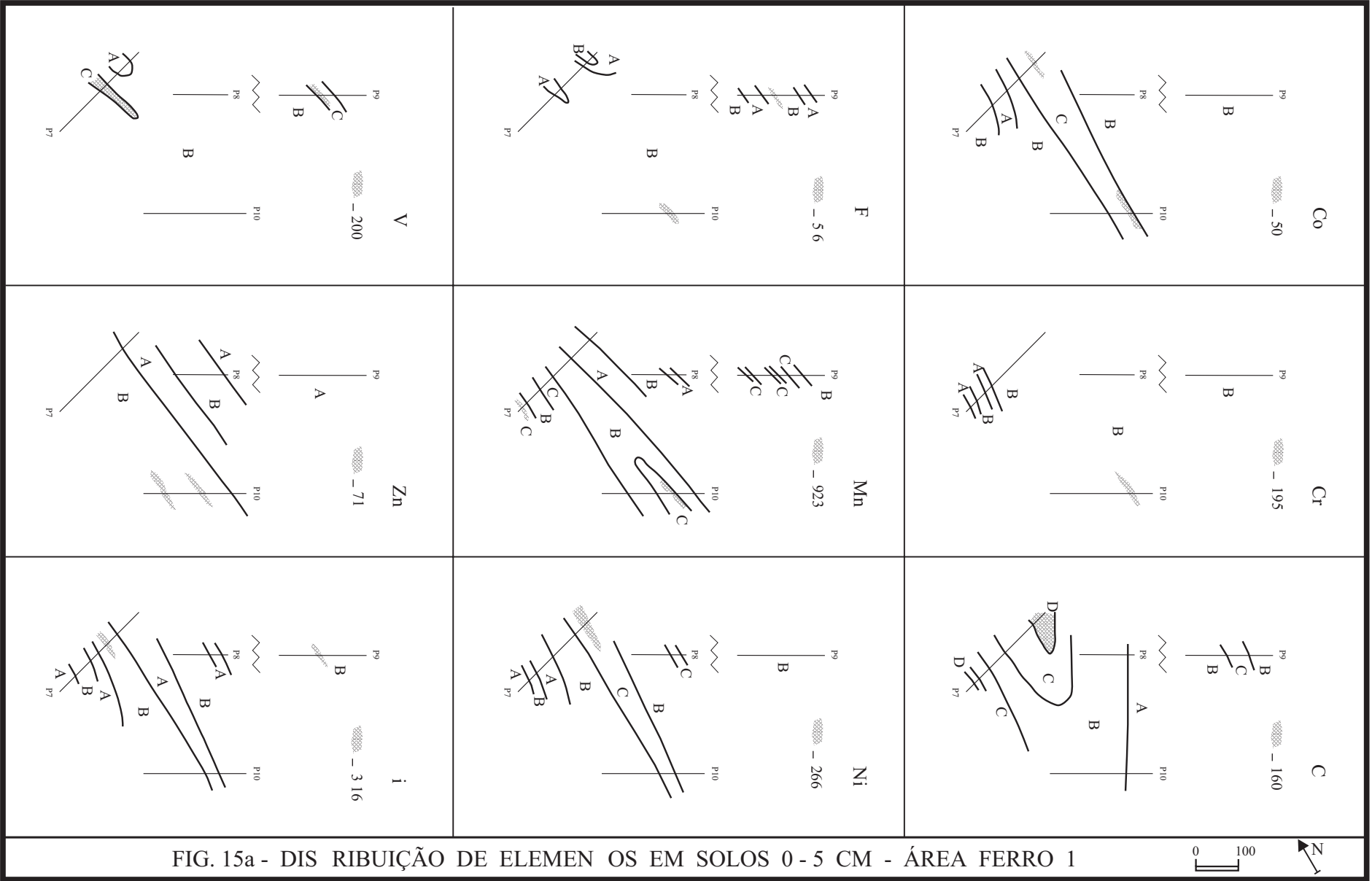


FIG. 15a - DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS EM SOLOS 0-5 CM - ÁREA FERRO 1

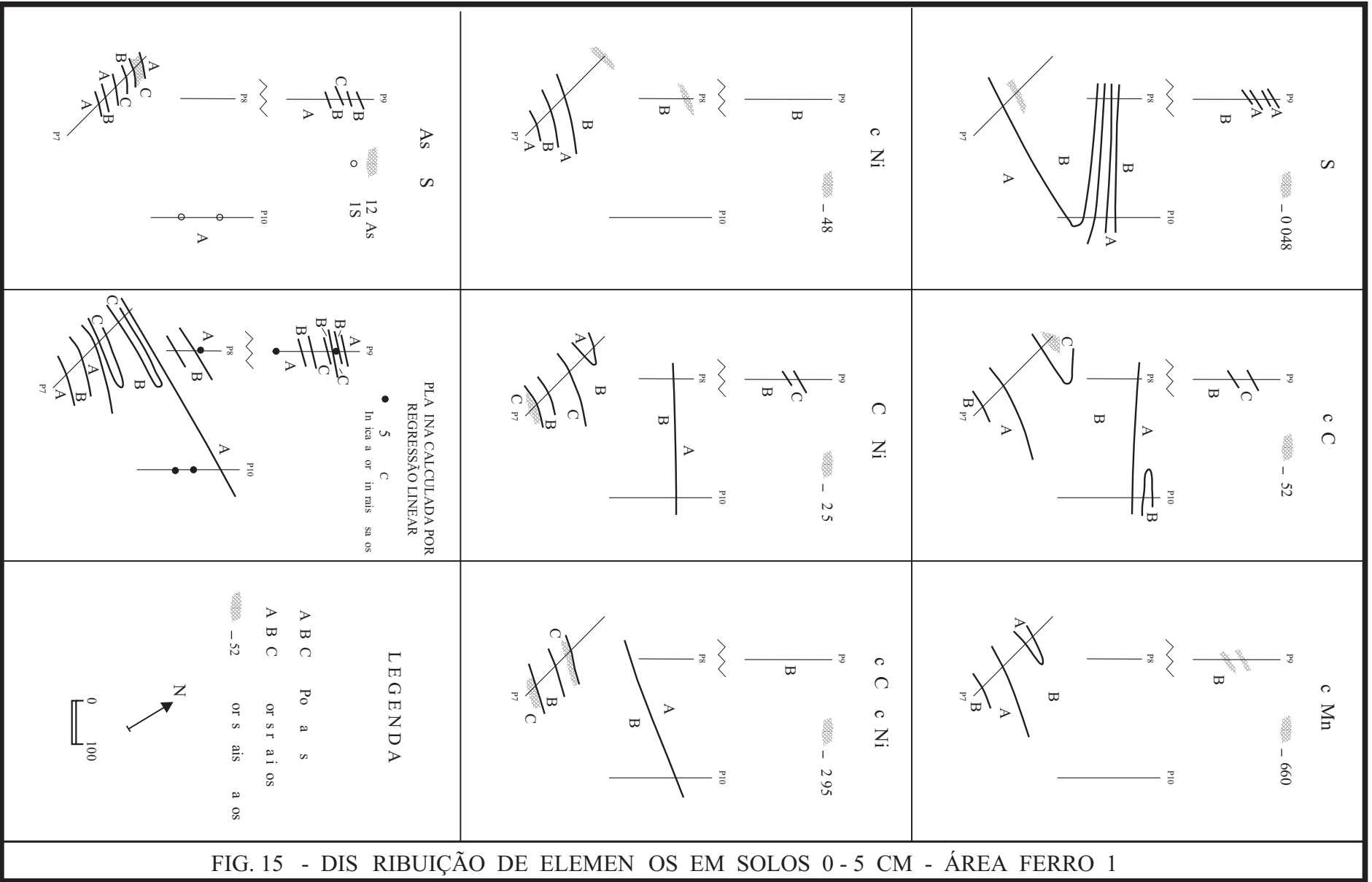


FIG. 15 - DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS EM SOLOS 0-5 CM - ÁREA FERRO 1

concentrados de bateia (fig. 20), mostra superposição equivalente apenas na porção intermediária da P7, com 3,5% Ti (valor máximo detectado na área) no nível superficial do solo, e entre 75 e 100% em peso de ilmenita no concentrado. No local mencionado não foram observados blocos de óxidos de Fe-Ti na superfície, como acontece na parte central do perfil P9, com o solo refletindo valores de até 3,3% Ti; as ocorrências de blocos e seixos dos referidos cumulos situam-se sempre no domínio da população B do titânio, como delineada no mapa - todavia, como titânio é um elemento menor comum na constituição dos minerais máficos (piroxênios e anfibólios) e estes devem estar nele enriquecidos nesta área, presume-se que a dispersão detectada não seja devida somente aos óxidos, mas também aos silicatos.

A presença de sulfetos é bem marcada pelas curvas de enxofre, que são acompanhadas pelas de cobre, cobre solúvel (como na parte norte da linha P7, com 0,04% S, 160 a 168 ppm e 49 a 73 ppm Cu) e pirita, esta menos característica em função do relativamente pequeno número de amostras analisadas mineralogicamente, e o espaçamento irregular entre elas. A constatação de que os cumulos de Fe-Ti contêm algum sulfeto associado (Nascimento, op. cit.) é comprovada pelos resultados de enxofre, cuja população B é a que ocorre nos locais onde foram encontrados os blocos e seixos dos óxidos.

7.4.2- Concentrados de Bateia de Solos 0 - 40 cm

Comparando-se as médias gerais dos elementos analisados nos concentrados de bateia e nas amostras do nível superficial dos solos - e levando-se em conta os diferentes métodos de solubilização dos materiais para as determinações geoquímicas - são verificados três comportamentos distintos: Ti, V e Cr apresentam nos concentrados das áreas Cobre 1 e 3, médias cerca de 12 a 17 vezes mais elevadas do que nos solos, e, naqueles da área-alvo Ferro 1, médias 3 a 6 vezes maiores; Co e Fe registram nos concentrados médias respectivamente 3 e 5 vezes maiores do que nas amostras de solo, em ambas as áreas-alvo investigadas, e os valores médios de Ni e Cu são semelhantes entre os dois tipos de materiais analisados de cada área-alvo. Os primeiros correspondem a elementos que formam cumulos (vanádio entra na estrutura da ilmenita) e são resistentes no ciclo intempérico; as diferenças, constantes, nas médias de Co e Fe refletem mais as diferentes intensidades dos ataques ácidos de digestão das amostras, e o comportamento de Cu e Ni indica que ambos se encontram, predominantemente, em

uma fase mineral não silicática (que é dissolvida com HNO₃ c.q.) e pesada - óxidos de ferro e sulfetos, provavelmente.

As distribuições desses elementos químicos constam das figuras 17 e 18. De maneira geral, delineiam as mesmas formas já observadas nas amostras do nível superficial dos solos.

XI- Sumário das estatísticas - concentrados de bateia de solos 0 – 40 cm

Elem.	Área	Valor		População A			População B			População C				
		mínimo	máximo	%	média	D.P.	teor limite	%	média	D.P.	teor limite	%	média	D.P.
Co	Cobre	60	385	8	69	1,23	87	54	109	1,21	151	38	218	1,33
	Ferro	35	160	14	42	1,29	64	86	93	1,37				
Cr	Cobre	225	47500	9	357	1,49	646	59	1206	1,60	2703	32	7834	2,39
	Ferro	125	1175	37	219	1,33	352	63	462	1,57				
Cu	Cobre	25	650	38	37	1,41	67	23	84	1,13	104	39	181	1,67
	Ferro	15	215	33	29	1,60	63	67	68	1,74				
Fe %	Cobre	14,3	47,8	100	25,9	1,34								
	Ferro	9,2	46,6	10	10,3	1,18	13,8	90	25,4	1,45				
Ni	Cobre	40	500	6	53	1,49	91	48	145	1,53	295	46	340	1,24
	Ferro	25	325	73	53	1,46	100	27	150	1,98				
V	Cobre	240	2300	12	429	1,47	631	73	750	1,32	1202	15	1462	1,31
	Ferro	240	1060	20	282	1,24	407	80	653	1,39				
Ti %	Cobre	2,9	17,3	11	4,4	1,43	8,2	89	10,1	1,36				
	Ferro	0,64	22,0	16	1,6	3,65	13,3	84	12,2	1,68				

Áreas Cobre = 32 amostras Área Ferro = 18 amostras

7.4.2.1- Área-alvo Cobre 1 e 3

Na área Cobre 1, a tendência ENE-WSW continua a ser marcada por Co, Cu, Ti, Ni e Cr, com as populações C de cobre e cobalto, de mais elevados teores, cortando ortogonalmente as três linhas de amostragem (P4, P5, P6) em suas porções intermediárias; níquel mostra uma zona de população A (valores inferiores a 91 ppm) em discordância aos outros elementos citados, na parte correspondente do perfil P5. A disposição das populações do níquel em concentrados confirma e é mais coerente do que nos solos 0 - 5 cm, devendo-se registrar, nesse específico local do P5, alguma variação na constituição mineralógica/litológica do substrato, não percebida pela análise de agrupamento; tal hipótese é sustentada pela detecção de micas nos concentrados de bateia do local (duas amostras com teores de 1 a 5% em peso, únicas nessa área-alvo), e a ausência de equivalentes "baixos" em Co e Cu, o que denunciaria a atuação de dispersão (lixiviação) secundária. Vanádio e titânio não apresentam a interrelação que é sugerida nos solos 0 - 5 cm,

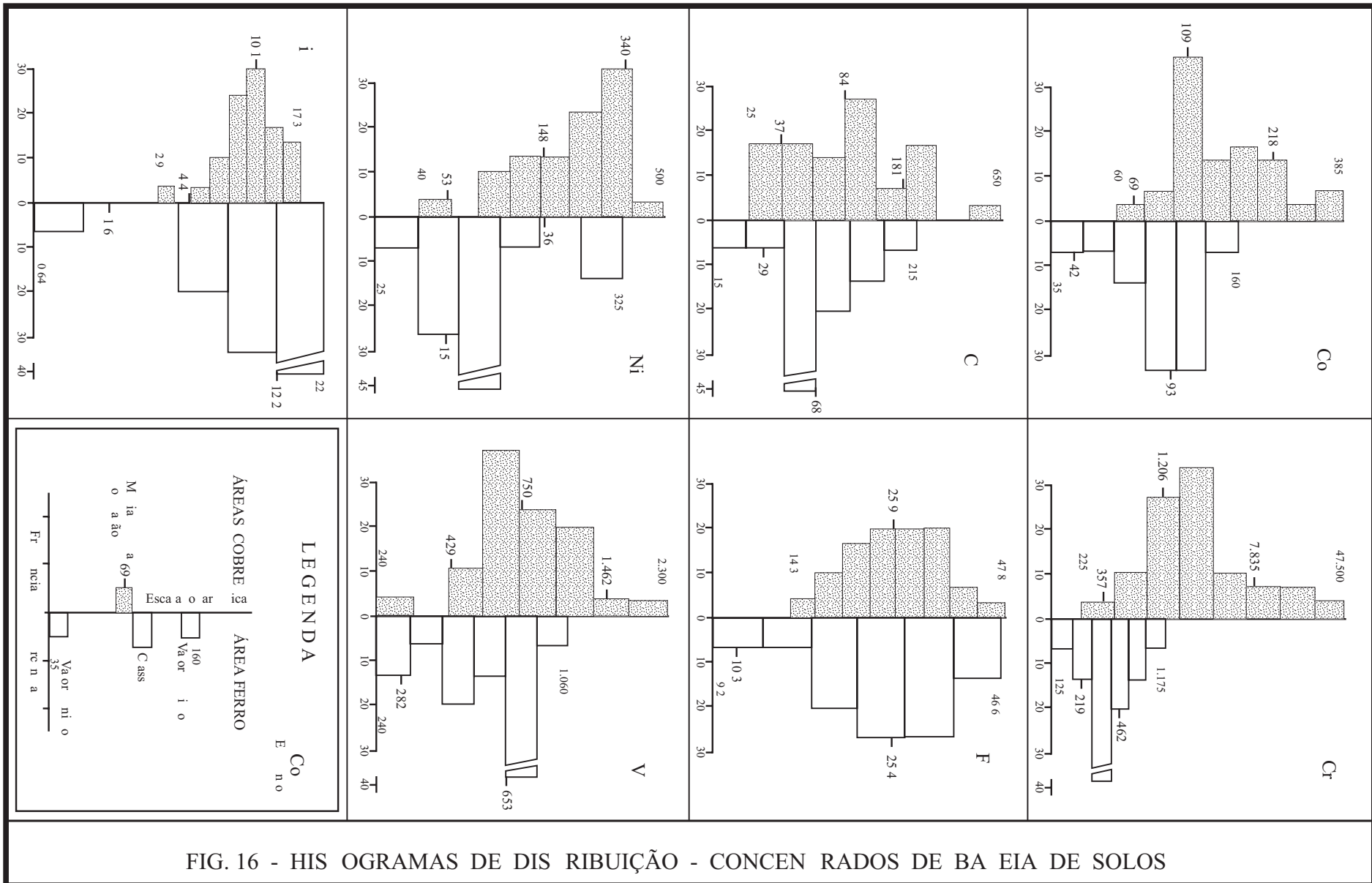


FIG. 16 - HISTOGRAMAS DE DISTRIBUIÇÃO - CONCENTRADOS DE BA EIA DE SOLOS

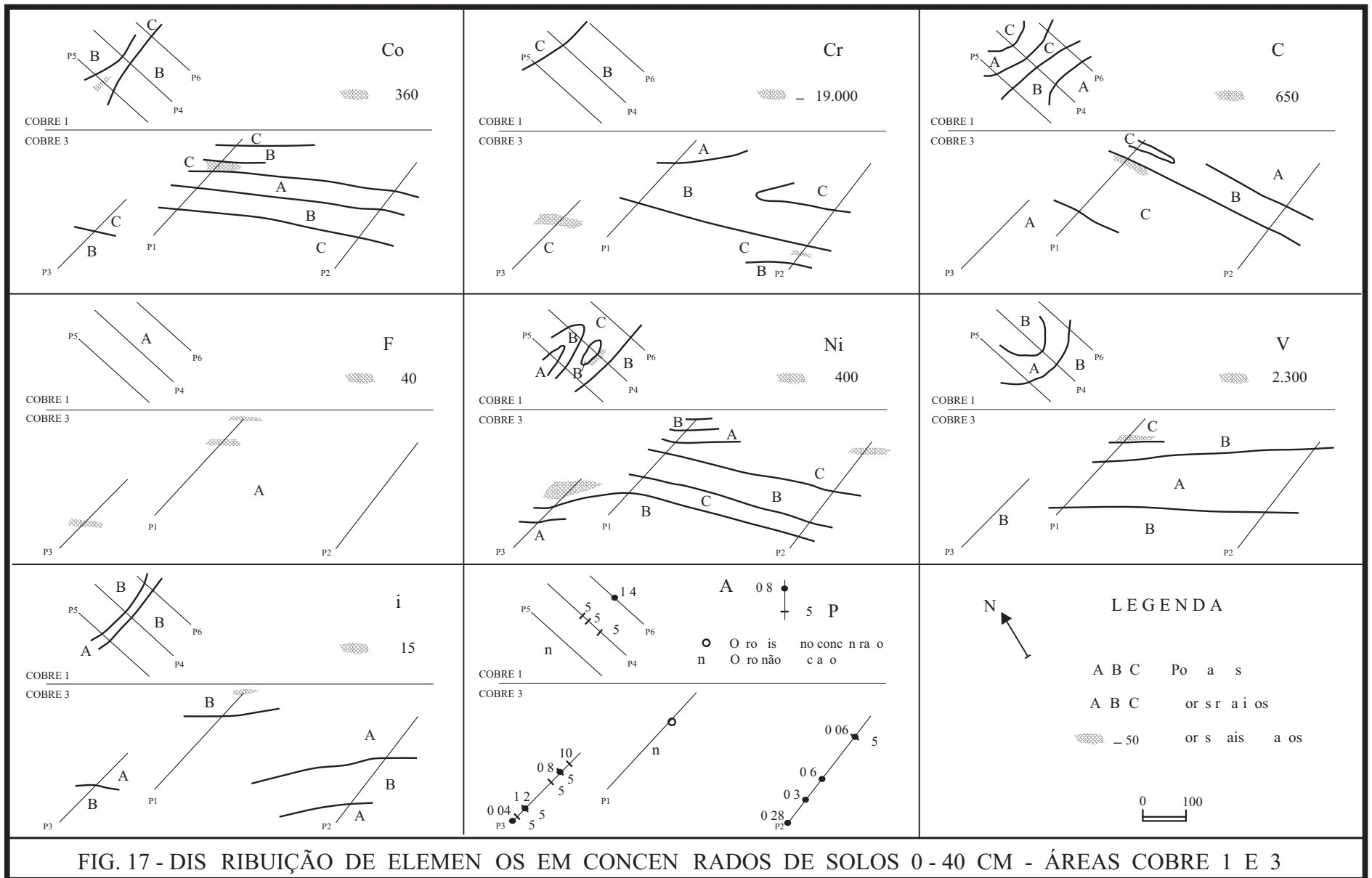


FIG. 17 - DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS EM CONCENTRADOS DE SOLOS 0-40 CM - ÁREAS COBRE 1 E 3

sendo observada uma maior curvatura no traço limite das populações do primeiro, que não conforma com os outros elementos avaliados. Ferro não apresenta qualquer definição, sendo registrada somente a população A e sem valores proeminentes.

