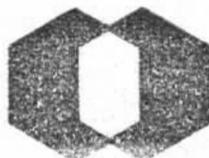


MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL
CONVÊNIO DNPM - CPRM

PROJETO
LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO REGIONAL
DO ESCUDO SUL-RIOGRANDENSE
1ª FASE
RELATÓRIO FINAL
VOLUME I

PHL
012639
2007

Eugenio Casimiro Szubert ✓
Carlos Alberto Kirchner ✓
Carlos Antonio Grazia ✓



	SUREMI SEDOTE
CPRM	I-95
	ARQUIVO TÉCNICO
Relatório n.º	586-S ✓
N.º de Volumes:	3 v.: 1
OSTENSIVO	

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS MINERAIS
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE
1976

PROJETO LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO REGIONAL DO ESCUDO
SUL-RIOGRANDENSE - 1ª FASE

Chefe do Projeto	Eugenio Casimiro Szubert ✓
Equipe Executora	Carlos Alberto Kirchner ✓ Carlos Antonio Grazia ✓
Prospectores	Floro de Menezes Filho ✓ Paulo José Kern ✓ Airton José Zambrozuski ✓
Participação	Ruben Horbach ✓ Paulo Francisco Garcia ✓
Supervisão	Gustavo Noronha D. Gonçalves (DIGEOQ) ✓ Oscar Füller (DIGEOQ) ✓ Cladis Antonio Presotto (DIVPES) ✓ Luís Edmundo Giffoni (COREMI) ✓

PROJETO LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO REGIONAL DO ESCUDO
SUL-RIOGRANDENSE - 1ª FASE

ÍNDICE DOS VOLUMES

VOLUME I

Resumo
Abstract
Introdução
Fisiografia
Geologia - Mapas Geológicos
Técnicas de Amostragem
Métodos Analíticos
Processamento dos Dados
Apresentação e Interpretação dos Resultados
Conclusões e Recomendações
Referências Bibliográficas

VOLUME II

Mapas de Amostragem
Mapas de Distribuição Geoquímica
Mapas de Distribuição Mineralógica
Perfis Geoquímicos
Sumário das Estatísticas

APRESENTAÇÃO

O presente relatório encerra a 1ª fase do Projeto Levantamento Geoquímico Regional do Escudo Sul-Riograndense, realizado em cinco áreas-teste portadoras de mineralizações conhecidas, cujos objetivos foram estabelecer parâmetros indispensáveis a uma prospecção geoquímica regional ou de detalhe em áreas semelhantes às estudadas.

O volume I apresenta a metodologia adotada nas diferentes etapas do Projeto e os resultados geoquímicos obtidos para os elementos mais significativos, bem como as conclusões e recomendações visando o seu prosseguimento através de projetos regionais ou específicos.

O volume II contém os mapas de amostragem, mapas de distribuição geoquímica e mineralógica, perfis geoquímicos e o sumário das estatísticas.

Os parâmetros descritivos gerais e de campo e os resultados analíticos estão contidos em apêndice, constituindo o cadastro geoquímico do Projeto.

S U M Á R I O

VOLUME I

	Folha
1. RESUMO	1
2. ABSTRACT	3
3. INTRODUÇÃO	5
3.1. Histórico	5
3.2. Objetivos	7
3.3. Localização e Vias de Acesso	8
4. FISIOGRAFIA	12
4.1. Clima	12
4.2. Aspectos Morfológicos	12
4.3. Solos	14
4.3.1. Área do Cerro dos Martins	14
4.3.2. Área do Cerro Mantiqueiras	14
4.3.3. Áreas de Pinheiro - Cerro da Árvore e Campinas - Figueiras	15
4.3.4. Área de Palmas	15
5. GEOLOGIA	17
5.1. Panorama Geológico do Escudo Sul-Riogranden- se	17
5.1.1. Estratigrafia	17
5.1.2. Tectônica	19
5.2. Geologia das Áreas de Amostragem	20
5.2.1. Área do Cerro dos Martins	20
5.2.2. Área do Cerro Mantiqueiras	24
5.2.3. Área de Pinheiro - Cerro da Árvore	26
5.2.4. Área de Campinas - Figueiras	31
5.2.5. Área de Palmas	34

	Folha
6. TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM	39
6.1. Generalidades	39
6.2. Sedimentos de Corrente	41
6.2.1. Área do Cerro dos Martins	41
6.2.2. Área do Cerro Mantiqueiras	41
6.2.3. Área de Pinheiro - Cerro da Árvore e Cam- pinas - Figueiras	42
6.2.4. Área de Palmas	44
6.3. Concentrados de Bateia	45
6.4. Solos	46
6.5. Rochas	47
7. MÉTODOS ANALÍTICOS	49
7.1. Generalidades	49
7.2. Espectrografia de Emissão	50
7.3. Espectrofotometria de Absorção Atômica	50
7.4. Colorimetria	51
7.5. Elétrodo de Íon Específico	52
8. PROCESSAMENTO DOS DADOS	53
8.1. Generalidades	53
8.2. Critérios de Interpretação	55
8.3. Processamento Eletrônico	60
8.4. Apresentação Gráfica	62
8.4.1. Sumário das Estatísticas	62
8.4.2. Histogramas	63
8.4.3. Gráficos de Probabilidade	64
8.4.4. Mapas	64
8.4.5. Perfis Geoquímicos	66
8.4.6. Análise Mineralógica Qualitativa	66
9. APRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	67