De três amostras dessa área analisadas no CHEMEX, apenas uma apresentou o resultado definido de 5 ppb de platina; situa-se na porção intermediária da linha P4, no restrito local do grupo F encontrado pela análise de agrupamento efetuada (fig. 12). Esse indício de platina ocorre no domínio das populações de mais elevados teores de Cu, Ni e Ti nos concentrados de bateia, no local de maiores resultados para vários elementos (Co, Cr, Cu, cxCu, Mn, Ni, Zn) determinados nos solos 0 - 5 cm (já comentado no item 7.4.1.1), e a mineralogia da amostra do concentrado, relativamente às demais, é caracterizada por abundantes (5 a 25%) piroxênio e óxidos de ferro, clorita (1-5%) e por concentração mediana em pirita (<1% em peso). Foi também detectado um resultado de 1,4 ppm de ouro, na porção intermediária da linha P6, que coincide com as faixas de população C de cobre e níquel e A de vanádio nos concentrados, teores muito elevados de cromo em solos e situa-se no limite entre as faixas de maior concentração de anfibólios e óxidos de ferro.

Na área Cobre 3, similarmente ao determinado para os solos do nível superficial, a distribuição das populações de Co, Ni, Cr, Ti e V nos concentrados dispõe-se segundo a direção WNW-ESE, e cobre alinha-se NW-SE. Merecem destaque as elevadas concentrações de cromo e níquel (respectivamente acima de 19.000 ppm e 400 ppm) detectadas na porção norte da picada de amostragem P3, acompanhados pela população de mais altos teores do cobalto; nas amostras do nível superficial do solo dessa zona são observados enriquecimentos em Co, Cr, Fe, Mn, Ni, As e Sb (acima de 10 ppm para arsênio e 1 ppm de antimônio) e na análise mineralógica de dois concentrados foi constatada a presença, relativamente abundante, de cromita, magnetita e piroxênio, e ainda os minerais de metamorfismo epidoto e andaluzita. Estes múltiplos indícios apontam para a ocorrência de uma rocha ultramáfica (piroxenito ?) em lentes (de conformidade com o estabelecido para o grupo D da análise de agrupamento) e contendo cumulado cromitífero, que sofreu ou tem relação espacial com a atuação possivelmente de processos metamórficos (andaluzita-epidoto) e hidrotermais (epidoto - As e Sb); provavelmente como consequência desse contexto houve concentração de platina, pois nesse local foram detectados dois resultados definidos (de 6 amostras dessa área encaminhadas ao CHEMEX), sendo um o mais elevado para o metal, de 10 ppb Pt, além de ouro contribuindo com 0,8 ppm. A presença de sulfetos não é significativa, haja vista

a ausência de cobre e enxofre cujo registro é apenas das respectivas populações A, e a fraca resposta de pirita (<5% em peso) nos concentrados.

As distribuições de titânio e vanádio são praticamente coincidentes, ao se considerar o pequeno desvio deste último em função da morfologia do terreno. Finalmente, em várias amostras ouro foi detectado pela análise geoquímica, em teores de 0,06 a 1,20 ppm e, em uma amostra da linha P1 (que revela também os resultados mais elevados de cobre e cobalto, além de pirita e óxidos de ferro), foi observado no exame mineralógico; tendo em vista que seus resultados são esparsos, não se consegue estabelecer possíveis relações com outros elementos.

7.4.2.2- Área-alvo Ferro 1

A estruturação das populações dos elementos avaliados nos concentrados de bateia nessa área é bem menos característica, sugerindo uma direção preferencial WNW-ESE entre as linhas de amostragem P7 e P10; tal atitude é oblíqua (ângulo em torno de 20 graus) em relação àquela determinada nos solos 0 - 5 cm e à faixa anômala em IP mencionada (item 7.4.1.3). Entre as linhas P8 e P10 não há indicações que confirmem a disposição predominante E-W revelada por alguns elementos nas amostras do nível superficial dos solos. O desvio de atitude das populações entre P7 e P10 pode ser explicado por um mecanismo da dispersão secundária: por ocasião de chuvas torrenciais (que acontecem eventualmente na estação chuvosa), os minerais pesados e a fração leve existente na superfície do solo são carregados para as zonas mais baixas do terreno, sendo os pesados ali depositados e os leves prosseguindo em suspensão até as drenagens próximas; na estação seca, a superfície do solo é reconstituída nesses componentes devido a homogeneidade do perfil, e é conservado o halo de dispersão clástica dos minerais pesados nas baixadas. O sentido de inclinação das encostas nessa área (fig. 8) se presta, pelo processo referido, a resultar nas distribuições comentadas, corroborando as observações de Nascimento (op. cit.), de dispersão mecânica mesmo em terrenos de pequena declividade nessa região. É digno de nota que tal forma/processo de dispersão não seja verificado na área-alvo Cobre 1 e 3, cujo relevo é mais acentuado; provavelmente por esse motivo, na época das chuvas as condições hidrodinâmicas superficiais são mais intensas, e os minerais pesados não permanecem retidos nas depressões, sendo levados por arrasto ou saltação até as drenagens. Por outro lado, as deduções derivadas do estudo dos agrupamentos (item 7.3) são ainda coerentes, uma vez que o processo

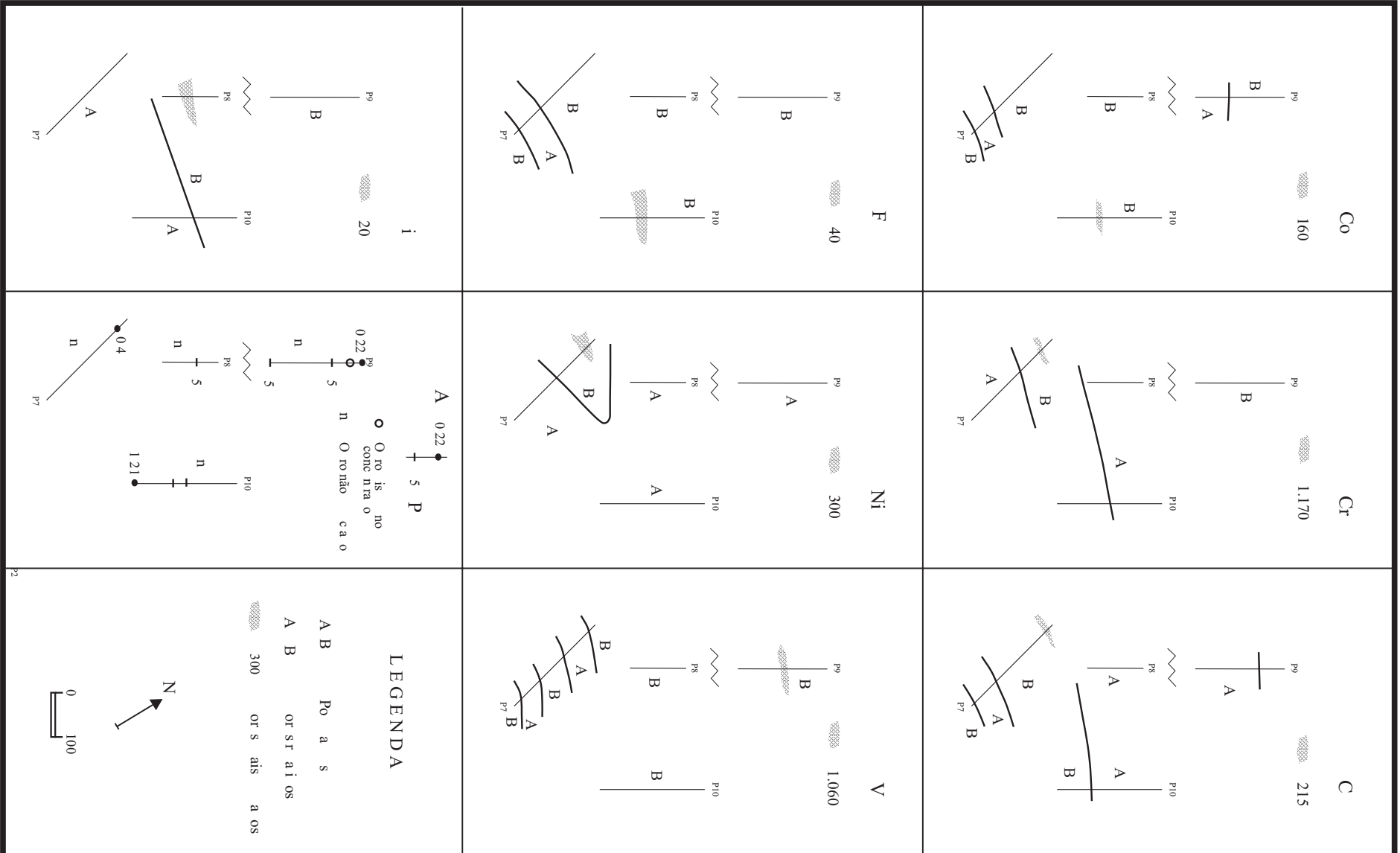


FIG. 18 - DIS TRIBUIÇÃO DE ELEMEN OS EM CONCEN RADOS DE SOLOS 0-40 CM - ÁREA FERRO 1

aventado é como que uma "raspagem" e eliminação da lâmina superficial do solo, enquanto que a análise estatística mensurou as possíveis diferenças devidas a processos menos drásticos de dispersão, em especial a mobilização hidromórfica.

As relações percebidas pelo exame das distribuições são entre cromo e níquel, cujos valores mais elevados (1.170 ppm e >300 ppm, respectivamente) ocorrem nas amostras quase no extremo norte da linha P7, com um valor extremo, de 215 ppm de cobre, pouco deslocado; há paralelismo entre as curvas de cromo e cobre, e divergência de ambos com aquelas apresentadas pelo níquel. As distribuições populacionais de cobalto e ferro são equivalentes, exceto no perfil P9, deslocado mais a norte na área; titânio e vanádio distribuem-se desigualmente, e o primeiro só é seguramente relacionado com os blocos e seixos de óxidos de Fe-Ti observados sobre os solos na porção intermediária da P8, onde os teores ultrapassam a 20% Ti, mas as concentrações de ilmenita por bateia são apenas moderadas (de 5 a 25% em peso). É interessante notar que em todas as picadas de amostragem desta área-alvo esses fragmentos de cumulos associam-se a valores extremos de diferentes elementos - na linha P7 com cromo e níquel e na P8 com titânio, já mencionados, na P9 com resultados de 1060 ppm de vanádio, e na porção intermediária da P10 com valores de 160 ppm de cobalto e acima de 40% de ferro - com exceção das regiões norte e sul da linha P10; esse aspecto é muito sugestivo da existência de importantes variações composicionais dos oxi-cumulos nessa região, o que ainda não foi objeto de estudo ou verificação.

Todas as cinco amostras de concentrados de bateia dessa área encaminhadas ao laboratório CHEMEX forneceram resultados inferiores a 5 ppb de platina. Ouro foi detectado em três amostras, em três linhas distintas, com teores de 0,22, 0,40 e 1,21 ppm Au, que não guardam relações visíveis com os elementos químicos estudados; na amostra logo a sul daquela de menor valor, na porção norte do perfil P9, um grão desse metal foi observado na análise mineralógica. Nesse local são verificadas as maiores abundâncias de anfibólios (50-75%) e pirita (5-25% em peso), e na amostra foram identificados ainda zircão, rutilo, epidoto e micas.

7.4.2.3- Minerais Pesados

Nos itens anteriores já foram abordadas as relações entre as distribuições dos elementos químicos e os resultados das análises mineralógicas que, por terem sido efetuadas em apenas 40 amostras de concentrados de bateia e sem disposição regular, não

permitem o traçado minucioso das curvas limítrofes entre distintos níveis de abundâncias relativas.

Em ambas as áreas (no alvo Ferro 1 com menor definição), as curvas de isotores dos minerais conformam-se, de maneira geral, às direções mencionadas na descrição do comportamento dos elementos químicos, o que também é percebido no exame da distribuição do peso dos concentrados, classificado em três faixas arbitrárias.

O exame visual da disposição dos minerais pesados nenhum subsídio traz à determinação de paragêneses, devido a falta de resolução das curvas; nota-se, de sugestivo, apenas uma tendência de relacionamento inverso (ou negativo) entre magnetita e anfibólios, nas duas áreas-alvo.

Chama atenção a presença de grãos de cassiterita (confirmada por reanálise) nas porções norte dos perfis de amostragem P1 e P2 (área Cobre 3), nesse contexto máfico-ultramáfico e ainda associada a cromita (<1%) na amostra da linha P1. Índícios de apófises ácidas nas rochas do complexo foram observados durante a amostragem da linha P2, e as referidas ocorrências de cassiterita apontam a influência de "graisens" ou pegmatóide(s) granítico(s), proveniente(s) de granitos intrusivos próximos.

As três amostras com resultados definidos de Pt (SF-42, 44 e 61 com respectivamente 10, 5 e 5 ppb Pt) tiveram comparados seus constituintes minerais pesados com as análises mineralógicas dos demais 37 concentrados de bateia, à procura de indicações positivas de sua presença.

As amostras acima referidas possuem as seguintes características em relação às demais:

- Magnetita = concentrações de 25 a 75% (intermediárias)
- Ilmenita = concentrações de 5 a 25% (intermediárias)
- Piroxênios = concentrações de 5 a 25% (mais elevadas)
- Anfibólios = concentrações de 5 a 50% (intermediárias)
- Pirita e Micas = concentrações menores de 1% (baixas)
- Rutilo, Apatita, Anatásio = ausente a traços
- Granada, Zircão, Monazita = traços
- Ouro, Cromita = ausentes
- Titanita, Epidoto, Leucoxênio, Ox.Ferro, Clorita = variáveis

Embora apenas 4 amostras do conjunto de 14 concentrados analisados no laboratório CHEMEX tenham análise mineralógica, e a comparação acima tenha sido feita sem se saber dos teores reais de Pt nas demais amostras (inferiores a 30 ppb Pt), o quadro sugere que um concentrado contendo altos teores em piroxênio e intermediários em magnetita, ilmenita e anfibólio teria maior possibilidade de conter platina.

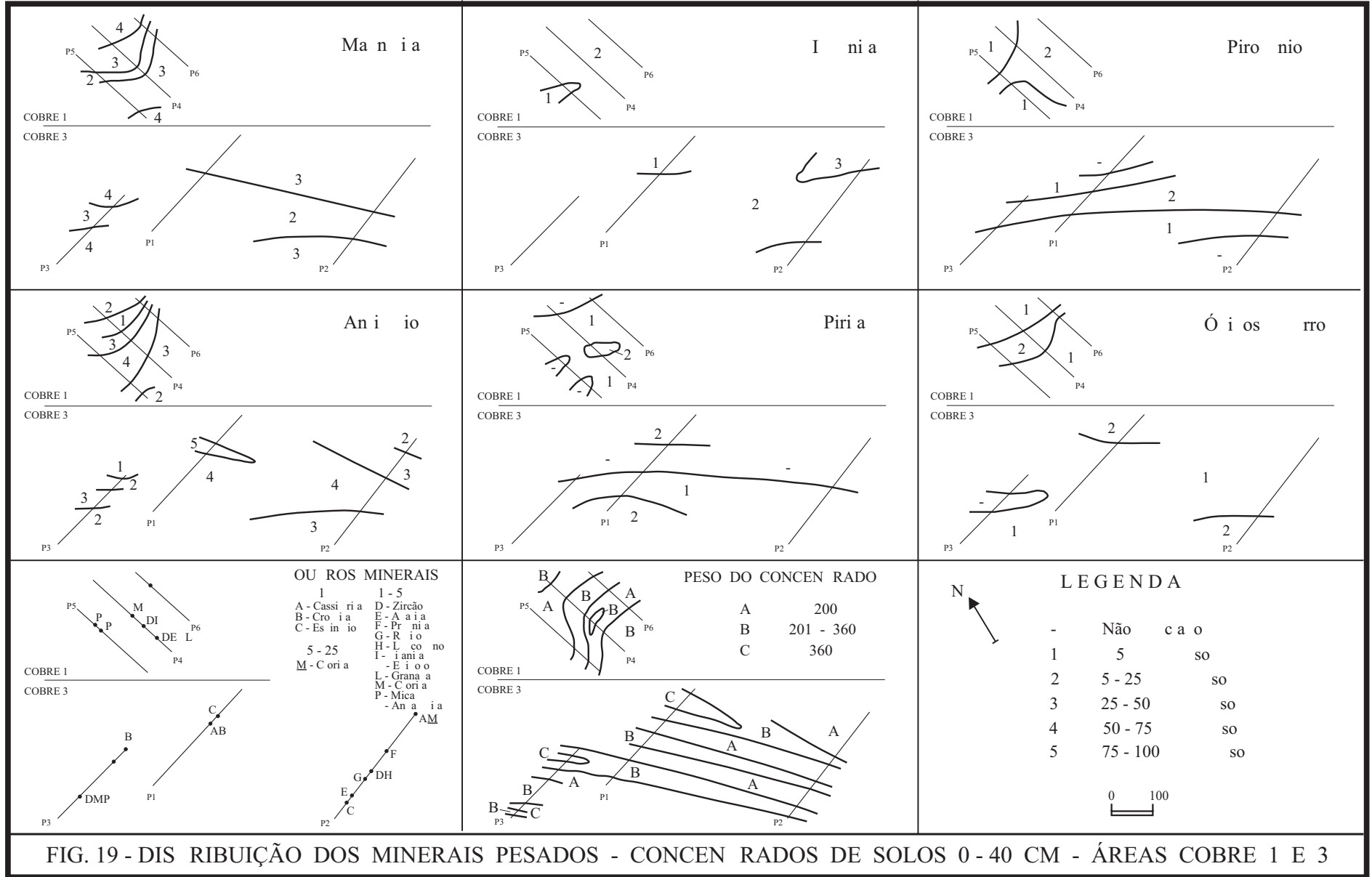


FIG. 19 - DIS TRIBUIÇÃO DOS MINERAIS PESADOS - CONCEN RADOS DE SOLOS 0 - 40 CM - ÁREAS COBRE 1 E 3

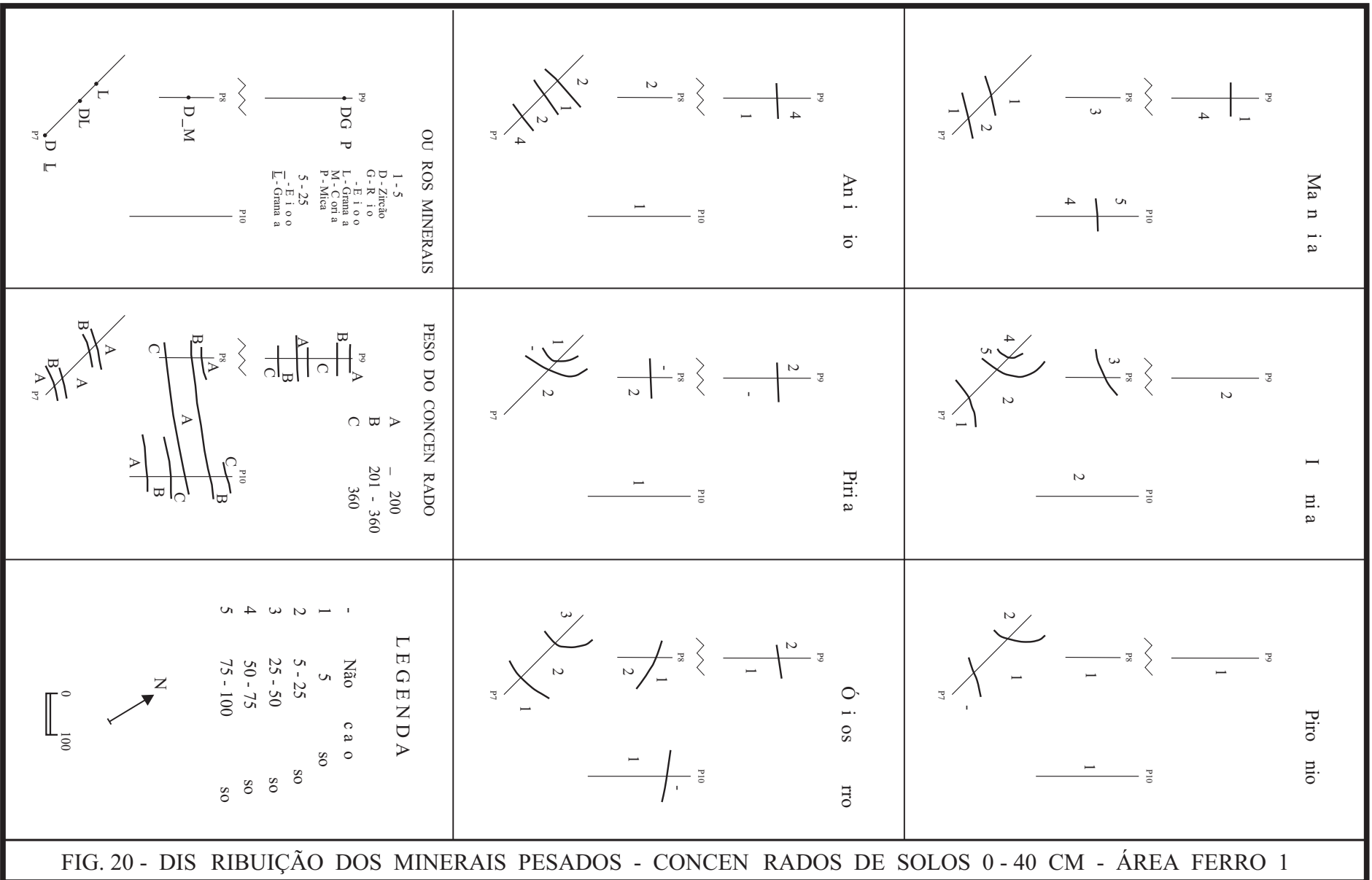


FIG. 20 - DIS RIBUIÇÃO DOS MINERAIS PESADOS - CONCEN RADOS DE SOLOS 0-40 CM - ÁREA FERRO 1

Comparativamente, Page et alii (1972 ?) correlacionam Pt com magnetita, cromita, ilmenita quando proveniente de dunito ou piroxenito, e Pt com calcopirita, magnetita, bornita quando proveniente de hornblendito, gabro, piroxenito, no Alaska; Smirnov (1976) lista olivina, piroxênios, espinélios de cromo, magnetita, granadas e anfibólios como minerais associados a PGM em "placers", citando que ilmenita e Ti-magnetita chegam até a concentrações econômicas.

A ausência de valores definidos de PGE naquelas amostras de concentrado de bateia que contém de 5 a 25% em peso de pirita, faz crer que inexistente uma associação mineralógica primária entre esses elementos e os sulfetos, ou a mesma foi mascarada por processos supergênicos.

7.5 - ESTUDO DAS CORRELAÇÕES E REGRESSÃO LINEAR

7.5.1- Correlações

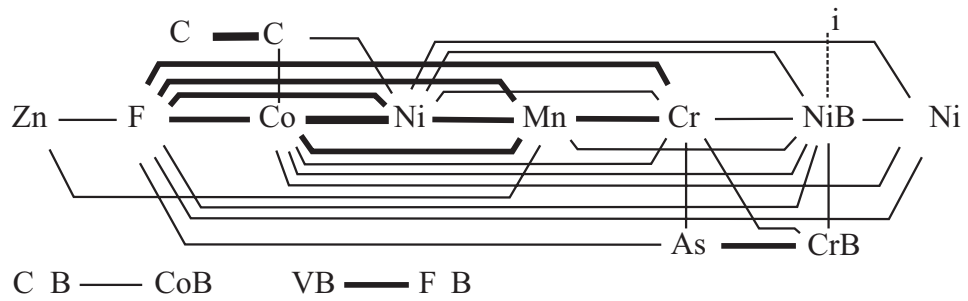
As associações gerais verificadas entre os elementos nos concentrados de bateia de solos e nas amostras do nível superficial dos solos compõem os diversos esquemas apresentados na figura 21. Um primeiro aspecto a destacar é a inexistência de fortes correlações entre mesmos elementos nos dois tipos de materiais amostrados, exceto para níquel: nas amostras das áreas Cobre há uma tendência inversa na relação Co (solo) - Co (concentrado) e Fe (solo) - Fe (concentrado), e ausência de correlação (coeficiente próximo a zero) para o par Ti (solo) - Ti (concentrado); nas amostras da área Ferro, todos os coeficientes de correlação determinados foram positivos, embora com valor baixo.

Os diferentes métodos de digestão das amostras (HNO_3 c.q. nos solos e $\text{HNO}_3 + \text{HF} + \text{HClO}_4$ nos concentrados), conjugados a diferenças na mineralogia pela presença da fração leve (especialmente argilas e minerais alterados) nos primeiros, são responsáveis por esse comportamento.

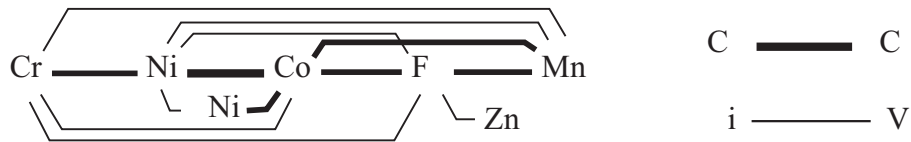
As interrelações expressas nos esquemas 21a e 21d são complexas, e a montagem dos conjuntos associando os dois materiais causa o aparecimento de correlações, entre os elementos nas amostras do nível superficial dos solos, que ocorrem somente em um nível de relacionamento inferior e de menor significância, como por exemplo os pares As - Cr e As - Fe no gráfico 21a e S - As no gráfico 21d, que não são observados em 21b e 21e respectivamente. As ligações que persistem, nesses gráficos mistos, são aquelas

FIG. 21 - GRÁFICOS DE CORRELAÇÃO

a- Concentrações dos elementos Co r - 30 anos



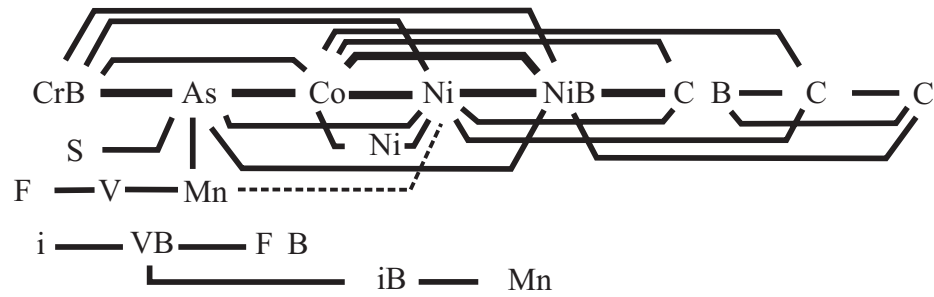
- So os as r as Co r - 96 anos



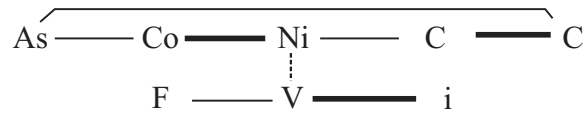
c- Concentrações da ía as r as Co r - 30 anos



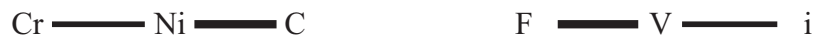
- Concentrações dos elementos a r a F rro - 14 anos



- So os a r a F rro - 46 anos



- Concentrações da ía a r a F rro - 15 anos



CORRELAÇÕES SIGNIFICATIVAS — 0,85 — 0,85-0,71 — 0,70-0,55
 In r a o 0,70-0,55 ara n ro a os ras 30
 Corra s in rsas

... ra ão co c ...B an is conc n ra o a ía

observadas entre os concentrados e os solos do nível superficial: nas áreas Cobre, arsênio nos solos associa-se a cromo nos concentrados (CrB) e a família de ascendência máfica Cr-Ti-Co-Fe a níquel em concentrados. Na área Ferro, arsênio relaciona-se a cromo e níquel nos concentrados que, também, ligam-se respectivamente a níquel e cobalto-cobre; cobalto e níquel (solos) encontram-se associados a cobre (concentrados), titânio e manganês (AA/HCl) nos solos respectivamente a vanádio e titânio nos concentrados de bateia.

Os elementos avaliados nos solos das áreas Cobre (fig. 21b) ligam-se consistentemente em uma família característica Cr-Ni-Co-Fe-Mn, indicadora de minerais liberados/alterados de rochas ultramáficas e máficas. O par Ti-V, de mesma afinidade, revela no entanto um relacionamento inverso com o agrupamento anterior (coeficientes ao redor de -0,3), excetuando o zinco, com o qual é positivo; aparentemente, esse par de elementos deriva do mineral acessório esfeno, com possível participação também de rutilo e ilmenita. O zoneamento divergente entre o ferro (representando a primeira associação) e o titânio é claramente percebido comparando-se os mapas de suas distribuições, na figura 15a e particularmente na área Cobre 1. Já os concentrados de bateia da mesma área mostram associações mais especializadas, como Fe-V da magnetita, Cu-Co principalmente da hornblenda e talvez alguma participação da pirita; o par Ni-Cr é proveniente de piroxênios, e sua relação inversa com o titânio conforma com o citado anteriormente para as correlações das amostras do nível pedológico superficial.

Nos solos da área Ferro (fig. 21e) destaca-se a família Ni-Co-As-Cu, que evidencia uma associação entre fases minerais específicas, derivadas das rochas máficas. A presença do arsênio é complicadora para sua correta caracterização, uma vez que não se liga com o ferro ou com enxofre (coeficientes de correlação respectivamente de -0,23 e +0,34); no entanto, As no solo deve ocorrer em limonita e/ou pirita, e a falta de correlação com os elementos citados é motivada pela não-coincidência entre seus locais de maior concentração nos perfis amostrados. Tal fato é comprovado ao se examinar as distribuições de As, S e Fe nas figuras 16a, b, e a de óxido de ferro no mapa de minerais pesados (fig. 20), especialmente no perfil P7, enquanto que o mapa de pirita não é elucidativo. Níquel, cobre e cobalto dessa família provavelmente derivam dos minerais piroxênios e anfibólios.

Uma segunda família, Fe-V-Ti, mostra um relacionamento inverso com a primeira, e é característica dos óxidos que ocorrem neste alvo.

As correlações observadas entre os elementos avaliados nos concentrados de bateia (fig. 21f) espelham com fidelidade aquelas já comentadas acima; as duas famílias,

Cr-Ni-Co e Fe-V-Ti, conservam o mesmo relacionamento inverso, embora com menores valores dos coeficientes de correlação.

Face ao pequeno número de amostras consideradas no cálculo das correlações e, ainda, que a maior parte dos resultados de platina foi inferior a 5 ppb, as relações expressas na figura 22 são meramente indicativas e podem não representar com fidelidade o comportamento desse metal nas áreas investigadas. As correlações de platina com os elementos avaliados nos concentrados de solos e no nível superficial dos solos correspondentes (fig. 22a) mostram uma relação principal com ouro-arsênio, cromo e ferro, estes ramificando-se para Mn, Co e Ni. Em gráficos cartesianos gerados pelo programa BIPLLOT do GEOQUANT, que não encontram-se aqui representados, as melhores relações da platina nos dois conjuntos examinados são com arsênio e ferro, secundados por ouro, níquel, cobalto e cromo. O primeiro par de elementos (Au e As) indica uma ascendência hidrotermal, de paragênese restrita pela ausência de ligações significantes com o cobre em ambos os materiais e com o zinco e enxofre nas amostras do nível superficial, em que pese as possíveis variações devidas a dispersão em condições supergênicas (pirita e pirita oxidada foram identificadas na maioria das amostras de concentrados de bateia); os demais elementos da associação são compatíveis especialmente com rochas piroxeníticas, uma vez que este mineral (piroxênio) os possui normalmente na estrutura cristalina.

As correlações inversas são pouco elucidativas, sugerindo apenas que a distribuição da platina não sofre influência no ambiente secundário, representado pelo manganês extraído com HCl a frio (xMn).

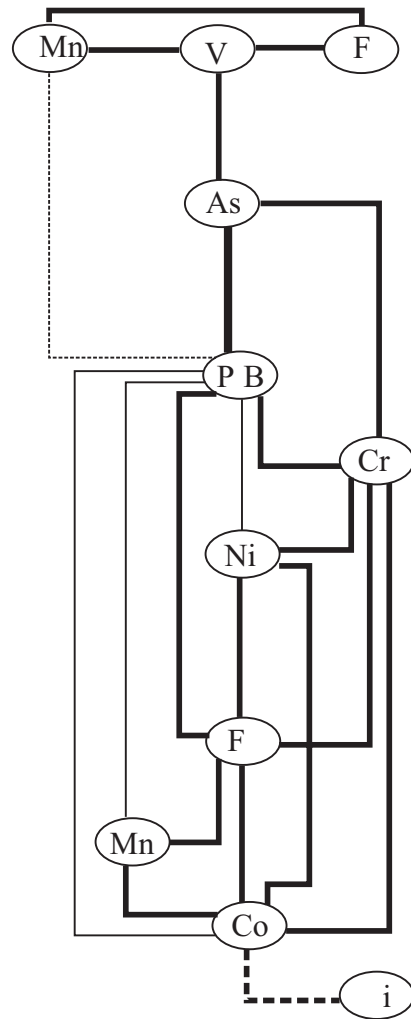
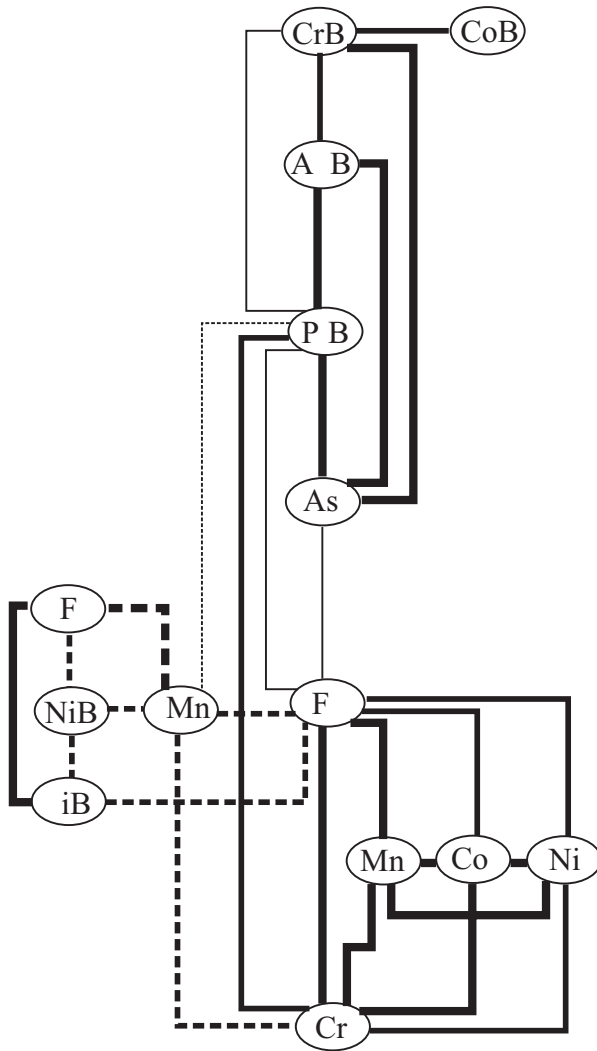
O gráfico 22b, platina nos concentrados e demais elementos nos solos do nível superficial, espelha fielmente as relações anteriormente descritas, embora com diminuição no valor dos coeficientes; revela com esse comportamento grande identidade geoquímica entre os dois materiais amostrados, o que implica também em maior segurança nas determinações da análise de agrupamento (item 7.3) efetuadas.

Tal quadro permite presumir que a platina, em suas maiores concentrações detectadas (e que influenciam efetivamente o coeficiente de correlação), seja principalmente derivada de algum processo de segregação/enriquecimento juntamente com ouro e arsênio; os demais elementos aparentam ser representantes de um elo primário (litológico), impressão esta que se acentua ao se considerar todas as interrelações com coeficientes mais baixos, não representadas por dificultar a legibilidade da figura.

FIG. 22 - GRÁFICOS DE CORRELAÇÃO COM PLA INA

a- 6 a os ras conc n ra os
so os corr s on n s

- 14 a os ras conc n ra os
ana isa as ara P C
so os corr s on n s



Si ni ic ncia 0 73
 ————— 0 91
 ————— 0 82 a 0 91
 ————— 0 73 a 0 81 s P
 - - - - - In rsa

Si ni ic ncia 0 46
 ————— 0 90
 ————— 0 72 a 0 90
 ————— 0 46 a 0 71 s P
 - - - - - In rsa

...B r s a o conc n ra o a ia
 ... ra ão co HC a rio

A par dessa sugestão de processo epigenético endógeno, não é descaracterizada a atuação única do ambiente exógeno ou a combinação de ambos, pelas deduções consistentes sobre a relação As-Fe-óxidos de ferro nas amostras da área Ferro e também nas áreas Cobre, a um menor grau de significância.

Em âmbito mundial as correlações de PGE com outros elementos têm sido estudadas quase que exclusivamente em rochas, e são amplamente variáveis; com maior frequência, e em diversas tipologias de jazimentos, somente apresentam relacionamento interno ao próprio grupo (Page et alii, 1982 e 1986; Dillon-Leitch et alii, 1986; Cowden et alii, 1986; Rowell & Edgar, 1986; e outros). O par platina-ouro ocorre com certa frequência, como no Merensky reef (Lee, 1983) e nos sulfetos da parte gabróica do complexo Lac des Iles (Brugmann et alii, in: CPRM-DEPES, 1991), fazendo parte de uma associação mais geral que contém ainda, caracteristicamente, Ni, Cu e S, além de outros elementos subsidiários; já a ligação platina-ferro e/ou cromo aparenta ser derivada da rocha hospedeira (e não de mineralização sulfetada como acima), como determinado por Page et alii (1972) em ultramáficas no Alaska: Pt-Cr-Fe de encaixante dunítica, Pt-Fe-V e Pt-Fe-Ni de hornblendito/piroxenito.

A correlação de platina com arsênio, por sua vez, é citada raramente na bibliografia, apesar de esperrilita ($PtAs_2$) ser um mineral comum e relativamente abundante entre os PGM. Tal relação inexistente nos sulfetos de Lac des Iles e no depósito Donaldson West, em sill ultramáfico, ambos no Canadá (respectivamente Brugmann et alii e Dillon-Leitch et alii, op. cit.); ocorre todavia no jazimento de PGE hidrotermal de New Rambler, no Wyoming – USA (McCallum et alii, 1976).