	Folha
9.1. Área do Cerro dos Martins	67
9.1.1. Sedimentos de Corrente	67
9.1.1.1. Generalidades	67
9.1.1.2. Distribuição de Cobre, Chumbo, Zinco e Cobalto	68
9.1.1.3. Distribuição de Ferro, Manganês, Titânio e Vanádio	73
9.1.2. Solos	74
9.1.2.1. Generalidades	74
9.1.2.2. Análise de Variância	76
9.1.2.3. Distribuição de Cobre, Chumbo e Zinco	78
9.1.2.4. Distribuição de Ferro, Manganês, Prata e Bário	80
9.1.3. Rochas	82
9.1.3.1. Generalidades	82
9.1.3.2. Distribuição de Cobre, Chumbo e Zinco	83
9.1.3.3. Distribuição de Cobalto, Vanádio e Manganês	85
9.2. Área do Cerro Mantiqueiras	86
9.2.1. Sedimentos de Corrente	86
9.2.1.1. Generalidades	86
9.2.1.2. Distribuição de Cobre, Cobalto, Níquel e Cromo	87
9.2.2. Solos	92
9.2.2.1. Generalidades	92
9.2.2.2. Distribuição de Cobre, Chumbo e Zinco	93
9.2.2.3. Distribuição de Níquel, Cobalto e Cromo	94
9.2.2.4. Distribuição de Ferro e Manganês	97
9.2.3. Rochas	97
9.2.3.1. Generalidades	97
9.2.3.2. Distribuição de Cobre, Cobalto e Níquel	98

	Folha
9.3. Área de Pinheiro - Cerro da Árvore	101
9.3.1. Sedimentos de Corrente	101
9.3.1.1. Generalidades	101
9.3.1.2. Distribuição de Estanho, Flúor e Tungstênio	102
9.3.1.3. Outros Elementos	106
9.3.2. Concentrados de Bateia	107
9.3.2.1. Generalidades	107
9.3.2.2. Distribuição de Cassiterita, Ilmenita, Calcopirita, Scheelita e Fluorita	108
9.3.2.3. Distribuição de Boro, Berílio e Bário	111
9.3.3. Solos	111
9.3.3.1. Generalidades	111
9.3.3.2. Distribuição de Tungstênio, Estanho e Flúor	113
9.3.3.3. Distribuição de Cobre, Chumbo e Zinco	114
9.3.3.4. Distribuição de Ferro, Manganês e Bário	115
9.3.4. Rochas	117
9.3.4.1. Generalidades	117
9.3.4.2. Distribuição de Estanho e Tungstênio	118
9.3.4.3. Distribuição de Cobre, Chumbo, Zinco, Prata e Molibdênio	119
9.4. Área de Campinas - Figueiras	120
9.4.1. Sedimentos de Corrente	120
9.4.1.1. Generalidades	120
9.4.1.2. Distribuição de Estanho, Flúor e Berílio	121
9.4.2. Concentrados de Bateia	123
9.4.2.1. Generalidades	123
9.4.2.2. Distribuição de Cassiterita	124
9.4.2.3. Outros Minerais	125
9.4.3. Solos	126

	Folha
9.4.3.1. Generalidades	126
9.4.3.2. Distribuição de Estanho, Flúor e Molibdênio	127
9.4.4. Rochas	129
9.4.4.1. Generalidades	129
9.4.4.2. Distribuição de Estanho e Cobre	129
9.5. Área de Palmas	131
9.5.1. Sedimentos de Corrente	131
9.5.1.1. Generalidades	131
9.5.1.2. Distribuição de Cobre, Molibdênio e Ouro	132
9.5.2. Concentrados de Bateia	136
9.5.2.1. Generalidades	136
9.5.2.2. Distribuição de Cobre, Molibdênio e Ouro	136
9.5.2.3. Outros Elementos	138
9.5.3. Solos	139
9.5.3.1. Generalidades	139
9.5.3.2. Distribuição de Cobre, Molibdênio, Ouro e Flúor	140
9.5.4. Rochas	142
9.5.4.1. Generalidades	142
9.5.4.2. Distribuição de Cobre, Molibdênio e Ouro	143
9.5.4.3. Outros Elementos	144
10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	146
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	159

F I G U R A S

VOLUME I

1. Mapa de Localização

MAPAS GEOLÓGICOS

2. Área do Cerro dos Martins
3. Área do Cerro Mantiqueiras
4. Área de Pinheiro - Cerro da Árvore
5. Área de Campinas - Figueiras
6. Área de Palmas

GRÁFICOS DE PROBABILIDADE

Sedimentos de Corrente

7. Cobre - Cerro dos Martins
8. Cobre - Cerro Mantiqueiras
9. Estanho - Pinheiro - Cerro da Árvore
10. Estanho - Campinas - Figueiras
11. Cobre - Palmas