Essas informações, embora esparsas na ampla literatura sobre PGE, dão conta da aparente existência de certos padrões associativos desses elementos no ambiente primário. Comparativamente, as relações anteriormente descritas para os solos da área investigada sugerem haver mistura ou diversidade de ascendências; não há, entretanto, possibilidade de rastreá-las com segurança até a(s) origem(ns), devido ao pequeno número de valores definidos de platina, estar-se lidando com amostras de material secundário e a ausência quase total de informações metalogenéticas sobre PGE no complexo Canindé.

7.5.2- Regressão Linear

A regressão linear "stepforward" simples efetuada, determinou a um nível de significância de 0,05 somente o elemento arsênio como variável independente, confirmando a forte correlação já observada. A equação resultante tem a forma:

$$\text{Platina (calculada)} = 2,7771 + 0,5606 \text{ As} \quad (\text{a})$$

O erro-padrão da estimativa dos valores de platina com a equação acima é igual a 0,58, e a percentagem da soma dos quadrados explicada da variável dependente atinge 90,1%.

A regressão forçada para a origem (sem a constante da equação), ao mesmo nível de significância, incluiu os elementos ferro e titânio (em percentagem) além do arsênio:

$$\text{Pt (calculada)} = 0,3935 \text{ Fe} + 0,4981 \text{ As} + 0,7093 \text{ Ti} \quad (\text{b})$$

As características dessa regressão são erro-padrão de 0,70, tendo a quase totalidade da variância da variável dependente explicada (98,1%).

Com base na equação (b), foram gerados valores calculados para a platina para todas as amostras dos perfis amostrados, e a seguir processado, com esses dados, o programa de partição de populações PROBPLOT. Para cada área estudada, a melhor solução obtida foi pela representação de três populações de dados, com as seguintes estatísticas:

XII- Populações de Pt calculada por Regressão Linear

População	% dos dados		média geométrica(ppb)		desvio geométrico	
	Cobre	Ferro	Cobre	Ferro	Cobre	Ferro
A	25	45	2,36	2,87	1,204	1,130
B	70	45	3,78	3,67	1,206	1,110
C	5	10	7,56	5,42	1,356	1,222

A distribuição dessas populações consta nos mapas do nível superficial dos solos (figuras 14b e 15b), juntamente com a locação das estações com resultados definidos (5 e 10 ppb Pt) do laboratório CHEMEX e aquelas sugeridas como potenciais pela associação mineralógica (item 7.4.2.3).

O exame das distribuições das populações de valores calculados para a platina torna evidente que, a despeito da regressão linear englobar também os elementos ferro e titânio, fundamentalmente espelham o arranjo do arsênio, sendo válidas as considerações gerais efetuadas para este elemento em ambas as áreas-alvo; na porção sul do alvo Ferro 1, onde a disposição de arsênio não é bem definida, há uma nítida associatividade entre

a platina calculada e as distribuições de Co, Cu e Ni. De interesse, os indícios de incompatibilidade com enxofre e presença de pirita nos concentrados, já sugerida anteriormente, são confirmados.

Constata-se também a falta de relação entre a população C dos valores calculados de platina e os locais com as associações mineralógicas consideradas favoráveis pelo estudo comparativo - estas ocorrem em domínio das populações A e B em ambas as áreas-alvo e, por conseguinte, não são indicativas de possíveis enriquecimentos do metal.

8- DISCUSSÃO

Como anteriormente comentado, todos os resultados analíticos para os elementos do grupo da platina (Pt, Pd, Ir, Rh, Ru), nos concentrados de bateia de solos, ficaram abaixo do limite de sensibilidade. Reanálises para Pt, Pd e Rh em 11 dessas amostras e em três outras, do mesmo material no CHEMEX Laboratories (USA), confirmaram os valores originais e registraram, somente para platina, três resultados definidos (10 ppb e dois de 5 ppb Pt), e os restantes abaixo da sensibilidade de 5 ppb Pt.

Em confronto com as abundâncias médias na litosfera e em rochas ultramáficas (tab. III - veja também a tabela 4 de St. Louis et alii, 1986), bem como nos solos delas derivados, fica patente que os teores de PGE detectados nas amostras são anormalmente baixos, e a causa desse fenômeno pode residir em um ou mais dos seguintes fatores: a) tipo de material amostrado para a investigação, e procedimentos seguidos para sua coleta; b) metodologia adotada durante a preparação para a análise do material; e c) fatores geológicos particulares e inerentes ao local ou à região.

Tais aspectos podem ser analisados comparativamente com as referências encontradas na literatura sobre a matéria, no intuito de verificar-se a adequação ou não dos procedimentos aplicados neste trabalho e procurar definir, com maior propriedade, em qual dos fatores recai, provavelmente, o maior peso dos baixos resultados em PGE obtidos:

8.1- MATERIAL COLETADO E AMOSTRAGEM

Amostras de solo usualmente fornecem bons resultados na prospecção geoquímica de PGE, seja através dos próprios elementos ou indicadores (Fuchs & Rose, 1974; Conn, 1979; Riese & Arp, 1986; Coker et alii, 1989 - vide item 3.8.2.1), embora em alguns casos os contrastes sejam baixos (pico de 23 ppb Pt em "background" igual e inferior a 10 ppb no horizonte C de solos pouco desenvolvidos, sobre a ocorrência de PGE hidrotermal de Gingerload, Nevada, USA), e as anomalias levemente deslocadas em função da topografia (Lechler & Hsu, 1990).

Fundamentalmente, a maior ou menor mobilidade/dispersão desses elementos no ambiente superficial depende da forma de ocorrência primária, maior se for alteração a

partir de paragênese sulfetada (sulfetos, arsenietos, biteluretos etc., de platina) e menor quando ocorre como ligas metálicas.

Em relação a um possível processo de lixiviação desses elementos dos solos, verifica-se que em condições ácidas, boa drenagem e relativamente elevadas concentrações especialmente de cloro e amônia, platina pode formar compostos complexos, que se mantêm estáveis em soluções aquosas e podem conseqüentemente migrar (Fuchs & Rose, op. cit.; McCallum et alii, 1976; Cousins & Kinloch, 1976; Beus & Grigorian, 1977; Freise, 1980a).

Tais condições ambientais não prevalecem nos solos das áreas pesquisadas: o clima (seco 7 a 8 meses por ano) e sua constituição argilosa implicam em sazonal e fraca percolação d'água, e o pH é levemente ácido a francamente alcalino (6,6 a 8,4 - Nascimento, 1984). Não há informações sobre a concentração de cloro nos solos locais, estimando-se que seja mínima em função da constituição do substrato litológico (abundância média de 50 ppm Cl em rochas máficas e ultramáficas) e a ausência de eflorescências ou acúmulos salinos no perfil pedológico; a pluviosidade, embora baixa, é suficiente para remover os elementos de maior mobilidade supergênica. Entretanto, deve-se considerar a possibilidade, remota, de significativa atuação de percolações aquosas contendo cloro (e outros ânions como o flúor) derivadas de produtos hidrotermais e residuais dos granitos vizinhos.

Por outro lado, certas ligas de PGE e Pt com ferro são resistatos, e há evidências de que grãos de PGM podem crescer ou agregar no ambiente superficial (Cousins & Kinloch, op. cit.; Ottemann & Augustithis, 1967; Fuchs & Rose, op. cit.; Freise, op. cit.; Chyi, 1982); este processo parece ser restrito a condições de acidez e Eh oxidante, típicos de solos lateríticos (Bowles, 1989), provavelmente não ocorrendo no perfil pedológico comum da área estudada. Nos casos anteriormente citados os solos se constituem em um dos materiais mais adequados para sua prospecção.

Na falta das condições físico-químicas de agregação das partículas de PGM, e aquelas que propiciam sua lixiviação, estes elementos, se presentes e com possível exceção do paládio, mais móvel, poderiam ficar retidos na fração silte do solo (vide tab. V), que corresponde, na área-alvo Ferro 1, a quantidades entre 18 e 65% do material até os 40 cm de profundidade (tab. VI). Testes para esta averiguação não foram efetuados, pois é muito improvável que a concentração por bateamento do material do solo (incluindo a porção silte), tenha eliminado, por perda, todos os grãos de PGM caso existentes nas amostras.

A prospecção geoquímica para esses elementos por meio da concentração com bateia de solos e sedimentos de drenagem é recomendada por diversos autores (Boyle, 1974; Farina, 1988; Gunn, 1989 - vide item 3.8.2.3), especialmente por suas características de elevado peso específico e resistências química e física.

A variância ou variabilidade introduzida nos resultados por esse método de pré-concentração, utilizado normalmente na prospecção do ouro, é reconhecidamente elevada (Antweiler & Love, 1967); tal variabilidade é devido à granulometria muito fina e a forma geralmente achatada (palhetas ou flocos) do ouro. Já os grãos de PGM, embora similarmente ocorram muito finos, são mais arredondados (Tourtelot & Riley, 1972; Cassedane & Cassedane, 1974; Raicevic & Cabri, 1976), existindo também formas tabulares de ligas Os + Ir (Razin et alii, 1979); são menos susceptíveis, portanto, a perdas por "flutuação" durante o processo de bateamento.

As distâncias de amostragem aplicadas variaram desde um máximo de 20 metros a até 4 metros efetivos, considerando-se o ângulo entre o perfil de amostragem e a estruturação geológica indicada no local. Na literatura geológica, autores utilizaram vários distanciamentos entre as estações de coleta. Assim, Milliotti (1979) efetuou amostragem de 50 em 50 m (em perfis distanciados de 1.000 m) em Morro Feio (Goiás), mesmo intervalo de coleta aplicado por Frick (1985) para detectar o Platreef no Complexo Bushveld. Riese & Arp (1986) efetuaram uma malha de 25 x 300 metros no Stillwater, Sales Neto & Frizzo (1989) reportaram amostragem em estações 50 x 100 m sobre um corpo peridotítico no Ceará e Lechler & Hsu (1990) coletaram solos a intervalos de 3 metros sobre a ocorrência de PGE hidrotermal de Gingerload (USA).

8.2- PREPARAÇÃO E ANÁLISE

O quarteamento das amostras brutas (como vindas do campo ou após passar em bromofórmio) é uma fonte potencial de erros ao se lidar com material particulado em baixos teores, como ouro e platina. Clifton et alii (1969, in Linhares & Carvalho, 1981, p. 15) descrevem os problemas que podem surgir: a não-detecção do elemento ou sua estimativa em teor muito acima do real, conforme as partículas do metal, existentes na amostra, encontrem-se ou concentrem-se respectivamente na porção quarteada não analisada e naquela analisada.

Devido ao alto custo das análises para PGE, não foram efetuados estudos visando determinar a incidência desse erro. Em termos probabilísticos, considerando-se para cada

amostra um peso concentrado de 250 gramas (média obtida de 216 g), e a alíquota analítica de 25 g (empregada pelo Laboratório Nomos), a chance de detectar uma partícula de platina existente na amostra seria de 10%; se imaginarmos que 1/4 (30) das amostras coletadas conteriam apenas uma partícula do metal, no mínimo em três amostras ele seria detectado em concentrações 10 vezes superior àquela real, e forneceriam assim anomalias muito sobreelevadas em relação à normalidade para a região.

A separação dos minerais pesados através da utilização de bromofórmio é prática laboratorial consagrada, não tendo sido encontradas referências sobre a incidência de erros nessa etapa preparatória.

A etapa de fusão foi realizada com coletor de NiS (sulfeto de níquel) que, segundo Roberts (1971, in Linhares & Carvalho, op. cit., p. 25) apresenta uma maior recuperação dos PGM do que quando utilizado chumbo, e a avaliação efetuada em aparelho de Absorção Atômica. Os controles de qualidade do Laboratório Nomos foram descritos no item 6.4.b e, ao envolver precisão, exatidão e grau de contaminação, são satisfatórios para essas determinações geoquímicas. As análises desse laboratório foram comprovadas para Pt, Pd e Rh, tendo em vista os resultados de 14 amostras enviadas e analisadas no Chemex Laboratories Ltd. de Reno - Nevada (USA).

Apesar de "Fire Assay" ser procedimento largamente utilizado para PGE, A. J. Naldrett (in: CPRM, 1991 - anexo 9), renomado consultor sobre a matéria, comenta que esse método analítico pode não ser preciso e confiável ao lidar-se com concentrações a nível de ppb (parte por bilhão).

8.3- FATOR NATURAL (GEOLOGIA)

O fator de maior peso, que pode ser a causa dos baixos resultados analíticos é, obviamente, a ausência de PGE nas rochas dos locais pesquisados.

A favorabilidade da área (e por conseguinte a realização deste trabalho) foi calcada nas atividades desenvolvidas pela Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais (Tesch & Pereira, 1980, 1983; Santos & Braz Filho, 1989) que, no complexo máfico-ultramáfico de Canindé do São Francisco, detectaram zonas enriquecidas em sulfetos, níveis com óxidos de Fe-Ti concentrados, indícios de PGE (30 a 45 ppb de Pt + Pd) em testemunhos de sondagens, e obtiveram ainda alguns valores das razões Pt/(Pt+Pd) e Cu/(Cu+Ni) próximos daqueles observados para Sudbury e Noril'sk; também Farina (1989 - com.

verbal), ressaltou o potencial da mesma intrusão para a ocorrência desses elementos. Não obstante tais indicações e suposições, o bem mineral alvo da prospecção não teve sua ocorrência comprovada na área.

Sob o enfoque de inexistência dos PGE devido a fatores geológicos, naturais, deve-se analisar dois aspectos:

- a) inexistência de concentrações significativas de PGE nas rochas do complexo.
- b) inexistência de concentrações de PGE nos locais (perfis) amostrados.

No primeiro caso, não é possível uma conclusão definitiva, uma vez que o conhecimento petrológico e estratigráfico do complexo é ainda incipiente. As relações e coeficientes entre elementos calcófilos como propostos por Cameron et alii (1970) ou diagramas triangulares dos mesmos elementos de Papunen et alii (1979), para rochas ultramáficas, quando aplicados em dados de testemunhos de sondagens do Complexo Canindé do São Francisco (Santos & Braz Filho, op. cit.), indicam que a unidade é mineralizada e tem potencial para sulfetos - o que é conhecido - e deixam em aberto o potencial para PGM. Gráficos binários das relações PGE/PGE e Ni, Cu/PGE, como sugeridos por Barnes (1989), nos quais foram lançados alguns resultados de testemunhos (somente com valores de Pt e Pd definidos), posicionam o Canindé do São Francisco no campo das intrusões acamadadas (apesar de as amostras terem sido colhidas na zona sulfetada, não plotam no campo de sulfetos dos diagramas); seu potencial continua indefinido pois, por vezes, os pontos não coincidem com a região de alto MgO (magmas basálticos com 12 a 18% de MgO) dentro desses campos, característica de todas as intrusões acamadadas portadoras de depósitos de PGE (Barnes, op. cit.).

A segunda hipótese (b), de inexistir concentrações detectáveis de PGE nos locais amostrados, é a mais provável; admite-se portanto que os mesmos possam ocorrer, em teores até expressivos, em outros locais do complexo.

Variações amplas e bruscas no conteúdo desses elementos são normais e noticiadas por vários autores, como Zientek et alii (1990), que comprovam a diferença composicional entre os sulfetos que formam o J-M Reef do Stillwater e os sulfetos imediatamente adjacentes, sugerindo dois eventos mineralizantes distintos, e Eckstrand et alii (in: Papunen, 1986, p. 1239) que analisaram PGE em várias ocorrências de Ni-Cu canadenses, determinando que a distribuição de Pt e Pd é diversa e altamente variável mesmo entre amostras de um mesmo depósito. Naldrett & Cabri (1976), comentando a alta variabilidade de resultados em rochas e sulfetos disseminados em complexos estratiformes, suspeitaram que a concentração de PGE nos cumulos seria susceptível a

mudanças após a acumulação das próprias rochas, por processos como intertroca de PGE com líquidos intercúmulos "squeezed out", troca com soluções deutéricas circulantes na pilha em consolidação e outros. A comprovação estatística de tal fato foi obtida por Page et alii (1986), que realizaram uma análise de variância hierárquica dos resultados de PGE em amostras de 280 cromititos da Califórnia e Oregon, USA. Determinaram que a maior parcela de variância (66%) é interna a cada depósito e devida a amostragem + análise; a variabilidade restante (34%) é observada entre terrenos (regiões), enquanto que a variância encontrada entre depósitos de um mesmo terreno foi quase nula, não-significativa, exceto para o paládio.

A concentração de PGE em outras porções do complexo intrusivo, fora dos locais objeto desta prospecção, é bastante plausível; a ausência de teores consistentes, mesmo a nível de "background", pode ser indicativa de um empobrecimento do magma após a divisão de uma fase rica nesses metais, ou a mobilização destes, a posteriori, pelos processos aventados acima. No primeiro caso citado, separação de fase enriquecida, o alvo mais adequado seriam rochas a cromita (vide item 3.8.1.1) ou a sulfetos exsolvidos (item 3.8.1.3) em posição estratigráfica inferior àquelas litologias ali ocorrentes; no segundo caso, de remobilização, os parâmetros para localização do possível local concentrado em PGE devem ser estabelecidos em função das estruturas formadas contemporaneamente ao "emplacement" e solidificação do corpo magmático.

A potencialidade para PGE da Suite Intrusiva Canindé é ressaltada por A.J. Naldrett (in: CPRM, 1991 - anexo 9), ao citar uma série de fortes similaridades do Complexo Canindé com o Complexo Duluth (Minnesota, USA), e apontar aspectos de ainda maior favorabilidade para o primeiro, como o intenso desenvolvimento de gabro pegmatoidal (o que implica em recristalização possivelmente acompanhada de fusão, aumentando assim a chance de a fase sulfeto ter retirado PGE de um grande volume de rocha e os ter concentrado em algum local do maciço), e a presença de rochas ricas em Fe – Ti (significando que alguns elementos foram concentrados a partir de uma grande massa de magma e demonstrando assim a ocorrência de processos de concentração magmática).

Como exposto acima, as metodologias de amostragem, preparação e análise (esta com as restrições apontadas) adotadas para a execução das atividades foram adequadas ao objetivo da pesquisa. Provavelmente a causa dos baixos teores reside somente em fatores naturais adrede comentados, que a criteriosa seleção das áreas-alvo - detalhadamente descrita no capítulo 5 e que considerou todas as informações geológicas, geoquímicas e geofísicas disponíveis - não conseguiu suplantar.

9- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

9.1- CONCLUSÕES

Os aspectos anteriormente abordados em detalhe permitem chegar às seguintes conclusões mais genéricas:

1- O método analítico de "Fire Assay" é inadequado para a determinação de PGE em prospecção geoquímica, por carecer de suficiente sensibilidade; presta-se somente a determinações a nível de ppm. Quanto aos demais elementos avaliados, os métodos são satisfatórios, registrando para alguns daqueles injustificáveis erros de laboratório, o qual já foi cientificado.

2- A análise de agrupamento indicou, juntamente com as distribuições de vários elementos, as direções preferenciais ENE-WSW (áreas cobre 1 e Ferro 1) e WNW-ESE (área Cobre 3) de disposição litológico/estrutural, e delineou a presença de corpos não percebidos pelo mapeamento geológico anteriormente realizado.

3- As distribuições das populações estabelecidas para os elementos nas amostras do nível superficial dos solos e em concentrados de bateia de material composto entre 0 e 40 cm de profundidade do solo mostraram-se muito similares. O estudo comparativo permitiu sugerir um modelo particular de dispersão clástica atuante na área, que manifesta-se por deslocamento de halos de minerais pesados nas encostas suaves e não é percebido (retido), nos solos, em zonas de relevo mais acentuado.

4- A distribuição dos minerais pesados nos solos 0 - 40 cm é menos informativa do que aquelas dos elementos-traço e maiores avaliados no mesmo material. No alvo Ferro 1 as ocorrências de óxidos de Fe-Ti sob forma de blocos e seixos sobre o solo não são acompanhadas de correspondentes elevados teores em ilmenita nos concentrados de bateia. Na área Cobre 3 a determinação de grãos de cassiterita na análise mineralógica indica a existência de veios pegmatíticos ou "graisens" influentes em sua porção nordeste.

5- Elevados teores, isolados, de distintos elementos (Cr-Ni, Ti, V, Co-Fe) detectados em concentrados de bateia nos locais de ocorrência dos oxi-cumulatos (área Ferro 1), sugerem que esta mineralização tenha importante diversidade composicional, aspecto que ainda não foi objeto de investigação na área em estudo.

6- As correlações e associatividade entre os elementos no conjunto das amostras do nível superficial do solo são muito semelhantes às aquelas apresentadas pelos concentrados de bateia, sugerindo uma muito pequena evolução pedológica. O fraco relacionamento entre os mesmos elementos nas duas categorias de amostras, avaliadas conjuntamente, constitui indício dessa restrita evolução, embora seja atribuído essencialmente a diferenças na constituição mineral das amostras e no procedimento analítico.

7- As relações Cu/Ni e $cxCu/cxNi$ obtidas no material secundário perdem em definição para os elementos tomados individualmente; expressam somente, em especial a primeira, as tendências gerais das respectivas distribuições.

8- A divergência entre as anomalias de Cu-Ni e as anomalias de enxofre (ligado a pirita) detectados nos solos especialmente da área Cobre 1, indica que os primeiros provêm principalmente de minerais máficos comuns formadores das rochas, e não de uma fase sulfeto separada durante a cristalização magmática.

9- Os grãos de ouro observados em concentrados de bateia nas linhas de amostragem P1 e P9, e alguns resultados analíticos acima de 1 ppm detectados do metal, embora com distribuição esparsa, sua associação com epidoto e também As e Sb no nível superficial do solo, indicam que houve algum processo (hidrotermal ?) para sua mobilização e concentração a partir das rochas máficas; pode se constituir em um recurso possível, identificado o processo e seus canais ou zonas de enriquecimento resultantes.

10- Não foram identificados grãos de platina na análise mineralógica de concentrados de bateia, o que, aliado aos fracos resultados obtidos pela análise química, são sugestivos de sua baixa concentração local e da falta de condições físico-químicas do solo em promover a acreção ou agregação de ínfimas partículas desse metal até níveis detectáveis. Aquelas estações com os teores mais elevados determinados de platina apresentaram resultados moderados a baixos de enxofre nos solos e pirita nos concentrados, e resultados elevados de arsênio. A distribuição deste último explica 90% da variabilidade dos valores do metal, e há indicações de que esse relativo enriquecimento de Pt é consequência de processos epigenéticos superimpostos.

11- Os valores e associações geoquímicas daquelas estações com resultados definidos de platina (laboratório CHEMEX) são muito coerentes entre si e, por analogia, descrevem para os alvos pesquisados um panorama de empobrecimento em elementos desse grupo, o que é também confirmado pelas determinações analíticas do laboratório NOMOS.

12- Com base neste trabalho não se descaracteriza o potencial do Complexo Canindé como portador de elementos do grupo da platina. Houve condições propícias para a formação de cumulos, há indicações de que as rochas nas áreas pesquisadas encontram-se empobrecidas em elementos desse grupo, e os sulfetos são já epigenéticos, pobres em Cu e Ni; é plausível supor que sulfetos primários ou seus restos, originados por solidificação de uma fase imiscível do magma - e carreadores de platina - situem-se em outra localização dentro do maciço intrusivo.

9.2- RECOMENDAÇÕES

1- Ficou patente a imperiosa necessidade de melhor e mais detalhado conhecimento geológico da região, estabelecendo a identidade das litologias e seu correto posicionamento estratigráfico dentro do complexo. A. J. Naldrett (in: CPRM, 1991) sugere o mapeamento sistemático conjugado com levantamento magnetométrico de campo vertical, para auxiliar na resolução litológica, e o estudo de Terras Raras, para discriminar as suítes gabro-peridotíticas derivadas dos dois tipos de magma (leuco-gabro e Fe-Ti gabro) que presumivelmente formaram o complexo. O autor desta monografia acolhe as sugestões acima. Adicionalmente, nos locais sem afloramento pode ser utilizada a geoquímica de solos para a discriminação entre os diversos tipos de rochas, aplicando-se a metodologia adequada a esse objetivo (amostragem, seleção dos elementos mais adequados, análises totais, pares rocha-solo de controle, etc.).

2- Uma fase de prospecção geoquímica somente poderá ser realizada após a conclusão do detalhamento geológico proposto, contemplando os locais litológicos-estruturais mais favoráveis (base de níveis ultramáficos, por exemplo). Deverá ser melhor efetuada por meio de rochas (litogeoquímica) e solos, e com a execução de trincheiras onde se poderá obter as relações entre o comportamento dos elementos-traço de ambos os materiais. Em particular sugere-se o estudo de Cu, Ni, S, As e PGE e suas interrelações, como possíveis melhores indicadores dos metais deste grupo. Para a determinação dos elementos do grupo da platina em baixas concentrações se faz necessária a adoção de um método analítico mais sensível, como por exemplo o INAA (análise instrumental por ativação neutrônica).

3- Trabalhos prospectivos adicionais nesta região devem levar em conta que as condições físico-químicas do solo não são propícias à acreção ou agregação dos metais

do grupoda platina, diminuindo assim a possibilidade de êxito com a utilização somente de concentrados de bateia desse material. Análises de cloro e flúor são indicadas para avaliar a possibilidade de migração dos PGE sob forma de compostos solúveis, e as frações silte e argila do solo devem ser testadas individualmente, na busca do meio mais propício à detecção definida e contrastante dos elementos desse grupo.

4- Constituem recursos possíveis na região, que não devem ser relegados em eventual retomada dos trabalhos: o ouro, cujos indícios são consistentes, embora esparsos; cassiterita de "graisens" ou pegmatitos relacionados aos granitos intrusivos da região e ainda talvez esmeraldas, onde as soluções residuais dessas rochas ácidas tiveram condições de assimilar o cromo das máficas encaixantes.

10- AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Sylvio de Queirós Mattoso como professor, amigo e orientador que, por ocasião do I Congresso Brasileiro de Geoquímica, incentivou o autor à conclusão do Mestrado, e acompanhou todo o processo que ora finaliza.

À Diretoria da CPRM, representada pelos Superintendentes de Recursos Minerais, geólogo Valter J. Marques e do Patrimônio Mineral, geólogo Mario Farina, pelo apoio que permitiu a realização deste trabalho.

Ao Superintendente Regional da CPRM - Salvador, geólogo José Carlos G. Vieira da Silva, ao geoquímico José Erasmo de Oliveira e aos geólogos Renato G. Santos, Luis C. Moraes e João Dalton de Souza por facilitarem a etapa de campo e permitirem o manuseio de todas as informações relativas ao Projeto Canindé.

Ao técnico em mineração Carlos Alberto M. Caldas, que foi auxiliar eficiente e imprescindível durante a etapa de campo.

Ao corpo técnico do LAMIN, representado pelos engenheiros químicos Célia M. Tinoco e Glória B. Brazão da Silva, devido ao cuidado e dedicação com que conduziram e orientaram a etapa analítica.

À artista plástica Ana M. L. Frizzo pela execução minuciosa e precisa dos desenhos.

À bibliotecária Tânia Freire pelo auxílio na aquisição da bibliografia e normalização das citações e ao geólogo Homero C. Benevides pela revisão do texto.

Devo lembrar ainda minha gratidão a todos os professores, e amigos, do Curso de Especialização em Prospecção Geoquímica, Convênio CAEEB-PLANFAP-UFBA, de 1973, sem cujos ensinamentos não teria sido possível a execução deste.

11- BIBLIOGRAFIA

- AGIORGITIS, G., BECKER, R., WOLF., R. Aspects of platinum elements distribution in some ultramafic and related rocks. In: Ahrens, L.H. ed. Origin and distribution of the elements. Paris, 1977. p. 233-237
- ALVES, B. P. Platina - Minas Gerais. B. Divisão de Fomento da Produção Mineral, Rio de Janeiro, n. 93, p. 103-106, 1952.
- ANNELLS, R. N., FLETCHER, C. J. N., STYLES, M. T. et al. Mineral potential of the Rincon del Tigre igneous complex: a major Upper Proterozoic layered intrusion in the shield of eastern Bolivia. In: GALLAGHER, M.J. et al. Metallogeny of Basic and Ultrabasic Rocks. London, IMM, 1985. 522 p.p. 487-498
- ANTWEILER, J. C., LOVE, J. D. Gold bearing sedimentary rocks in northwest Wyoming: a preliminary report. [S.l.s.n.], 1967, 12 p.
- AVENA NETO, R. Elementos do grupo da platina (EGP) no corpo máfico-ultramáfico da Fazenda Gulçari-Maracás/Bahia. In: CONG. BRAS. DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. Anais..., Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, 1988. 6 v. v.1 p. 144-154
- BARNES, S. J. The use of metal ratios in platinum-group element prospecting. *Explore*, n. 64, p. 8-10, 1989.
- BEGIZOV, V. D., BORISENKO, L. F., USKOV, Ye. D. Sulfides and natural solid solutions of platinum metals from ultramafic rocks of the Gusevogorskiy Pluton, Urals. Doklady Akad. Nauk SSSR, v. 225, p. 134-137, 1975.
- BEUS, A. A., GRIGORIAN, S. V. Geochemical exploration methods for mineral deposits. Tec. Ed. A.A. Levinson, Applied Publishing Ltd., Wilmette, 1977, 287 p.
- BEZERRA, F. H. R., NILSON, A. A., BIAIS, S., SÁ, E. F. J. de Contribuição à geologia e geoquímica do Complexo Canindé do São Francisco e rochas encaixantes (SE-AL). In: CONG. BRAS. GEOLOGIA, 36, Natal, 1990. Bol. de Resumos, Natal, Soc. Brasileira de Geologia, 1990. p.305.
- BOWLES, J. F. W. The development of platinum-group elements in laterites. In: INTERNATIONAL GEOCHEMICAL EXPLORATION SYMPOSIUM, 13, Rio de Janeiro, 1989. Abstracts. Rio de Janeiro, SBGq, CPRM/DNPM, 1989, 232 p. p. 42.
- BOYLE, R. W. Elemental associations in mineral deposits and indicator elements of interest in geochemical prospecting (revised). Can. Geol. Survey paper n. 74-45, 1974. 40 p.

- BOYLE, R. W. Gold, silver, and platinum metal deposits in the Canadian Cordillera - their geological and geochemical setting. In: LEVINSON, A.A. Precious metals in the Northern Cordillera. Spec. Publ. Assoc. Explor. Geochemists, Calgary, n. 10, p. 1-19, 1982.
- CABRI, L. J., HARRIS, D. C. Zoning in Os-Ir alloys and the relation of the geological and tectonic environments of the source rocks to the bulk Pt:Pt+Ir+Os ratio for placers. Can. Mineralogist, v. 13, p. 266-274, 1975.
- CABRI, L. J., LAFLAMME, J. H. G. The mineralogy of the platinum-group elements from some copper-nickel deposits of the Sudbury area, Ontario. Econ. Geology, v. 71, p. 1159-1195, 1976.
- CABRI, L. J. Classification of platinum-group element deposits with reference to the Canadian Cordillera. In: LEVINSON, A.A. Precious metals in the Northern Cordillera. Spec. Publ. Assoc. Explor. Geochemists, n. 10, Calgary, p. 1-19, 1982.
- CABRI, L. J., NALDRETT, A. J. The nature of the distribution and concentration of platinum-group elements in various geological environments. In: INTERN. GEOL. CONGRESS, 27, Moscou, 1984. Proceedings... Moscou, 1984. v. 10, p. 17-46
- CAMERON, E. M., SIDDELEY, G., DURHAM, C. C. Distribution of ore elements in rocks for evaluating ore potential: nickel, copper, cobalt and sulphur in ultramafic rocks of the Canadian Shield. Can. Inst. Min. Met., Spec. vol., n. 11, 1971. p. 298-313
- CASSEDANNE, J. P., CASSEDANNE, J. O. As aluviões platiníferas de Serro (MG). In: CONG. BRAS. GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. Anais... Porto Alegre, Soc. Brasileira de Geologia, 1974. 7 v.v. 6, p. 37-47
- CHYI, L. L., CROCKET, J. H. Partition of platinum, palladium, iridium, and gold among coexisting minerals from the deep ore zone, Strathcona Mine, Sudbury, Ontario. Econ. Geology, v. 71, p. 1196-1205, 1976.
- CHYI, L. L. The distribution of gold and platinum in bituminous coal. Econ. Geol., v. 77, p. 1592-1597, 1982.
- CLOSS, L. G. Geochemical exploration for base and precious metals. Curso de ..., Natal, Inst. de Geociências da UFRN, mar. 1986. 117 p.
- COKER, W. B., DUNN, C. E., HALL, G. E. M. et al. The behaviour of platinum group elements in the surficial environment in Canada. In: INTERNATIONAL GEOCHEMICAL EXPLORATION SYMPOSIUM, 13, Rio de Janeiro, 1989. Abstracts. Rio de Janeiro, SBGq, CPRM/DNPM, 1989. 232 p.p. 25-26
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - DEPARTAMENTO DE PESQUISAS PRÓPRIAS Projeto Canindé cc. 2186 - estudo de viabilidade de pesquisa. Rio de Janeiro, set. 1978. 24 p. Rel. Interno

- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS GEOQUANT - manual do usuário, versão 3.0. Rio de Janeiro, 1990. 165 p. Rel. Interno
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - DEPARTAMENTO DE PROJETOS ESPECIAIS Apostila (preliminar) do curso a ser ministrado em setembro/1991 pelo prof. A.J. Naldrett, na CPRM, sobre geologia econômica e prospecção de metais do grupo da platina. Rio de Janeiro, jul. 1991. Rel. Interno
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - DEPARTAMENTO DE PROJETOS ESPECIAIS Programa Nacional de Prospecção de Metais do Grupo da Platina - Evento Naldrett: excursões e curso. Rio de Janeiro, set. 1991. 14 p. Rel. Interno
- CONN, H. K. The Johns-Manville platinum-palladium prospect, Stillwater Complex, Montana, USA. Canadian Mineralogist, v. 17, p. 436-468, 1979.
- COUSINS, C. A., VERMAAK, C. F. The contribution of Southern African ore deposits to the geochemistry of the platinum group metals. Econ. Geology, v. 71, p. 287-305, 1976.
- COUSINS, C. A., KINLOCH, E. D. Some observations on textures and inclusions in alluvial platinoids. Econ. Geology, v. 71, p. 1377-1398, 1976.
- COWDEN, A., DONALDSON, M. J., NALDRETT, A. J., CAMPBELL, I. H. Platinum-group elements and gold in the komatiite-hosted Fe-Ni-Cu sulfide deposits at Kambalda, Western Australia. Econ. Geology, v. 81, p. 1226-1235, 1986.
- CROCKET, J. H. Platinum-group elements in mafic and ultramafic rocks: a survey. Canadian Mineralogist, v. 17, p. 391-402, 1979.
- CROCKET, J. H., TERUTA, Y., GARTH, J. The relative importance of sulfides, spinels, and platinoid minerals as carriers of Pt, Pd, Ir and Au in the Merensky Reef at Western Platinum Limited, near Marikana, South Africa. Econ. Geology, v. 71, p. 1308-1323, 1976.
- DAVIES, T. C., BLOXAM, T. W. Heavy metal distribution in laterites, southwest of Regent, Freetown Igneous Complex, Sierra Leone. Econ. Geology, v. 74, p. 638-644, 1979.
- DILLON-LEITCH, H. C. H., WATKINSON, D. H., COATS, C. J. A. Distribution of platinum-group elements in the Donaldson West deposit, Cape Smith Belt, Quebec. Econ. Geology, v. 81, p. 1147-1158, 1986.
- FARINA, M. Metais do grupo da platina - aspectos de sua geologia econômica. Recife, SUREG/RE, 1984. 43 p. Rel. Interno
- FARINA, M. Metodologias de prospecção para metais do grupo da platina através de sedimentos de drenagem. [S.l.s.n.], fev. 1988. 2 p.

- FARINA, M. Metais do grupo da Platina: Ambiências geológicas e ensaio sobre a geologia quantitativa com aplicação para descobrimento de depósitos. In: CONG. BRAS. GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. Anais...Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, 1988. 6 v. v.1 p. 144-154
- FREISE, F. W. Processos químicos na formação de placers - observações em placers brasileiros de ouro, platina e monazita. [Chemische prozesse bei bildung von Seifenlagerstätten, Beobachtungen an brasilianischen Gold, platin-und monazitseifen] Trad. Margarete Hermanns Xavier. Rio de Janeiro, 1980. 17 p. datilogr.
- FREISE, F. W. As jazidas de platina no Estado de Minas Gerais, Brasil. [Platinlagerstätten des brasilianischen States Minas Gerais] Trad. Margarete Hermanns Xavier. Rio de Janeiro, 1980. 8 p. datilogr.
- FRICK, C. A study of the soil geochemistry of the Platreef in the Bushveld Complex, South Africa. Journal of Geochemical Exploration, v. 24, p. 51-80, 1985.
- FRIZZO, S. J. Estatística aplicada à prospecção geoquímica - princípios. Curso de Introdução à Prospecção Geoquímica, Rio de Janeiro, CPRM, maio 1978. 78 p.
- FUCHS, W. A., ROSE, A. W. The geochemical behavior of platinum and palladium in the weathering cycle in the Stillwater Complex, Montana. Econ. Geology, v. 69, p. 332-346, 1974.
- GOTTFRIED, D., FROELICH, A. J., RAIT, N., ARUSCAVAGE, P. J. Fractionation of palladium and platinum in a Mesozoic diabase sheet, Gettysburg basin, Pennsylvania: implications for mineral exploration. In: DUNN, C.E., CURTIN, G.C., HALL, G.E. Geochemistry of platinum-group elements. Journal of Geochemical Exploration, v. 37, n. 1 (Special issue), p. 75-89, 1990.
- GUERREIRO, M. G. Testes para prospecção de ouro com concentrados de bateia em solos. [S.l.s.n.] [1980?] 23 p.
- GUNN, A. G. Drainage and overburden geochemistry in exploration for platinum-group element mineralisation in the Unst ophiolite, Shetland, U. K. Journal of Geochemical Exploration, v. 31, p. 209-236, 1989.
- HAKLI, T. A. Silicate nickel and its application to the exploration of nickel ores. Bull. Geol. Soc. Finland, v. 43, p. 247-263, 1971.
- HAKLI, T. A., HANNINEN, E., VUORELAINEN, Y. et al. Platinum-group minerals in the Hitura nickel deposit, Finland. Econ. Geology, v. 71, p. 1206-1213, 1976.
- HULBERT, L. J., GRUENEWALDT, G. VON Nickel, copper, and platinum mineralization in the Lower Zone of the Buschveld Complex, south of Potgietersrus. Econ. Geology, v. 77, p. 1296-1306, 1982.