VOLUME II

PARTE I - MAPAS E PERFIS GEOQUÍMICOS

ÁREA DO CERRO DOS MARTINS

12. Mapa de Amostragem

Mapas de Distribuição Geoquímica

Sedimento de Corrente

13. Cobre e cobalto
14. Chumbo e zinco
15. Titânio e vanádio
16. Ferro e manganês

Rocha

17. Cobre e vanádio
18. Chumbo e zinco
19. Manganês e cobalto
20. Cobre e vanádio (Planta dos perfis 1, 2 e 3)
21. Chumbo e zinco (Planta dos perfis 1, 2 e 3)
22. Manganês e bário (Planta dos perfis 1, 2 e 3)

Mapas de Localização dos Perfis de Amostragem

23. Perfis 1, 2 e 3 (solo e rocha)
24. Perfis 4 e 5 (solo)

Perfis Geoquímicos (solo)

Perfil 1

25. Cobre, chumbo e zinco
26. Ferro, manganês e bário
27. Prata

Perfil 2

28. Cobre, chumbo e zinco
29. Ferro, manganês e bário
30. Prata

Perfil 3

31. Cobre, chumbo e zinco
32. Ferro, manganês e bário
33. Prata

Perfil 4

34. Cobre, chumbo e zinco
35. Ferro, manganês e bário
36. Prata

Perfil 5

- 37. Cobre, chumbo e zinco
- 38. Ferro, manganês e bário
- 39. Prata

ÁREA DO CERRO MANTIQUEIRAS

- 40. Mapa de Amostragem

Mapas de Distribuição Geoquímica

Sedimento de Corrente

- 41. Cobre e cobalto
- 42. Níquel e cromo
- 43. Ferro e manganês

Rocha

- 44. Cobre e cobalto
- 45. Níquel

Mapa de Localização dos Perfis de Amostragem (solo e rocha)

- 46. Perfis 1 e 2

Perfis Geoquímicos (solo)

Perfil 1

- 47. Cobre, chumbo e zinco
- 48. Cromo, níquel e cobalto
- 49. Ferro e manganês

Perfil 2

- 50. Cobre, chumbo e zinco
- 51. Cromo, níquel e cobalto
- 52. Ferro e manganês

ÁREA DE PINHEIRO-CERRO DA ÁRVORE

53. Mapa de Amostragem

Mapas de Distribuição Geoquímica

Sedimento de Corrente

- 54. Estanho e flúor
- 55. Cobre e chumbo
- 56. Zinco e bário
- 57. Berílio e boro
- 58. Ferro e manganês

Concentrado de Bateia

- 59. Estanho
- 60. Boro e bário

Rocha

- 61. Estanho
- 62. Cobre, chumbo e zinco
- 63. Fluor, bário e berílio

Mapas de Distribuição Mineralógica

- 64. Cassiterita
- 65. Ilmenita
- 66. Calcopirita, scheelita e fluorita

Análise Mineralógica Qualitativa

Concentrado de Bateia

- 67. Porção Norte
- 68. Arroio Mina Velha
- 69. Arroio das Pedras

Mapas de Localização dos Perfis de Amostragem (solo e rocha)

70. Perfis 2 e 3

71. Perfis 1 e 5

Perfis Geoquímicos (solo)

Perfil 1

72. Tungstênio, estanho e flúor

73. Cobre, chumbo e zinco

74. Ferro, manganês e bário

Perfil 2

75. Estanho e flúor

76. Chumbo e zinco

77. Cobre e bário

78. Ferro e manganês

Perfil 3

79. Tungstênio, estanho e flúor

80. Cobre, chumbo e zinco

81. Ferro, manganês e bário

Perfil 5

82. Estanho e flúor

83. Cobre, chumbo e zinco

84. Ferro, manganês e bário

Rocha

Perfil 6

85. Cobre, prata, chumbo e zinco

ÁREA DE CAMPINAS-FIGUEIRAS

86. Mapa de Amostragem

Mapas de Distribuição Geoquímica

Sedimento de Corrente

- 87. Estanho
- 88. Cobre e chumbo
- 89. Zinco e bário
- 90. Flúor e berílio

Concentrado de Bateia

- 91. Estanho
- 92. Boro e bário

Rocha

- 93. Cobre, chumbo e zinco
- 94. Estanho, bário e berílio

Mapa de Distribuição Mineralógica

Concentrado de Bateia

- 95. Cassiterita e ilmenita

Análise Mineralógica Qualitativa

- 96. Concentrado de Bateia

Mapa de Localização dos Perfis de Amostragem (solo e rocha)

- 97. Perfis 1 e 2

Perfis Geoquímicos (solo)

Perfil 1

- 98. Berílio, estanho e flúor
- 99. Cobre, chumbo e zinco
- 100. Ferro, manganês e bário

Perfil 2

- 101. Berílio, estanho e flúor
- 102. Cobre, chumbo e zinco
- 103. Ferro, manganês e bário

ÁREA DE PALMAS

- 104. Mapa de Amostragem

Mapas de Distribuição Geoquímica

Sedimento de Corrente

- 105. Cobre e molibdênio
- 106. Ouro
- 107. Chumbo e zinco
- 108. Bário e boro
- 109. Ferro e manganês

Concentrado de Bateia

- 110. Cobre e molibdênio
- 111. Ouro e prata
- 112. Estanho

Mapas de Distribuição Mineralógica

Concentrado de Bateia

- 113. Ouro
- 114. Calcopirita, scheelita e cassiterita

Análise Mineralógica Qualitativa

115. Concentrado de Bateia

Mapa de Localização dos Perfis de Amostragem (solo e rocha)

116. Perfis 1 e 2

Perfis Geoquímicos

Solo

Perfil 1

117. Cobre, chumbo e zinco

118. Estrôncio, molibdênio, flúor e bário

119. Ferro e manganês

Perfil 2

120. Ouro

121. Cobre, chumbo e zinco

122. Estrôncio, molibdênio, flúor e bário

123. Ferro e manganês

Rocha

Perfil 1

124. Cobre, chumbo e zinco

125. Flúor, molibdênio, manganês e bário

PARTE II - SUMÁRIO DAS ESTATÍSTICAS

Área do Cerro dos Martins

Sedimentos de corrente

Solos de *background* - horizonte A de andesitos
Solos de *background* - horizonte C de andesitos
Solos de perfis - horizonte A de andesitos
Solos de perfis - horizonte C de andesitos
Solos de perfis - horizonte A de rochas sedimenta-
res
Rochas andesíticas

Área do Cerro Mantiqueiras

Sedimentos de corrente
Solos de perfis - horizonte A de rochas ultrabási-
cas
Solos de perfis - horizonte C de rochas ultrabási-
cas
Solos de perfis - horizonte A de gnaisses
Solos de perfis - horizonte C de gnaisses
Rochas ultrabásicas

Área de Pinheiro - Cerro da Árvore

Sedimentos de corrente
Concentrados de bateia
Solos de *background* - horizonte A
Solos de *background* - horizonte C
Solos de perfis - horizonte A
Solos de perfis - horizonte C
Rochas graníticas

Área de Campinas-Figueiras

Sedimentos de corrente de granitos
Sedimentos de corrente de xistos
Concentrados de bateia de rochas graníticas
Concentrados de bateia de rochas xistosas

Solos de perfis - horizonte A de granitos
Solos de perfis - horizonte C de granitos
Solos de perfis - horizonte A de xistos
Solos de perfis - horizonte C de xistos
Rochas graníticas
Rochas - xistos e filitos

Área de Palmas

Sedimentos de corrente
Concentrados de bateia
Solos de *background* - horizonte A
Solos de perfis - horizonte A
Rochas - xistos e migmatitos

A P E N D I C E

CADASTRO GEOQUÍMICO

Áreas do Cerro dos Martins, Cerro Mantiqueiras, Pinheiro-
Cerro da Árvore, Campinas-Figueiras e Palmas.

Parâmetros descritivos gerais
Parâmetros descritivos de campo
Parâmetros analíticos

LISTA DE TABELAS
(no texto)

	Folha
I - Número de amostras coletado em cada meio natural amostrado.	40
II - Número de amostras coletado por área de amostragem.	40
III - Elementos usados para interpretação em cada área-teste.	53
IV - Limites de detecção (ppm) pelo método de espectrofotometria de absorção atômica.	55
V - Limites de detecção (ppm) pelo método espectrográfico de emissão semiquantitativo.	56
VI - Parâmetros estatísticos (ppm) do Cu, Pb, Zn, Ag, Mn e Ba em solos derivados de andesitos na área do Cerro dos Martins.	75
VII - Teores médios (ppm) de Cu, Pb e Zn em rochas da área do Cerro dos Martins comparados com a média mundial.	83
VIII- Teores médios (ppm) de Co, Cr, Cu, Mn e Ni em sedimentos de corrente das áreas do Cerro Mantiqueiras e Sierra Leone.	91
IX - Teores médios (ppm) de Cu, Co, Ni, Pb e Zn em algumas rochas do Cerro Mantiqueiras.	99

1. RESUMO

O Projeto Levantamento Geoquímico Regional do Escudo Sul-Riograndense foi executado em cinco áreas-teste, portadoras de mineralizações conhecidas de cobre, estanho, tungstênio, cromo, níquel, molibdênio, ouro e flúor.

Este levantamento, de caráter orientativo, objetivou estabelecer as associações geoquímicas relacionadas às unidades litológicas e corpos mineralizados presentes no Escudo e fundamentalmente definir os parâmetros indispensáveis a uma prospecção geoquímica regional ou de detalhe em áreas semelhantes às estudadas.

Nas cinco áreas-teste coletou-se 1436 amostras, sendo 323 de sedimentos de corrente, 126 de concentrados de bateia, 739 de solos e 248 de rochas. As amostras foram submetidas à análise por espectrografia de emissão semiquantitativa para 30 elementos, espectrofotometria de absorção atômica para Cu, Pb, Zn, Au e Ag, por colorimetria para As, Sb e W, e pelo método do eletrodo do íon específico para o F. Para concentrados de bateia foram realizadas ainda análises mineralógicas qualitativas.

Os dados analíticos foram submetidos a processamento eletrônico, resultando parâmetros estatísticos aplicados na interpretação geoquímica, com alguns desses parâmetros tendo sido adaptados ao conhecimento geológico das áreas.