- KRUMBEIN, W. C., GRAYBILL, F. A. An introduction to statistical models in geology. New York, McGraw Hill, 1965. 475 p.
- LECHLER, P. J., HSU, L. C. Interpretation of soil nitrite-ammonium ratios with possible application to pedogeochemical exploration for platinum mineralization. In: DUNN, C.E., CURTIN, G.C., HALL, G.E. Geochemistry of platinum-group elements. Journal of Exploration Geochemistry, v. 37, n. 1 (Special issue), p. 37-50, 1990.
- LEE, C. A. Trace and platinum-group element geochemistry and the development of the Merensky unit of the Western Bushveld complex. Mineral. Deposita, n. 18, p. 173-190, 1983.
- LINHARES, P. S., CARVALHO, I. G. Problemas da análise química para ouro em materiais geológicos: uma discussão. Série Geoquímica, Dep. Geoquímica da UFBA, Salvador, v. 2, n. 2, 1981.
- MCCALLUM, M. E., LOUCKS, R. R., CARLSON, R. R. et al. Platinum metals associated with hydrothermal copper ores of the New Rambler Mine, Medicine Bow Mountains, Wyoming. Econ. Geology, v. 71, p. 1249-1450, 1976.
- MILLIOTTI, C. A. Tabelas de propriedades de minerais do grupo da platina. B. Brasiliense de Geol., Brasília, n. 1, p. 55-72, 1978.
- MILLIOTTI, C. A. Distribuição e controles da mineralização de platina em Morro Feio, Goiás. B. Mineralógico, Recife, n. 6, p. 67-84, 1979.
- NALDRETT, A. J., CABRI, L. J. Ultramafic and related mafic rocks: their classification and genesis with special reference to the concentration of nickel sulfides and platinum-group elements. Econ. Geology, v. 71, p. 1131-1158, 1976.
- NALDRETT, A. J., HOFFMAN, E. L., GREEN, A. H. et al. The composition of Ni-sulfide ores, with particular reference to their content of PGE and Au. Canadian Mineralogist, v. 17, p. 403-415, 1979.
- NALDRETT, A. J., GRUENEWALDT, G. VON The association of PGEs with chromitite in layered intrusions and ophiolite complexes. Explore, n. 66, p. 10-11, Jun. 1989.
- NASCIMENTO, J. W. B. Estudo orientativo na prospecção de titânio-vanádio a partir de ocorrências num complexo básico-ultrabásico em Poço Redondo - Sergipe. Salvador: Depto. de Geoquímica/Inst. de Geociências da UFBA, 1981. 70 p. (monografia de mestrado)
- OLIVA, L. A., VIEIRA, S. A. B. Perfil analítico da Platina. B. Departamento Nacional da Produção Mineral, Rio de Janeiro, n. 19, 1973. 25 p.
- OLIVEIRA, A. I., LEONARDOS, O. H. Geologia do Brasil. Série Didática n.2, Serviço de Inf. Agrícola, 2 ed.. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 1943. 813 p.

- OLIVEIRA, E. P., TARNEY, J. Petrogenesis of the Canindé de São Francisco Complex: a major late Proterozoic gabbroic body in the Sergipe foldbelt, NE Brazil. [S.l.s.n.] Nov. 1989. 31 p.
- OTTEMANN, J., AUGUSTITHIS, S. S. Geochemistry and origin of "platinum-nuggets" in lateritic covers from ultrabasic rocks and birbirites of W. Ethiopia. Miner. Deposita, n. 1, p. 269-277, 1967.
- PAGE, N. J., CASSARD, D., HAFFTY, J. Palladium, platinum, rhodium, ruthenium and iridium in chromitites from the Massif du Sud and Tiébaghi Massif, New Caledonia. Econ. Geology, v. 77, p. 1571-1577, 1982.
- PAGE, N. J., CLARK, A. L., DESBOROUGH, G. A. et al. Platinum-group metals. U.S. Geol. Survey prof. paper, n. 820, p. 537-545, [1972?]
- PAGE, N. J., RILEY, L. B., HAFFTY, J. Vertical and lateral variation of platinum, palladium and rhodium in the Stillwater Complex, Montana. Econ. Geology, v. 67, p. 915-923, 1972.
- PAGE, N. J., SINGER, D. A., MORRING, B. C., CARLSON, C. A., McDADE, J. M., WILSON, S. A. Platinum-group element resources in podiform chromitites from California and Oregon. Econ. Geology, v. 81, p. 1261-1271, 1986.
- PAPUNEN, H. Platinum-group elements in Svecokarelian nickel-copper deposits, Finland. Econ. Geology, v. 81, p. 1236-1241, 1986.
- PAPUNEN, H., HAKLI, T. A., IDMAN, H. Geological, geochemical and mineralogical features of sulfide-bearing ultramafic rocks in Finland. Canadian Mineralogist, v. 17, p. 217-232, 1979.
- POGREBNYAK, Yu. F., TAT'YANKINA, E. M. Dispersion trains of platinum and palladium. Doklady Akad. Nauk SSSR, v. 252, p. 179-181, 1980.
- RAICEVIC, D., CABRI, L. J. Mineralogy and concentration of Au- and Pt-bearing placers from the Tulameen River area in British Columbia. CIM Bulletin, v. 69, n. 770, p. 111-119, Jun. 1976.
- RAZIN, L. V., MOCHALOV, A. G., RAZINA, T. P. The minerals of platinum metals in alluvial placers in an area of ultrabasite plutons (in the Koryak-Kamchatka region). Geologiya i Geofizika, v. 20, n. 12, p. 72-79, 1979.
- RIESE, W. C., ARP, G. K. Biogeochemical prospecting in the Stillwater (Pt) Complex, Montana. Public Inf. Circ., Geol. Survey of Wyoming, v. 25, p. 58-65, 1986.
- ROSSELO, G. Guides pétrographiques et structuraux applicables a la recherche des gisements de chromite de type "Alpin". Chron. des Mines et de la Recherche Minière, Paris, V. 32, n. 333, p. 219-224, 1964.
- ROWELL, W. F., EDGAR, A. D. Platinum-group element mineralization in a

- hydrothermal Cu-Ni sulfide occurrence, Rathbun Lake, northeastern Ontario. Econ. Geology, v. 81, p. 1271-1277, 1986.
- SÁ, J. H. S. Platina e paládio associados aos magnetitos do Complexo Rio Jacaré, Maracás, Bahia. In: CONG. BRAS. GEOLOGIA, 36, Natal, 1990. Bol. de Resumos, Natal, Soc. Brasileira de Geologia, 1990. p. 126.
- SABELIN, T. Association of platinum deposits with chromium occurrences: an overview with implications for the Duluth Complex. Skilling Mining. Rev., p. 4-7, Nov. 1987.
- SALES NETO, P., FRIZZO, S. J. Prospecção geoquímica no corpo ultramáfico da Fazenda Barrinha, Sobral - Ceará. In: CONG. BRAS. GEOQUÍMICA, 2, Rio de Janeiro, 1989. Anais..., Rio de Janeiro, Soc. Brasileira de Geoquímica, 1989, p.131-137
- SANTOS, R. A. dos, SOUZA, J. D. de (org.) Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: carta geológica, carta metalogenético/previsional - Escala 1:100.000 (Folha SC.24-X-C-VI Piranhas) Estado da Bahia. Brasília, DNPM/CPRM, 1988. 154 p.
- SANTOS, R. G., BRAZ FILHO, P. A. Projeto Canindé - relatório parcial de pesquisa. Salvador, SUREG/SA, 1989. 60 p. Rel. Interno
- SILVA FILHO, M. A. da, BONFIM, L. F. C., SANTOS, R. A. dos et al Projeto Complexo Canindé do São Francisco. Relatório Final. Salvador, DNPM/CPRM - SUREG/SA, 1979.
- SINCLAIR, A. J. Applications of probability graphs in mineral exploration. The Association of Exploration Geochemists, special vol., n. 4, 1976. 95 p.
- SMIRNOV, V. I. Geology of ore deposits. Transl. Ed. H.C. Greighton, Moscow, Mir Publishers, 1976. 520 p.
- STANLEY, C. R. An interactive computer program to fit mixtures of normal (or lognormal) distributions with maximum likelihood optimization procedures. The Association of Exploration Geochemists, special vol., n. 14, 1987. 39 p.
- ST. LOUIS, R. M., NESBITT, B. E., MORTON, R. D. Geochemistry of platinum-group elements in the Tulameen ultramafic complex, Southern British Columbia. Econ. Geology, v. 81, p. 961-973, 1986.
- TALKINGTON, R. W., WATKINSON, D. H. Whole rock platinum-group element trends in chromite-rich rocks in ophiolitic and stratiform igneous complexes. In: GALLAGHER, M. J. et al. Metallogeny of basic and ultrabasic rocks. London, IMM, 1986. 522 p.p. 427-440 (PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE "METALLOGENY OF BASIC AND ULTRABASIC ROCKS", Edinburgh, 1985)
- TESCH, N. A., PEREIRA, L. H. M. Projeto Canindé - Relatório Final de Pesquisa. Salvador, SUREG/SA, dez. 1983. Rel.interno

- TESCH, N. A., PEREIRA, L. H. M., CASÉ, M. G. Projeto Canindé - relatório de atividades. Salvador, SUREG/SA, jun. 1980. 40 p. Rel. interno
- TORNROOS, R., VUORELAINEN, Y. Platinum-group metals and their alloys in nuggets from alluvial deposits in Finnish Lapland. *Lithos*, v. 20, p. 491-500, 1987.
- TOURTELOT, H. A., RILEY, L. B. Size and shape of gold and platinum grains. [S.l.s.n.] [1972 ?] p. 307-319
- VOLCHENKO, Yu. A., NECHEUKHIN, V. M., RADYGIN, A. I. et al. New type of platinum-group mineralization in ultramafic rocks of fold belts. Doklady Akad. Nauk SSSR, v. 224, p. 97-100, 1975.
- WATKINSON, D. H., DUNNING, G. Geology and platinum-group mineralization, Lac-des-Iles Complex, Northwestern Ontario. Canadian Mineralogist, v. 17, p. 453-462, 1979.
- WHITE, R. W., MOTTA, J., ARAÚJO, V. A. de Platiniferous chromitite in the Tocantins Complex, Niquelândia, Goiás, Brazil. US Geol. Survey Prof. Paper, n. 750-D, p. D26-D33, 1971.
- WILMSHURST, J. R. The weathering products of nickeliferous sulphides and their associated rocks in Western Australia. Dev. Econ. Geology, n. 1, p. 417-436, 1975.
- ZIENTEK, M. L., FRIES, T. L., VIAN, R. W. As, Bi, Hg, S, Sb, Sn and Te geochemistry of the J-M Reef, Stillwater Complex, Montana: constraints on the origin of PGE-enriched sulfides in layered intrusions. In: DUNN, C. E., CURTIN, G. C., HALL, G. E. Geochemistry of platinum-group elements. Journal of Geochemical Exploration, v. 37, n. 1 (Special issue), p. 51-73, 1990.

12 - ANEXOS

1- ATIVIDADES E CUSTO DA PESQUISA DE CAMPO

2- OBSERVAÇÕES NOS CONCENTRADOS DE BATEIA

3- RESULTADOS ANALÍTICOS DE SOLOS 0 - 5 CM

4- RESULTADOS ANALÍTICOS DE CONCENTRADOS DE SOLOS

5- RESULTADOS ANALÍTICOS DE CONCENTRADO DE MAT. ALUVIONAR

ANEXO 1 - ATIVIDADES E CUSTO DA PESQUISA

1.1- Trabalho nas linhas de amostragem (orientado por Geoquímico)

3 (três) trabalhadores (400 m + 20 amostras/dia)

atividades: balizamento da direção do perfil
corte e limpeza da vegetação
medida da distancia entre estações
escavação para coleta das amostras
atulhamento da cava aberta
transporte das amostras para o veículo
transporte do equipamento

equipamento: 1 alavanca de ferro
1 pá e 1 concha (cuia)
1 ou 2 foices
balde, sacos plásticos, cordão aferido

1.2- Trabalho no bateamento (orientado por Técnico em Mineração)

2 (dois) trabalhadores (12 amostras/dia)

atividades: transporte das amostras no local
deslamagem das amostras

equipamento: 2 baldes de 20 litros
1 balde de 10 litros
1 peneira de tela metálica
1 bateia
sacos plásticos

1.3- Custo da Pesquisa: (BTN de novembro/89)

Veículo: cedido pela SUREG-SA da C.P.R.M.

Combustível: NCz 303,15 (60,11 BTN)

Materiais diversos: NCz 572,72 (113,56 BTN)

Trabalhadores: NCz 1.580,00 (313,28 BTN)

Remessa das amostras: NCz 577,14 (114,43 BTN)

TOTAL (exceto técnicos e veículo) NCz 3.033,01 (BTN 601,38)

Valores de novembro de 1989

ANEXO 2 - OBSERVAÇÕES DE CAMPO NOS CONCENTRADOS DE BATEIA

(Técnico em Mineração CARLOS A. CALDAS)

N.º Campo	% de Cascalho (1 a 9)	Tipo do Cascalho (R:rocha Q:quartzo)	Arredondamento (Bom,Reg.,Mau)	Presença de Metálicos
SF- 001	1	R	R	-
SF- 002	1	R	R	-
SF- 003	1	R	R	-
SF- 004	1	R	R	-
SF- 005	-	R	R	-
SF- 006	1	R	R	-
SF- 007	1	R	R	-
SF- 008	1	R	R	-
SF- 009	2	R	R	-
SF- 010	1	R	R	-
SF- 011	3	R	R M	-
SF- 012	1	R	R	-
SF- 013	1	R	R	-
SF- 014	1	R	R	-
SF- 015	1	R	R	-
SF- 016	3	R	R M	-
SF- 017	1	R	R	-
SF- 018	1	R	R	-
SF- 019	1	R	R	-
SF- 020	2	R	R	-
SF- 021	1	R	R	-
SF- 022	3	R	R	-
SF- 023	2	R	R	-
SF- 024	5	R	R	-
SF- 025	2	R	R	-
SF- 026	1	R	R	-
SF- 027	1	R	R	-
SF- 028	1	R	R	-
SF- 029	1	R	R	-
SF- 030	2	R	R	-
SF- 031	1	R	R	-
SF- 032	1	R	R	-
SF- 033	2	R	R	-
SF- 034	1	R	R	-
SF- 035	2	Q	R M	-
SF- 036	2	Q	R M	-
SF- 037	2	Q	R M	-
SF- 038	1	R	R	-
SF- 039	1	Q	R	-
SF- 040	1	R	R	-
SF- 041	1	R	R	-
SF- 042	1	R	R	-
SF- 043	2	R	R	-
SF- 044	1	R	R	-
SF- 045	2	R	R	-
SF- 046	1	R	R	-
SF- 047	1	R	R	-
SF- 048	1	R	R	-
SF- 049	1	R	R	-
SF- 050	1	R	R	-
SF- 051	1	R	R	-
SF- 052	3	Q		-
SF- 053	2	Q		-
SF- 054	3	Q		-
SF- 055	1	R		-
SF- 056	2	Q		-
SF- 057	1	Q		-

SF- 058	2	R		-
SF- 059	2	R		-
SF- 060	1	R	R	-
SF- 061	1		R	-
SF- 062	2		R	-
SF- 063	1	Q	R	-
SF- 064	2	Q	R	-
SF- 065	3	R	R	-
SF- 066	2		R	-
SF- 067	1	Q	R	-
SF- 068	2	Q	R	-
SF- 069	1	R	R	-
SF- 070	1	R	R	-
SF- 071	1	R	R	-
SF- 072	3	R	R	-
SF- 073	2	R	R	-
SF- 074	1	Q R	R	-
SF- 075	2	Q R	R	-
SF- 076	2	R	R	-
SF- 077	1	R	R	-
SF- 078	1	R	R	-
SF- 079	2	Q R	R	-
SF- 080	2	Q R	R	-
SF- 081	1	R	R	-
SF- 082	1	R	R	-
SF- 083	2	R	R	-
SF- 084	3	R	R	-
SF- 085	1	R	R	-
SF- 086	2	R	R	-
SF- 087	1	R	R	-
SF- 088	1	R	R	-
SF- 089	1	R	R	-
SF- 090	1	R	R	-
SF- 091	1	R	R	-
SF- 092	1	R	R	-
SF- 093	1	R	R	-
SF- 094	1	R	R	-
SF- 095	1	R	R	-
SF- 096	1	Q R	R	-
SF- 097	4	Q R	R	-
SF- 098	3	Q R	R	-
SF- 099	2	Q R	R	-
SF- 100	2	Q R	R	-
SF- 101	2	R	R	-
SF- 102	4	Q	R	-
SF- 103	3	Q	R	-
SF- 104	4	R	R	-
SF- 105	1	R	R	-
SF- 106	2	R	R	-
SF- 107	1	R	R	-
SF- 108	1	R	R	-
SF- 109	1	R	R	-
SF- 110	3	R	R	-
SF- 111	1	R	R	-
SF- 112	1	R	R	-
SF- 113	2	R	R	-
SF- 114	1	R	R	-
SF- 115	1		R	-
SF- 116	2		R	-
SF- 117	1		R	-
SF- 118	1	R	R	-
SF- 119	1	R	R	-
SF- 120	1	R	R	-
SF- 121	1	R	R	-
SF- 122	1	R	R	-
SF- 123	1		R	-
SF- 124	1		R	-

SF- 125	2		R	-
SF- 126	1		R	-
SF- 127	2		R	-
SF- 128	2		R	-
SF- 129	1		R	-
SF- 130	1		R	-
SF- 131	1		R	-
SF- 132	1		R	-
SF- 133	1		R	-
SF- 134	1		R	-
SF- 135	2			-
SF- 136	1		R	-
SF- 137	2		R	-
SF- 138	1		R	-
SF- 139	1		R	-
SF- 140	1		R	-
SF- 141	1		Q R	-
SF- 142	1		R	-
SF- 143	1		R	-
SF- 144	-		R	-

ANEXO 3 - RESULTADOS ANALÍTICOS DE AMOSTRAS DE SOLOS 0 – 5 CM

(X,Y coordenadas cartesianas com origem 636.000 E e 8.922.000 N - M.C. 39 escala 1:10.000)