Os elementos representados em mapas e perfis de distribuição geoquímica foram escolhidos de a-

cordo com a sua importância nas mineralizações estudadas ou por apresentarem valores anômalos ou significativamente contrastantes.

Os objetivos gerais propostos foram alcançados pelo Projeto e para as áreas-teste definiu-se os parâmetros geoquímicos dos elementos de interesse, as associações geoquímicas, *trains* de dispersão, planos de amostragem, horizonte mais representativo do comportamento dos elementos em solos e outros.

Os resultados de sedimentos de corrente, refletindo com maior fidelidade o porte e a localização das ocorrências minerais estudadas, confirmaram a utilização desse meio natural como o mais indicado para uma prospecção geoquímica regional. A amostragem de solos e rochas, compatibilizada com estudos geológicos paralelos, mostrou-se adequada ao detalhamento de alvos indicados pela prospecção regional.

Esta pesquisa possibilitou ainda a detecção de alguns elementos inéditos de interesse econômico, determinou a provável existência de novas ocorrências, sugeriu outros elementos a serem pesquisados e permitiu uma conclusiva determinação do comportamento geoquímico de alguns elementos ligados às mineralizações ou unidades litológicas estudadas.

2. ABSTRACT

A geochemical orientation survey was developed in five pilot-areas with Cu, Sn, W, Cr, Ni, Mo, Au and F mineralizations, located in the Pre-Cambrian shield of the state of Rio Grande do Sul.

To establish the geochemical associations related to the rock units and ore bodies and basically to try to define procedures that could be applied to other regional or detailed geochemical studies were the scope of this survey.

The study included the collection of 323 stream sediment samples, 739 soil samples, 248 rock samples and 126 pan concentrate samples. They were analysed through emission spectrography (30 elements), atomic absorption (Cu, Pb, Zn, Au, Ag), colorimetry (As, Sb, W) and specific ion electrode (F). Pan concentrates were also mineralogically analysed.

Computers were used to obtain statistical parameters from the available data. In some cases the parameters had to be adapted to the geological knowledge of the area. Importance, anomalous values or contrasts led to the selection of the chemical elements represented on maps and profiles.

The main objectives were accomplished. Concerning to the pilot-areas the geochemical parameters and associations, *trains* of dispersion, sampling procedures and the selection of more representative soil horizons were defined.

Stream sediment sampling was confirmed as a recommended tool in regional geochemistry. Soil and rock sampling accompanied by geological studies are suitable to the prospection of selected areas.

In addition, the survey has called the attention to some other elements and also to new potential areas. Conclusions about the geochemical behavior of some elements are also presented.

3. INTRODUÇÃO

3.1 - Histórico

Como parte dos trabalhos que vem se desenvolvendo no Rio Grande do Sul, visando um conhecimento mais amplo do potencial mineral do Estado, o Departamento Nacional da Produção Mineral confiou à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais a execução do Projeto Levantamento Geoquímico Regional do Escudo Sul-Rio-grandense - 1ª Fase.

Este levantamento geoquímico, de caráter orientativo, é um trabalho pioneiro no Estado, pois pela primeira vez é realizado um estudo de tal envergadura objetivando estabelecer padrões e associações geoquímicas ligadas às unidades litológicas e corpos mineralizados presentes na região do Escudo. Os parâmetros geoquímicos estabelecidos na primeira fase deverão ter aplicação em uma segunda fase, prevista em continuidade à fase inicial ou para futuros estudos geoquímicos de caráter específico.

Originalmente o projeto previa para a primeira fase a coleta de sedimentos ativos de corrente em uma faixa de cerca de 240 km de extensão por aproximadamente 10 km de largura, a qual orientada na direção E - W, cortaria praticamente todas as rochas componentes do Escudo Sul-Rio-grandense. Posteriormente, já no início das atividades do projeto, foi proposta uma reformulação da metodologia da primeira fase dos trabalhos, com o estabelecimento de áreas prioritárias de prospecção, vi-

sando o detalhamento de ocorrências minerais específicas, típicas de mineralizações do Escudo. Nesta reformulação previu-se a coleta de um maior número de amostras de solos e rochas que o originalmente previsto, ao mesmo tempo em que nas áreas selecionadas e de modo centrífugo às porções mineralizadas, seriam coletados sedimentos de corrente, destinados à aferição do padrão de dispersão dos elementos ligados a essas mineralizações. Nestas condições, foram escolhidas cinco áreas-teste para a realização dos trabalhos, a saber: Cerro dos Martins, Cerro Mantiqueiras, Pinheiro-Cerro da Árvore, Campinas-Figueiras e Palmas (fig. 1); enquanto a coleta de sedimentos de corrente na faixa E - W não foi sequer iniciada.

Participaram efetivamente do Projeto os geólogos Ruben Horbach, na qualidade de chefe do mesmo durante o período preparatório e em quase toda a fase de campo, e Paulo Francisco Garcia, nos trabalhos referentes à área do Cerro dos Martins.

O DNPM acompanhou o andamento dos trabalhos durante a fase de campo através dos geólogos Marcelo Ribeiro e Flávio J. Távora.

Por parte da Divisão de Geoquímica da CPRM, os geólogos Gustavo N.D. Gonçalves e Oscar Füller orientaram tecnicamente a equipe participante e acompanharam os trabalhos ao longo de todo o projeto.

A preparação das amostras e as análises de todo o material coletado foram realizadas pelo Laboratório de Análises Minerais (LAMIN) da CPRM, no Rio de Janeiro.

O processamento eletrônico dos dados foi executado pelo SEPRO/CPRM, no Rio de Janeiro, sob orientação técnica do Engenheiro Sérgio Kitsuta.

Deve-se salientar que durante a fase de campo do projeto, alguns proprietários de terras situadas nas áreas de Pinheiro-Cerro da Árvore e Palmas impediram o desenvolvimento normal dos trabalhos, negando temporariamente o acesso às suas propriedades. Tais acontecimentos determinaram um atraso no término dos trabalhos de amostragem, sendo que em parte da área de Palmas a coleta de amostras foi realizada à revelia de um dos proprietários, após mais de um mês de paralização total das atividades de campo.

3.2 - Objetivos

O levantamento geoquímico de natureza orientativa efetuado na região do Escudo apresentou os seguintes objetivos:

- Estabelecer um ou mais modelos de amostragem de sedimentos ativos de corrente, concentrados de bateia e solos para os elementos químicos envolvidos na pesquisa, a partir de um plano experimental de amostragem.

- Caracterizar o padrão de comportamento dos elementos no ambiente supergênico pela amostragem de solos e rochas em ocorrências minerais, procurando-se definir, pela análise de rochas, a distribuição dos elementos traços nas litologias.

- Discriminar qualitativa e quantitativamente as populações associadas a distritos reconhecidamente mineralizados, como são as áreas-teste selecionadas para o presente estudo.

- Estabelecer modelos operacionais em relação às características de amostragem, o meio natural mais eficiente como indicador de mineralização, densidade de amostragem mais adequada para levantamentos regionais ou de detalhe, elementos químicos a serem analisados, objetivando o planejamento de futuras campanhas de prospecção geoquímica na área do Escudo Sul-Riograndense.

- Determinar os parâmetros estatísticos de *background* local e regional, valores limiares e anômalos, variações locais e regionais desses parâmetros e outros, visando uma correta avaliação e interpretação de corpos mineralizados, passíveis de serem explorados economicamente.

- Aprimoramento da capacidade técnica do pessoal envolvido no projeto, assim como uma maior familiarização com as técnicas desse tipo de prospecção que está sendo cada vez mais aplicada no campo da pesquisa geológica.

3.3. - Localização e Vias de Acesso

As áreas-teste estão situadas na região centro-sul do Estado, localizadas nos municípios de Caçapava do Sul, Lavras do Sul, Encruzilhada do Sul, Canguçu e São Gabriel (fig. 1). Apresentam as seguintes coordenadas geográficas e superfícies:

Cerro dos Martins:

Latitude S	Longitude W
30° 39' 42"	53° 24' 48"
30° 45' 18"	53° 31' 03"

Superfície: 100 km²

Cerro Mantiqueiras:

Latitude S	Longitude W
30° 51' 42"	53° 53' 42"
30° 54' 24"	54° 00' 00"

Superfície: 50 km²

**Pinheiro-Cerro da
Árvore:**

Latitude S	Longitude W
30° 27' 49"	52° 43' 35"
30° 40' 00"	52° 48' 15"

Superfície: 170 km²

Campinas-Figueiras:

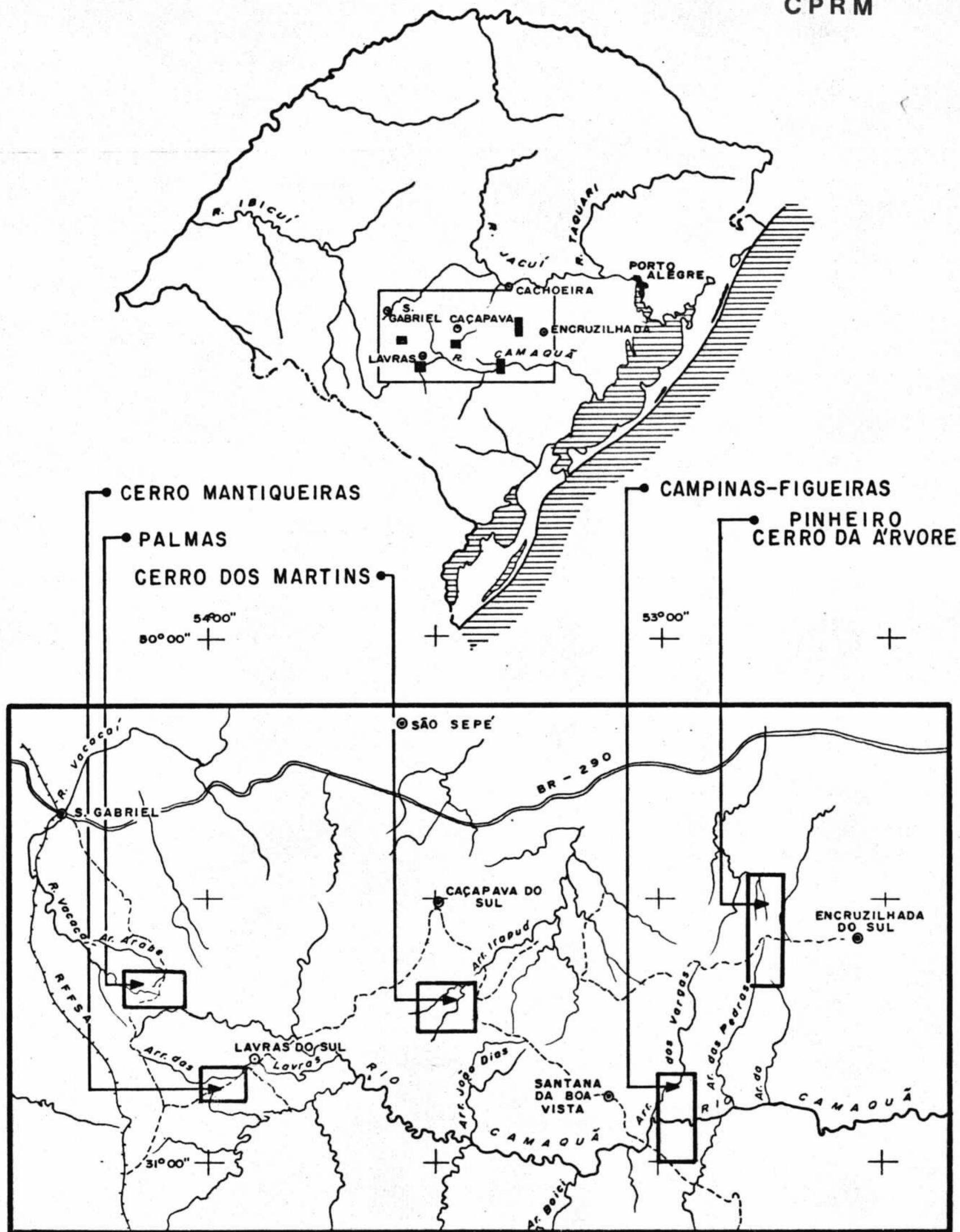
Latitude S	Longitude W
30° 50' 00"	52° 53' 40"
30° 58' 12"	53° 00' 00"

Superfície: 150 km²

Palmas:

Latitude S	Longitude W
30° 38' 24"	54° 04' 48"
30° 42' 18"	54° 11' 24"

Superfície: 75 km²



PROJETO LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO REGIONAL
DO ESCUDO SUL-RIO-GRANDENSE
1ª FASE
LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS ÁREAS
NO ESTADO

figura 1

O principal acesso às áreas-teste se faz através da rodovia federal BR-290 (Porto Alegre-Uru-guaiana), a partir da qual se distribui uma rede de estradas estaduais e municipais, de condições de trafegabilidade regular, pelas quais se atingem todos os pontos daquelas áreas.

Na região de Campinas-Figueiras, em períodos de intensas chuvas, alguns trechos de estradas ficam temporariamente interrompidos pela elevação do nível das águas do Rio Camaquã e seus tributários.

4. FISIOGRAFIA

4.1 - Clima

De acordo com Moreno (1961), o clima na região do Escudo Sul-Riograndense é do tipo subtropical, em que a temperatura média do mês mais quente (janeiro) é superior a 22°C, sendo a média anual 17,4°C. As precipitações situam-se dentro de uma faixa de isopletas com valores de 150 - 170 centímetros anuais. A duração, a época e a frequência dos períodos secos e chuvosos não são bem definidos. Na maioria dos anos os meses mais chuvosos são maio, junho e setembro e os menos chuvosos novembro, dezembro e fevereiro. As chuvas torrenciais são frequentes, podendo ocorrer precipitações superiores a 100 mm em 24 horas.

4.2 - Aspectos Morfológicos

Na região do Escudo Sul-Riograndense ocorre um grande número de formas de relevo, decorrente da sua variedade e complexidade geológicas.

De um modo geral, a área caracteriza-se pelo domínio de coxilhas, sendo a altitude média de 300 m com variações de 200 a 400 m dentro de uma mesma área. Localmente ocorrem relevos acidentados, constituídos por elevações com vertentes abruptas, decorrentes de uma tectônica rígida. Os efeitos da tectônica plástica são modestos, havendo no entanto fortes influências no desenvolvimento das feições devido ao caráter diferencial da ero-

são sobre os vários tipos litológicos.

Nas áreas de Pinheiro-Cerro da Árvore e de Campinas-Figueiras, constituídas essencialmente de rochas graníticas, predominam um relevo acidentado e um padrão retangular de drenagem. As vertentes são geralmente abruptas e os campos com blocos e matacões são muito frequentes. O aparecimento esporádico de xistos e quartzitos nesta área se destaca na morfologia através de elevações alongadas e drenagem essencialmente dendrítica.

O relevo na área do Cerro Mantiqueiras apresenta-se com ondulações suaves devidas em parte a existência de solo geralmente espesso, desenvolvido sobre migmatitos do Subgrupo Cambaí. As rochas ultrabásicas e metamórficas associadas aparecem destacadamente nesta área sob a forma de uma crista alongada com mais de 10 km de extensão.