N.campo	N.lab	X	Y	Análises AA/HNO ₃ cq										Análises AA/HCl frio					AAGH/AR		Q.V.U.	
				Cu	Pb	Zn	Co	Ni	V	Cr	Fe%	Mn	Cu	Co	Ni	Fe%	Mn	As	Sb	Bi	Ti%	S%
Área Cobre3 - Perfil P1																						
SF-001	QAS356	837	270	56	4	38	33	58	64	76	3,1	480	18	7	4	0,08	150	1	<1	<1	0,46	0,02
SF-002	QAS357	835	270	140	4	43	37	160	52	104	3,2	500	42	8	8	0,07	165	3	<1	<1	0,43	0,02
SF-003	QAS358	833	269	200	6	49	48	190	88	160	4,4	620	85	22	36	0,38	370	3	<1	<1	0,56	0,01
SF-004	QAS359	832	269	56	<4	39	34	68	92	124	3,5	460	20	12	7	0,10	270	1	<1	<1	0,66	0,02
SF-005	QAS360	830	268	62	<4	43	33	49	96	130	3,5	520	18	9	3	0,06	210	1	<1	<1	0,63	0,02
SF-006	QAS361	827	268	170	4	40	42	175	64	180	3,5	790	54	13	16	0,08	410	3	<1	<1	0,48	0,01
SF-007	QAS362	825	267	150	<4	40	46	175	56	200	4,0	780	50	12	16	0,09	300	2	<1	<1	0,43	0,01
SF-008	QAS363	823	267	145	4	28	44	190	40	210	2,8	560	50	13	14	0,08	290	2	<1	<1	0,35	0,01
SF-009	QAS364	821	266	285	4	37	62	345	40	275	3,9	700	90	17	23	0,09	295	3	<1	<1	0,34	0,03
SF-010	QAS365	820	266	136	4	37	65	325	40	280	4,7	840	43	18	30	0,08	325	4	<1	<1	0,45	0,05
SF-011	QAS366	818	265	106	4	40	66	360	36	285	5,2	720	27	14	21	0,08	260	6	<1	<1	0,40	0,04
SF-012	QAS367	816	265	200	4	36	62	275	40	240	4,5	690	64	9	11	0,06	165	10	<1	<1	0,35	0,03
SF-013	QAS368	814	264	80	4	33	46	170	32	150	3,5	520	22	8	7	0,05	170	4	<1	<1	0,31	0,03
SF-014	QAS369	812	263	40	<4	28	37	135	24	106	2,8	420	12	8	7	0,05	170	1	<1	<1	0,35	0,02
SF-015	QAS370	810	263	60	<4	41	55	225	40	178	4,5	660	18	12	18	0,08	230	2	<1	<1	0,44	0,03
SF-016	QAS371	808	262	31	<4	42	47	145	56	108	1,2	490	10	8	8	0,08	165	1	<1	<1	0,56	0,03
SF-017	QAS372	806	262	35	<4	53	52	200	72	148	4,8	760	10	9	12	0,09	260	1	<1	<1	0,78	0,03
SF-018	QAS373	804	261	23	<4	46	49	190	56	146	4,5	650	8	9	9	0,08	245	<1	<1	<1	0,43	0,03
SF-019	QAS374	802	260	22	<4	41	44	155	64	138	4,2	560	6	9	9	0,08	225	<1	<1	<1	0,69	0,01
Área Cobre3 - Perfil P2																						
SF-020	QAS433	874	241	23	<4	37	45	300	32	150	3,7	540	7	11	17	0,08	185	1	<1	<1	0,69	0,03
SF-021	QAS434	872	241	37	<4	50	84	620	36	315	7,2	870	11	19	45	0,14	215	2	<1	<1	0,56	0,02
SF-022	QAS435	870	240	27	<4	42	65	500	36	300	5,6	730	8	22	39	0,18	245	1	<1	<1	0,69	0,02
SF-023	QAS436	869	239	27	<4	38	62	490	28	235	5,5	720	10	24	50	0,20	275	<1	<1	<1	0,50	0,01
SF-024	QAS437	867	238	30	<4	47	49	310	40	195	4,2	580	9	11	18	0,11	185	2	<1	<1	0,43	0,06
SF-025	QAS438	865	238	26	<4	44	51	365	28	160	4,2	660	9	19	37	0,23	265	1	<1	<1	0,49	0,03
SF-026	QAS439	863	237	40	nd	44	68	550	36	265	5,9	720	13	23	50	0,24	225	<1	<1	<1	0,78	0,01
SF-027	QAS440	861	237	40	nd	46	93	710	32	310	7,0	1080	15	32	67	0,29	410	<1	<1	<1	0,63	0,02
SF-028	QAS441	859	236	47	<4	55	67	510	64	305	6,5	840	12	22	46	0,21	315	2	<1	<1	1,20	0,04
SF-029	QAS442	857	235	55	<4	56	75	540	64	325	6,9	1000	16	23	45	0,19	360	4	<1	<1	0,88	0,03
SF-030	QAS443	855	235	94	4	59	50	220	76	235	5,2	800	26	17	19	0,20	340	3	<1	<1	1,00	0,03
SF-031	QAS444	854	234	112	4	61	54	265	68	265	5,2	1020	32	15	19	0,16	420	2	<1	<1	0,69	0,03
SF-032	QAS445	852	233	152	<4	55	54	320	72	305	5,8	800	35	13	16	0,18	225	1	<1	<1	0,63	0,02
SF-033	QAS446	850	233	140	4	52	49	290	76	295	5,1	690	34	10	12	0,13	185	6	<1	<1	0,69	0,02
SF-034	QAS447	848	232	112	<4	46	46	250	72	250	4,8	740	33	11	15	0,11	265	6	<1	<1	0,66	0,02
SF-035	QAS448	846	231	77	4	42	48	305	60	480	4,8	740	25	13	19	0,18	325	4	<1	<1	0,63	0,02
SF-036	QAS449	844	230	58	4	51	46	180	88	325	5,2	870	19	12	17	0,20	325	<1	<1	<1	0,66	0,02
SF-037	QAS450	842	230	39	16	58	35	95	120	165	5,0	690	10	9	6	0,11	280	<1	<1	<1	1,20	0,02
SF-038	QAS451	840	229	38	24	65	32	45	120	82	5,5	720	9	9	4	0,14	275	1	<1	<1	2,50	0,01
Área Cobre3 - Perfil P3																						
SF-040	QAS375	803	274	65	<4	46	80	450	44	260	6,1	750	18	14	31	0,12	240	8	1	<1	0,63	0,04
SF-041	QAS376	801	273	80	<4	59	110	610	36	285	8,3	1160	22	16	40	0,10	260	5	1	<1	0,48	0,02
SF-042	QAS377	799	272	89	<4	46	89	530	56	440	7,5	1040	25	8	27	0,08	190	12	1	<1	0,63	0,03
SF-043	QAS378	797	272	52	<4	50	63	340	72	190	6,1	730	13	6	16	0,12	145	1	<1	<1	1,40	0,01
SF-044	QAS379	795	271	45	<4	49	90	520	52	230	7,8	940	12	11	27	0,12	200	3	<1	<1	0,94	0,03
SF-045	QAS380	793	271	53	4	42	73	415	48	240	5,9	880	17	17	33	0,13	325	4	<1	<1	0,63	0,03
SF-046	QAS381	791	270	37	6	56	78	520	32	515	6,0	820	14	24	60	0,23	325	<1	<1	<1	0,88	0,03
SF-047	QAS382	789	270	38	8	48	50	52	48	140	4,2	580	11	15	30	0,19	250	1	<1	<1	1,20	0,04
SF-048	QAS383	789	269	40	8	43	42	34	64	100	3,9	650	13	10	26	0,16	210	1	<1	<1	1,70	0,02
SF-049	QAS384	785	269	33	8	42	30	85	68	60	3,7	490	13	10	17	0,22	255	3	<1	<1	1,60	0,03
SF-050	QAS385	783	268	33	10	46	31	82	60	60	3,6	500	11	11	16	0,22	255	<1	<1	<1	1,60	0,03
SF-051	QAS386	781	268	30	8	39	29	59	72	64	3,4	560	10	8	10	0,17	265	<1	<1	<1	2,10	0,02
SF-052	QAS387	779	267	32	8	32	29	76	56	78	3,5	530	12	9	16	0,18	245	<1	<1	<1	1,50	0,04
SF-053	QAS388	777	267	56	8	35	30	100	56	84	2,8	430	20	10	12	0,17	250	1	<1	<1	1,20	0,03

Área Cobre1 - Perfil P4

SF-054	QAS389	665	130	530	10	42	78	510	48	188	4,2	770	126	20	35	0,11	300	5	<1	<1	0,46	0,04
SF-055	QAS390	666	128	315	8	36	48	62	40	200	3,7	710	91	11	35	0,15	250	3	<1	<1	0,45	0,03
SF-056	QAS391	667	126	205	8	31	45	44	44	148	2,9	600	57	15	22	0,12	310	3	<1	<1	0,81	0,03
SF-057	QAS392	667	124	265	8	38	62	76	52	140	3,6	560	76	19	38	0,15	265	4	<1	<1	0,84	0,03
SF-058	QAS393	668	122	160	8	33	37	31	32	134	2,8	580	52	8	17	0,08	230	<1	<1	<1	0,63	0,04
SF-059	QAS394	669	120	81	8	26	27	94	28	120	2,3	460	31	6	12	0,07	190	<1	<1	<1	0,72	0,04
SF-060	QAS395	669	119	69	10	46	67	38	48	96	4,8	1140	20	14	17	0,10	345	1	<1	<1	1,00	0,03
SF-061	QAS396	670	117	760	12	65	118	800	48	410	7,0	1160	120	14	26	0,13	240	4	<1	<1	0,84	0,01
SF-062	QAS397	670	116	640	12	67	98	650	44	360	6,0	1060	164	21	42	0,16	330	4	<1	<1	0,63	0,03
SF-063	QAS398	671	115	140	12	47	56	47	36	126	4,3	760	47	20	28	0,12	360	2	<1	<1	0,63	0,05
SF-064	QAS399	671	114	83	14	54	62	45	40	126	5,4	870	28	18	27	0,16	330	3	<1	<1	0,75	0,04
SF-065	QAS400	672	113	60	12	54	47	34	36	160	4,6	680	19	15	19	0,17	290	<1	<1	<1	0,84	0,05
SF-066	QAS401	672	112	35	8	42	42	29	44	146	3,6	540	11	12	14	0,12	220	1	<1	<1	0,81	0,04
SF-067	QAS402	673	111	38	12	40	40	136	42	100	4,0	530	10	11	15	0,17	200	1	<1	<1	1,10	0,02
SF-068	QAS403	673	110	33	12	36	33	124	40	98	0,96	490	9	11	16	0,15	220	1	<1	<1	1,20	0,02
SF-069	QAS404	674	109	29	8	35	27	76	36	72	3,0	470	9	12	12	0,16	315	1	<1	<1	1,10	0,03
SF-070	QAS405	674	107	26	14	33	30	80	36	92	2,8	450	13	10	10	0,15	250	3	<1	<1	0,81	0,02
SF-071	QAS406	675	105	46	10	47	38	92	120	124	5,1	490	13	10	11	0,20	250	3	<1	<1	0,88	0,02
SF-072	QAS407	675	103	47	8	70	25	35	116	38	4,1	510	14	10	4	0,21	310	<1	<1	<1	1,90	0,02

Área Cobre1 - Perfil P5

SF-073	QAS408	665	101	47	16	73	30	28	148	56	6,1	450	10	9	3	0,27	225	<1	<1	<1	2,70	0,01
SF-074	QAS409	665	103	50	12	61	36	73	120	180	4,3	600	14	12	7	0,17	265	<1	<1	<1	1,30	0,02
SF-075	QAS410	664	105	50	10	57	41	114	80	205	4,5	640	13	13	13	0,13	350	<1	<1	<1	0,59	0,02
SF-076	QAS411	664	107	35	12	46	40	126	56	184	4,1	520	11	11	14	0,12	210	<1	<1	<1	0,41	0,03
SF-077	QAS412	663	109	47	12	52	55	215	48	186	5,0	680	14	14	15	0,11	275	3	<1	<1	0,56	0,02
SF-078	QAS413	663	111	61	14	45	45	165	56	190	4,3	540	18	10	11	0,09	210	3	<1	<1	0,81	0,02
SF-079	QAS414	662	113	85	12	50	51	185	48	245	5,2	670	27	14	15	0,11	250	3	<1	<1	0,44	0,03
SF-080	QAS415	662	115	92	12	42	43	165	64	275	5,0	620	27	12	10	0,08	260	5	<1	<1	0,63	0,03
SF-081	QAS416	661	117	84	16	40	41	125	56	195	3,8	630	26	12	11	0,11	310	2	<1	<1	0,63	0,01
SF-082	QAS417	661	119	166	14	62	52	295	76	245	6,0	830	37	12	17	0,09	400	4	1	<1	0,44	0,01
SF-083	QAS418	660	121	134	12	52	46	235	60	235	4,6	650	32	10	11	0,09	285	3	<1	<1	0,69	0,01
SF-084	QAS419	659	123	146	12	48	49	265	44	184	4,5	600	38	15	23	0,11	255	3	<1	<1	0,69	0,03
SF-085	QAS420	658	124	130	10	46	43	185	48	184	4,0	590	39	13	15	0,09	285	4	<1	<1	0,56	0,04
SF-086	QAS421	658	126	140	12	49	54	240	48	186	5,0	720	42	14	14	0,11	300	5	<1	<1	0,50	0,02

Área Cobre1 - Perfil P6

SF-087	QAS422	683	108	38	12	58	59	305	48	210	5,9	600	12	15	23	0,11	220	4	<1	<1	0,75	0,03
SF-088	QAS423	682	109	40	12	57	54	265	68	184	5,0	610	13	15	22	0,12	275	3	<1	<1	0,94	0,02
SF-089	QAS424	682	111	47	10	48	43	155	76	154	4,0	610	16	15	17	0,17	340	2	<1	<1	1,16	0,03
SF-090	QAS425	681	113	43	10	34	52	240	44	205	4,0	600	16	17	24	0,13	260	4	<1	<1	0,72	0,03
SF-091	QAS426	680	115	58	12	39	48	265	40	240	4,6	510	20	13	21	0,12	170	4	<1	<1	0,69	0,02
SF-092	QAS427	680	117	50	12	49	59	315	40	280	5,0	570	16	12	21	0,10	195	20	<1	<1	0,77	0,04
SF-093	QAS428	679	119	94	12	38	46	205	48	390	4,2	600	30	13	20	0,12	235	2	<1	<1	0,75	0,04
SF-094	QAS429	678	120	86	12	48	56	310	56	320	4,9	720	26	16	40	0,15	345	1	<1	<1	0,91	0,03
SF-095	QAS430	678	122	185	14	50	50	335	64	230	4,9	650	44	15	28	0,18	245	2	<1	<1	1,00	0,02
SF-096	QAS431	677	124	250	14	60	62	156	56	220	5,1	650	69	19	39	0,15	255	3	<1	<1	0,81	0,03
SF-097	QAS432	677	126	540	14	47	85	620	72	200	4,6	630	122	24	45	0,13	300	1	<1	<1	0,81	0,03

Área Ferro1 - Perfil P7

SF-098	QAS452	184	109	75	6	48	31	34	152	68	5,0	1040	20	11	7	0,20	425	<1	<1	<1	0,94	0,01
SF-099	QAS453	184	111	80	8	59	30	38	164	70	5,3	880	24	12	10	0,28	415	<1	<1	<1	0,94	<0,01
SF-100	QAS454	183	113	136	6	53	26	30	104	36	3,9	670	7	4	1	0,18	150	<1	<1	<1	0,72	0,01
SF-101	QAS455	182	116	61	4	63	35	145	124	165	5,4	600	12	6	13	0,62	145	1	<1	<1	1,30	0,01
SF-102	QAS456	181	120	49	6	61	25	23	148	34	4,8	750	10	8	5	0,60	260	<1	<1	<1	1,60	<0,01
SF-103	QAS457	181	122	44	4	52	23	28	124	52	4,0	840	13	10	6	0,60	425	<1	<1	<1	0,94	0,02
SF-104	QAS458	180	124	40	10	50	21	27	104	50	4,0	670	11	11	4	0,19	420	2	<1	<1	0,94	0,03
SF-105	QAS459	179	126	68	10	50	24	52	124	104	2,9	560	20	13	10	0,20	415	1	<1	<1	1,90	0,05
SF-106	QAS460	179	128	80	8	54	29	39	204	63	5,4	620	25	15	8	0,29	430	1	<1	<1	3,50	0,03
SF-107	QAS461	178	130	60	8	54	30	49	164	88	4,6	690	18	17	12	0,27	430	1	<1	<1	2,80	0,02
SF-108	QAS462	178	132	102	8	45	49	135	120	134	4,9	520	34	20	19	0,26	300	3	<1	<1	1,10	0,03
SF-109	QAS463	177	134	62	6	42	41	165	64	130	3,9	510	25	24	27	0,23	400	3	<1	<1	0,75	0,03

SF-110	QAS464	177	136	72	6	35	44	240	40	126	3,8	520	25	21	27	0,16	350	2	<1	<1	0,50	0,03
SF-111	QAS465	176	138	160	6	37	52	285	44	140	3,4	490	49	27	34	0,15	325	12	<1	<1	0,50	0,04
SF-112	QAS466	175	140	188	6	42	47	295	56	162	3,7	530	64	30	44	0,51	400	4	<1	<1	0,56	0,04
SF-113	QAS467	175	142	180	8	36	42	245	52	164	3,4	610	73	29	49	0,66	500	1	<1	<1	0,63	0,03

Área Ferro1 - Perfil P8

SF-114	QAS468	193	145	38	6	46	33	92	84	98	3,8	650	16	20	26	0,72	490	<1	<1	<1	1,70	0,02
SF-115	QAS469	194	147	40	8	47	31	94	92	122	4,6	600	18	24	30	0,80	530	<1	<1	<1	1,60	<0,01
SF-116	QAS470	195	149	40	8	48	33	94	92	108	4,4	630	16	20	28	0,80	480	<1	<1	<1	1,50	0,03
SF-117	QAS471	196	150	39	8	46	35	104	96	118	4,4	690	17	23	32	0,91	540	<1	<1	<1	1,60	0,01
SF-118	QAS472	197	152	37	8	40	32	72	92	90	3,6	500	15	20	21	0,80	400	1	<1	<1	1,80	0,02
SF-119	QAS473	198	154	34	8	42	33	110	72	72	3,5	580	17	22	29	0,88	500	<1	<1	<1	1,10	0,02
SF-120	QAS474	199	155	31	8	39	30	120	80	70	3,6	460	13	17	30	0,70	350	1	<1	<1	0,88	0,03
SF-121	QAS475	200	157	38	8	50	39	225	64	86	4,1	620	15	21	48	0,82	440	1	<1	<1	0,75	0,03
SF-122	QAS476	201	159	28	8	35	34	126	68	64	3,6	560	11	17	26	0,72	400	1	<1	<1	1,00	0,02

Área Ferro1 - Perfil P9

SF-123	QAS477	251	220	50	8	31	30	81	72	188	4,0	580	21	18	18	0,56	450	1	<1	<1	1,30	0,03
SF-124	QAS478	250	223	55	8	28	32	94	60	130	4,2	600	22	18	19	0,44	460	1	<1	<1	1,30	0,01
SF-125	QAS479	248	225	45	4	26	29	100	56	108	3,2	520	21	18	25	0,60	410	2	<1	<1	1,90	0,02
SF-126	QAS480	247	227	70	6	29	37	90	124	162	4,5	730	33	22	26	0,66	600	3	<1	<1	1,90	<0,01
SF-127	QAS481	245	230	96	6	33	37	78	156	130	4,4	840	45	24	21	0,65	720	2	<1	<1	2,50	0,02
SF-128	QAS482	244	233	114	4	31	31	80	180	138	4,8	600	49	20	24	0,61	500	2	<1	<1	2,90	0,03
SF-129	QAS483	243	235	55	4	33	38	59	216	80	6,1	900	25	24	18	1,10	680	1	<1	<1	3,30	0,03
SF-130	QAS484	241	236	41	4	30	29	68	116	120	3,7	580	17	16	19	0,61	390	<1	<1	<1	2,10	0,02
SF-131	QAS485	240	239	44	6	32	28	55	96	164	3,4	700	17	16	17	0,45	490	<1	<1	<1	2,00	0,02
SF-132	QAS486	238	241	42	6	34	28	58	88	174	3,4	760	19	17	16	0,57	530	<1	<1	<1	2,00	0,02
SF-133	QAS487	236	244	49	4	33	27	60	88	192	3,6	700	22	15	15	0,67	470	1	<1	<1	1,80	0,03

Área Ferro1 - Perfil P10

SF-134	QAS488	220	117	53	6	49	30	48	132	102	4,1	900	18	14	14	0,52	590	1	<1	<1	1,90	0,01
SF-135	QAS489	222	120	46	6	56	31	56	120	116	4,3	890	15	12	12	0,50	580	1	<1	<1	1,60	0,02
SF-136	QAS490	223	122	39	6	74	36	64	120	84	5,2	780	12	14	11	0,57	460	<1	<1	<1	2,10	0,04
SF-137	QAS491	225	125	45	8	68	34	87	108	120	4,7	670	16	16	19	0,64	440	<1	1	<1	1,80	0,01
SF-138	QAS492	226	127	37	6	68	31	74	120	110	4,9	720	13	13	14	0,57	440	<1	<1	<1	1,90	0,04
SF-139	QAS493	228	130	36	6	60	33	70	116	118	4,4	700	12	13	14	0,58	420	<1	<1	<1	2,00	<0,01
SF-140	QAS494	229	133	42	4	74	34	77	136	96	5,0	820	14	15	17	0,59	550	1	<1	<1	2,00	0,04
SF-141	QAS495	231	136	41	<4	55	47	220	80	154	5,8	960	15	20	42	0,51	640	1	1	<1	0,88	0,03
SF-142	QAS496	232	139	20	4	53	50	140	88	226	5,5	710	9	20	26	0,48	420	<1	<1	<1	1,30	0,02
SF-143	QAS497	234	141	34	8	36	36	108	84	130	4,3	640	14	21	30	0,86	490	<1	<1	<1	1,00	0,02
SF-144	QAS498	235	144	23	4	39	35	124	80	180	4,3	500	10	16	27	0,56	400	<1	<1	<1	1,20	0,02
SF-500	QAS499			33	nd	55	22	44	84	66	3,9	450	11	9	8	0,38	280	<1	<1	<1	2,30	0,03
SF-501	QAS500			31	<4	51	23	37	116	90	5,0	460	13	11	9	0,46	335	<1	<1	<1	2,50	0,02

AMOSTRAS DUPLICATAS

N. duplicata	N. original	<.....Análises AA/HNO ₃>											<.....Análises AA/HCl frio.....>											<.....AAGH/AR.....>					<.....QVU.....>	
		Cu	Pb	Zn	Co	Ni	V	Cr	Fe%	Mn	Cu	Co	Ni	Fe%	Mn	As	Sb	Bi	Ti%	S%										
SF-701	144	26	<4	56	32	124	76	170	5,0	530	8	11	15	0,22	250	<1	<1	<1	1,10	0,02										
SF-702	141	45	nd	67	49	240	72	154	6,4	870	11	11	24	0,15	400	1	1	<1	1,00	0,03										
SF-703	134	53	4	52	27	44	112	88	5,0	880	16	6	7	0,12	280	<1	<1	<1	1,40	0,01										
SF-704	133	50	<4	40	25	50	80	195	3,6	720	16	9	7	0,12	360	<1	1	<1	1,70	0,03										
SF-705	124	50	<4	32	29	83	44	120	3,6	630	19	9	12	0,10	275	<1	<1	<1	1,30	0,01										
SF-706	118	34	<4	36	29	65	80	80	3,4	490	13	13	15	0,26	295	1	<1	<1	1,50	0,02										
SF-707	109	58	<4	42	43	158	56	128	3,9	580	19	15	20	0,12	290	3	<1	1	0,75	0,03										
SF-708	098	66	4	40	25	26	116	54	5,0	840	20	9	5	0,15	395	<1	<1	<1	0,88	0,02										
SF-709	092	47	nd	47	54	325	40	280	5,4	630	15	12	21	0,10	230				0,75	0,03										
SF-710	075	42	<4	46	35	102	68	250	4,3	610	10	11	12	0,16	330	<1	<1	<1	0,50	0,01										
SF-711	066	37	<4	44	44	200	56	190	5,6	600	12	11	16	0,11	310				0,56	0,03										
SF-712	061	780	<4	60	102	860	72	46	7,7	1000	138	20	40	0,17	240	4	<1	<1	0,63	0,02										

SF-713	059	108	nd	30	28	126	64	185	3,6	500	32	8	15	0,09	240	<1	<1	<1	0,50	0,03
SF-714	051	33	nd	40	28	54	120	90	4,3	560	12	9	11	0,20	300	<1	<1	<1	1,90	0,02
SF-715	036	56	nd	47	45	162	76	340	5,5	750	19	10	16	0,19	305	<1	<1	<1	0,63	0,02
SF-716	022	25	nd	34	53	410	32	300	4,6	570	8	15	30	0,13	205				0,63	0,02
SF-717	012	172	<4	31	48	265	36	235	4,5	600	58	11	12	0,07	205	8	<1	<1	0,35	0,02
SF-718	001	57	nd	38	26	59	64	72	3,3	450	20	7	5	0,15	225	<1	<1	<1	0,45	0,02

ANEXO 4 – RESULTADOS ANALÍTICOS DE CONCENTRADOS DE BATEIA DE 20 LITROS DE SOLOS 0 - 40 CM

4.1 - Separação com bromofórmio e pesagem # Análise no CHEMEX LAB.

N. campo	N. lab.	Peso Original PO	Peso Concentrado (gramas, valores arredondados) PC	Au#	Pd#	Pt#	Rh#
SF-004	QAS519						
SF-010	QAS520						
SF-014	QAS521						
SF-022	QAS522						
SF-024	QAS523						
SF-036	QAS524						
SF-046	QAS525						
SF-048	QAS526						
SF-052	QAS527	398	276	<0,002	<0,002	<0,005	<0,010
SF-056	QAS528						
SF-060	QAS529	339	282	<0,002	<0,002	<0,005	<0,010
SF-066	QAS530						
SF-070	QAS531						
SF-072	QAS532						
SF-086	QAS533						
SF-094	QAS534						
SF-096	QAS535						
SF-102	QAS536						
SF-110	QAS537						
SF-116	QAS538						
SF-126	QAS539	558	479	<0,002	<0,002	<0,005	<0,010
SF-132	QAS540						
SF-136	QAS541						

4.2 - Fire Assay p/ Pt, Pd, Ir, Rh, Ru; Au p/AA(HBr+Br) e Mineralógica semiquantitativa # Análise no CHEMEX LAB.

PO = peso original PC = peso concentrado (gramas, valores arredondados), nd = não detectado (limite de sensibilidade 0,02 ppm Au)

MINERAIS	A- Magnetita	F- Monazita	K- Anfibólio	P- Pirita Oxidada
	B- Ilmenita	G- Zircão	L- Clorita	
	C- Cassiterita	H- Anatásio	M- Apatita	
	D- Rutilo	I- Granada	N- Mica	
	E- Cromita	J- Piroxenio	O- Óxido de Ferro	
Concentrações: 5 = 75-100% 4 = 50-75% 3 = 25-50% 2 = 5-25% 1 = 1-5% 0 = <1%				

N. campo	N. lab.	PO	PC	Pt	Pd	Ir	Rh	Ru	Au	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
SF-007	QAS542	200	143	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	3	0	0	0	0	0	-	-	-	5	-	-	-	0	-	
SF-020	QAS543	260	115	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	2	3	0	-	-	-	0	-	-	2	2	2	-	0	0	-
SF-040	QAS544	200	176	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	4	2	-	-	0	0	0	0	-	1	1	-	-	0	0	-
SF-044	QAS545	200	172	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	3	2	-	-	-	0	0	-	0	2	3	-	-	0	-	0
SF-055	QAS546	200	168	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	4	2	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	0	0	-
SF-057	QAS547	200	182	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	4	2	-	-	-	0	0	-	1	1	-	-	-	0	1	0
SF-074	QAS548	200	181	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	4	2	-	0	-	0	0	0	-	1	2	-	-	-	0	1
SF-075	QAS549	203	161	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	3	2	-	-	0	0	0	-	1	3	-	0	0	0	-	-
SF-078	QAS550	200	146	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	3	2	-	0	-	0	0	-	1	4	-	-	-	0	0	-
SF-080	QAS551	200	139	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	3	1	-	0	-	0	0	0	-	1	4	-	-	0	0	-
SF-090	QAS552	200	141	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	3	2	-	0	-	0	0	0	-	2	3	-	-	-	0	0
SF-093	QAS553	164	130	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	1,4	3	2	-	0	-	0	0	-	2	3	-	-	-	0	0	-
SF-097	QAS554	200	156	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	4	2	-	0	-	0	0	-	2	2	-	-	-	0	-	-
SF-107	QAS555	200	176	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	1	5	-	0	-	0	0	0	1	1	1	-	-	-	2	-
SF-108	QAS556	200	170	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	1	4	-	0	-	0	0	-	2	2	-	-	-	3	0	-
SF-120	QAS557	200	177	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	3	3	-	0	-	0	0	-	0	1	2	-	-	-	0	-
SF-129	QAS558	200	190	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	4	2	-	0	-	0	0	-	0	1	1	-	-	-	0	-

SF-140	QAS559	200	183	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	4	2	-	0	-	0	0	-	-	0	1	-	-	-	0	0	
SF-141	QAS560	200	191	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	5	2	-	0	-	0	0	-	0	0	1	-	-	-	0	0	0
SF-142	QAS561	200	199	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	5	2	-	0	-	0	0	-	0	0	0	-	-	-	-	0	0

	Au#	Pd#	Pt#	Rh#
SF-044	0,014	<0,002	0,005	<0,040

4.3 - Fire Assay p/ Pt, Pd, Ir, Rh, Ru + AA/HBr+Br p/Au + Q.V.U. p/ Co, Cr, Cu, Fe, Ni, V, Ti + Mineralógica semiquantitativa

Análise no CHEMEX LAB.

PO= peso original PC= peso concentrado (gramas, valores arredondados), nd = não detectado (limite de sensibilidade 0,02 ppm Au)

MINERAIS	A- Magnetita	F- Anatásio	K- Apatita	P- Prehnita	U- Espinélio
	B- Ilmenita	G- Granada	L- Mica	Q- Turmalina	V- Leucóxenio
	C- Rutilo	H- Piroxênio	M- Óxido de Ferro	R- Andaluzita	
	D- Monazita	I- Anfibólio	N- Pirita	S- Epidoto	
	E- Zircão	J- Clorita	O- Ouro	T- Titanita	
Concentrações: 5 = 75-100% 4 = 50-75% 3 = 25-50% 2 = 5-25% 1 = 1-5% 0 = <1%					

N. campo	N.lab.	PO	PC	Pt	Pd	Ir	Rh	Ru	Au	Co	Cr	Cu	Fe%	Ni	V	Ti%
SF-006	QAS562	414	264	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	385	1500	650	26,2	370	640	6,3
SF-009	QAS563	311	204	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	60	1900	125	14,3	275	240	2,9
SF-017	QAS564	303	208	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	220	4625	45	22,1	200	520	7,9
SF-026	QAS565	306	148	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	80	7000	30	17,3	340	620	6,9
SF-030	QAS566	345	181	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	0,6	110	1950	85	17,3	235	620	9,6
SF-031	QAS567	322	178	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	115	1925	110	16,4	250	580	10,2
SF-034	QAS568	299	152	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	0,3	200	2075	200	22,5	310	740	13,8
SF-035	QAS569	343	136	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	190	19500	215	22,3	390	800	7,3
SF-042	QAS571	399	363	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	205	47500	50	35,7	500	880	5,5
SF-049	QAS572	322	279	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	85	5750	30	40,8	70	1200	11,2
SF-061	QAS573	298	252	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	110	1525	230	31,5	390	960	8,7
SF-065	QAS574	336	183	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	125	800	75	24,6	410	560	1,6
SF-069	QAS575	323	240	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	105	1150	40	19,9	125	800	8,3
SF-082	QAS576	203	99	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	270	1125	210	30,1	40	520	16,3
SF-083	QAS577	292	186	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	140	1325	100	25,2	230	580	12,4
SF-095	QAS578	317	234	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	180	1750	200	23,3	310	540	7,1
SF-098	QAS579	243	159	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	65	250	85	17,3	45	460	7,1
SF-104	QAS580	155	47	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	85	275	125	25,7	50	480	8,7
SF-118	QAS581	188	154	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	105	300	40	29,4	60	780	20,6
SF-124	QAS582	352	218	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	110	625	65	24,7	80	560	18,8

N. campo	N.lab.	PO	PC	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	R	S	T	U	V
SF-006	QAS562	414	264	3	1	0	0	0	0	-	-	4	0	0	0	2	2	0	-	-	0	0	0	0
SF-009	QAS563	311	204	2	2	0	0	0	0	-	1	4	0	0	0	1	-	-	-	-	0	0	-	0
SF-017	QAS564	303	208	2	2	0	-	0	0	-	0	4	-	0	-	0	2	-	-	-	0	0	-	0
SF-026	QAS565	306	148	3	2	0	0	0	0	-	2	3	-	0	0	0	-	-	1	-	0	-	-	0
SF-030	QAS566	345	181	2	2	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	-	1
SF-031	QAS567	322	178	2	2	1	0	0	-	-	0	4	0	0	0	1	0	-	-	-	1	-	-	-
SF-034	QAS568	299	152	3	2	0	-	0	0	0	-	3	-	1	-	2	0	-	-	-	0	0	-	0
SF-035	QAS569	343	136	3	1	1	0	0	0	-	-	3	0	0	0	2	1	-	-	0	0	0	-	0
SF-042	QAS571	399	363	4	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	1	1	-	-	0	1	-	-	0
SF-049	QAS572	322	279	4	2	0	-	1	0	0	0	2	1	0	1	1	1	-	-	-	0	-	-	0
SF-061	QAS573	298	252	3	2	-	0	0	0	2	3	1	0	0	2	0	-	-	-	0	0	-	-	0
SF-065	QAS574	336	183	2	2	0	-	1	-	-	2	4	-	0	-	2	2	-	-	-	0	1	-	-
SF-069	QAS575	323	240	3	2	0	-	1	-	1	2	3	0	1	-	0	1	-	-	-	1	0	-	-
SF-082	QAS576	203	99	2	2	0	-	0	-	-	2	4	0	0	1	2	0	-	-	-	0	0	-	-
SF-083	QAS577	292	186	3	2	0	-	0	-	0	1	3	0	0	1	2	1	-	-	-	-	0	-	-
SF-095	QAS578	317	234	2	2	-	-	0	-	-	2	4	-	1	-	1	1	-	-	-	0	0	-	-
SF-098	QAS579	243	159	1	1	-	-	1	0	2	-	4	0	-	0	1	2	-	-	-	1	0	-	-
SF-104	QAS580	155	47	2	2	0	-	1	-	1	1	2	-	-	-	2	2	-	-	-	0	0	-	-

SF-118 QAS581 188 154 3 2 0 - 1 0 0 0 2 1 0 - 2 2 - - - 2 0 - -
 SF-124 QAS582 352 218 1 2 1 - 1 - 0 0 4 0 0 1 2 2 0 - - 1 0 - -

	Au#	Pd#	Pt#	Rh#
SF-042	0,300	<0,002	0,010	<0,010
SF-061	0,004	<0,002	0,005	<0,010
SF-065	<0,002	<0,002	<0,005	<0,010

4.4 - Fire Assay p/ Pt, Pd, Ir, Rh, Ru + Q.V.U. p/ Co, Cr, Cu, Fe, Ni, V, Ti + AA/HBr+Br p/ Au
 # Análise no CHEMEX LAB.

PO = peso original PC = peso concentrado (gramas, valores arredondados), I = amostra insuficiente para análise, nd = não detectado

N. campo	N. lab.	PO	PC	Pt	Pd	Ir	Rh	Ru	Co	Cr	Cu	%Fe	Ni	V	%Ti	Au
SF-001	QAS583	329	318	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	160	225	70	41,6	80	1380	15,5	nd
SF-002	QAS584	421	359	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	190	450	115	35,5	115	1180	13,3	nd
SF-003	QAS585	617	522	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	150	700	85	34,9	120	1460	12,3	nd
SF-005	QAS586	553	494	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	120	450	75	47,8	85	2300	10,8	nd
SF-012	QAS587	259	104	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	I	I	I	I	I	I	I	I
SF-018	QAS588	235	40	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	I	I	I	I	I	I	I	I
SF-021	QAS589	253	164	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	90	11250	25	19,7	405	680	7,5	nd
SF-037	QAS590	363	286	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	200	1000	100	31,7	105	1100	17,3	nd
SF-045	QAS591	194	152	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	165	23000	40	27,3	415	680	5,3	nd
SF-047	QAS592	399	326	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	105	9750	25	28,5	220	880	11,0	nd
SF-054	QAS593	431	315	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	115	2800	240	31,8	325	1200	12,3	nd
SF-059	QAS594	308	271	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	100	1925	50	29,3	155	1180	9,8	nd
SF-063	QAS595	256	200	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	105	1100	90	28,3	255	780	9,8	nd
SF-076	QAS596	303	216	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	95	1550	80	20,9	160	800	15,3	nd
SF-081	QAS597	207	128	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	365	925	210	22,0	200	520	7,5	nd
SF-087	QAS598	266	222	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	90	2700	25	21,6	255	720	11,1	nd
SF-099	QAS599	153	73	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	I	I	I	I	I	I	I	I
SF-100	QAS600	307	254	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	35	125	50	9,2	25	260	0,64	nd
SF-101	QAS601	297	192	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	60	225	45	11,6	85	240	4,0	nd
SF-103	QAS602	110	51	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	I	I	I	I	I	I	I	I
SF-105	QAS603	202	86	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	I	I	I	I	I	I	I	I
SF-111	QAS604	209	139	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	90	1175	155	15,8	305	360	7,2	0,40
SF-112	QAS605	215	160	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	115	625	215	20,0	325	500	9,4	nd
SF-117	QAS606	238	182	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	125	225	40	28,2	55	760	20,7	nd
SF-119	QAS607	306	279	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	125	250	40	32,0	60	900	22,0	nd
SF-128	QAS608	457	380	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	90	425	55	30,0	55	1060	16,2	nd
SF-131	QAS609	384	304	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	50	475	15	30,3	35	860	19,3	nd
SF-137	QAS610	337	301	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	100	550	70	46,6	105	860	9,4	nd
SF-138	QAS611	404	361	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	160	350	50	41,3	85	780	12,0	nd
SF-143	QAS612	304	220	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	80	300	20	25,2	35	540	15,1	nd

	Au#	Pd#	Pt#	Rh#
SF-045	<0,002	<0,002	<0,005	<0,10
SF-119	<0,002	<0,002	<0,005	<0,010
SF-138	<0,002	<0,002	<0,005	<0,010

4.5 - Fire Assay p/ Pt, Pd, Ir, Rh, Ru e Au p/ AA-HBr+Br
 # Análise no CHEMEX LAB.

PO = peso original PC = peso concentrado (gramas, valores arredondados), I = amostra insuficiente para análise, nd = não detectado

N. campo	N. lab.	PO	PC	Pt	Pd	Ir	Rh	Ru	Au	Au#	Pd#	Pt#	Rh#
SF-008	QAS613	266	168	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-011	QAS614	342	237	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				

SF-013 QAS615	311	106	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	I				
SF-015 QAS616	299	219	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-016 QAS617	298	212	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-019 QAS618	212	112	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-023 QAS619	394	186	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	0,06	<0,002	<0,002	<0,005	<0,010
SF-025 QAS620	242	98	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	I				
SF-027 QAS621	372	196	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-028 QAS622	376	307	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-029 QAS623	248	146	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-033 QAS624	310	129	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-038 QAS625	220	147	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	0,28				
SF-032 QAS626	364	252	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-041 QAS627	308	276	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-043 QAS628	364	318	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	0,80				
SF-050 QAS629	385	326	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-051 QAS630	640	466	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	1,20	1,40	<0,002	<0,005	<0,010
SF-053 QAS631	496	371	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	0,04				
SF-058 QAS632	291	241	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-062 QAS633	199	163	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-064 QAS634	382	282	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-067 QAS635	300	199	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-068 QAS636	298	211	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-071 QAS637	365	300	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-073 QAS638	237	228	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-077 QAS639	276	195	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-079 QAS640	211	150	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-084 QAS641	212	176	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-085 QAS642	204	123	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-088 QAS643	365	302	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-089 QAS644	251	220	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-091 QAS645	260	180	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-092 QAS646	216	154	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-106 QAS647	336	294	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-109 QAS648	198	156	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-113 QAS649	195	135	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-114 QAS650	549	413	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-115 QAS651	237	186	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-121 QAS652	245	173	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-122 QAS653	213	149	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-123 QAS654	301	182	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	0,22				
SF-125 QAS655	485	398	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-127 QAS656	535	451	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-130 QAS657	334	275	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-133 QAS658	484	383	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	<0,002	<0,002	<0,005	<0,010
SF-134 QAS659	144	107	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	1,21				
SF-135 QAS660	198	150	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				
SF-139 QAS661	411	391	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	<0,002	<0,002	<0,005	<0,010
SF-144 QAS662	548	462	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd				

ANEXO 5 - RESULTADO ANALÍTICO DE CONCENTRADO DE BATEIA DE ALUVIÃO – 60 LITROS

Análise por Fire Assay p/ Pt, Pd, Ir, Rh, Ru + AA/HBr+Br p/Au + Q.V.U. p/ Co, Cr, Cu, Fe, Ni, V, Ti e Mineralógica semiquantitativa

PO = peso original PC = peso concentrado (gramas, valores arredondados), nd = não detectado (limite de sensibilidade de 0,02 ppm Au)

MINERAIS	A- Magnetita	F- Anatásio	K- Apatita	P- Epidoto	
	B- Ilmenita	G- Granada	L- Micas	Q- Titanita	
	C- Rutilo	H- Piroxênio	M- Óxido de Ferro	R- Leucoxênio	
	D- Monazita	I- Anfíbólio	N- Pirita		
	E- Zircão	J- Clorita	O- Turmalina		
Concentrações:	5 = 75-100%	4 = 50-75%	3 = 25-50%	2 = 5-25%	1 = 1-5% 0 = <1%

N. campo	N.lab.	PO	PC	Pt	Pd	Ir	Rh	Ru	Au	Co	Cr	Cu	Fe%	Ni	V	Ti%
SF-039	QAS570	956	793	<0,03	<0,01	<0,05	<0,03	<0,05	nd	100	675	30	30,5	50	880	14,8

N. campo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
SF-039	3	2	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	1	0	2	0	0