Na área do Cerro dos Martins, a variedade e complexidade litológicas refletem-se em grande número de formas de relevo. As rochas andesíticas, principal objeto de interesse dessa área, apresentam elevações alongadas, com relevo bastante acidentado nas zonas tectonizadas.

Em Palmas ocorrem duas áreas morfologicamente contrastantes. A primeira, sobre o Granito Jaguari, com relevo acidentado e interflúvios irregulares; a segunda, sobre as rochas do Grupo Porongos, com topografia relativamente rebaixada, apresentando ondulações suaves e arredondadas.

4.3 - Solos

As descrições de solos abaixo apresentadas basearam-se no "Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul" (1973), do Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, Divisão de Pesquisa Pedológica do Ministério da Agricultura.

As descrições usadas referem-se somente aos solos desenvolvidos sobre a litologia principal de cada área ou sobre as litologias encaixantes das mineralizações objetos de interesse desse trabalho.

4.3.1 - Área do Cerro dos Martins

Os solos desenvolvidos sobre andesitos são rasos, moderadamente drenados, escuros, argilosos, com predomínio na massa do solo de argilas expansivas. Quimicamente são solos moderadamente ácidos, com alta saturação de bases.

O horizonte A é estreito (cerca de 30 cm), de coloração castanho muito escura e textura argilosa. O horizonte C, castanho amarelado, argiloso, possui também material rochoso em elevado grau de intemperização.

4.3.2 - Área do Cerro Mantiqueiras

Os solos formados sobre rochas ultrabásicas e xistos associados são litólicos, em geral bem

drenados, de coloração escura. O horizonte A possui espessuras de 15 a 30 cm, cor acinzentada, escura, argiloso. A transição para o horizonte C é, em geral, abrupta e irregular, quando predomina a rocha parcialmente intemperizada. Tais solos contrastam com os solos relativamente profundos e bem drenados formados a partir dos migmatitos, que são as litologias predominantes na área. Esses solos apresentam ainda coloração castanho avermelhada escura, textura francamente argilosa, elevada acidez e baixa saturação de bases.

4.3.3 - Áreas de Pinheiro-Cerro da Árvore e Campinas-Figueiras

Nestas áreas de afloramentos de rochas graníticas predominam solos litólicos, eutróficos (saturação de bases menor que 50%), castanho-claros, bem drenados, ácidos, com elevada percentagem de frações grosseiras. O horizonte A possui espessura em torno de 20 cm e é escuro, maciço, ligeiramente plástico e pegajoso. A transição para o C é abrupta e irregular, quando o solo torna-se cinza avermelhado, mosqueado, com elevada percentagem de granito alterado.

4.3.4 - Área de Palmas

Os solos desta área de amostragem, desenvolvidos de modo geral sobre as rochas do Grupo Porongos, são relativamente rasos, bem drenados, de cor castanho acinzentada escura, argilosos. O horizonte A possui espessura de cerca de 50 cm, coloração escura. É friável,

ligeiramente plástico, com transição abrupta e plana. O horizonte C guarda a estrutura do material originário, apresentando coloração castanho amarelada.

5. GEOLOGIA

5.1 - Panorama Geológico do Escudo Sul-Riograndense

5.1.1 - Estratigrafia ⁽¹⁾

Os registros estratigráficos mais antigos do Escudo Sul-Riograndense são representados por rochas gnáissicas e básicas feldspatizadas, pertencentes à Formação Encantadas do Pré-Cambriano Inferior (2000 m. a.), do Ciclo Orogenético Transamazônico. Esta unidade aparece restritamente sob a forma de janelas estratigráficas ou tectônicas em áreas predominantemente de rochas ígneo-metamórficas relacionadas ao Grupo Porongos. Definida por Tessari (1965) e confirmada pelo método radiométrico das isócronas Rb/Sr, a Formação Encantadas possui, entretanto, rochas indistinguíveis, por critérios de campo, daquelas consideradas como pertencentes ao Subgrupo Cambaí.

O segundo estágio evolutivo do Escudo é representado pelo Grupo Porongos, constituído por espessa seqüência de sedimentos clásticos e químicos, com intercalações de rochas vulcânicas ácidas, básicas e ultrabásicas. Este conjunto está afetado por metamorfismo regional e plutonismo calcoalcalino de caráter sin, tardi e pós-orogênico (Sienito Piquiri e granitos Encruzilha-

⁽¹⁾ *Estratigrafia e nomenclatura estratigráfica baseadas em DGM/19 Distrito/DNPM; WILLIG, C.D. et alii (1974) Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha Porto Alegre e Folha Lagoa Mirim.*

da, Don Feliciano, Cordilheira e Campinas). Pertencem a esse grupo o Subgrupo Vacacaí, a Formação Cerro Mantiqueiras e o Subgrupo Cambaí. Os Subgrupos Vacacaí e Cambaí são distintos pelo grau de metamorfismo: condições epizonais e mesozonais, no primeiro, e condições mais intensas, com processos de granitização e migmatização regional, no segundo. A Formação Cerro Mantiqueiras engloba rochas básicas e ultrabásicas e metamórficas associadas, todas submetidas a condições de baixo grau metamórfico.

A parte final deste estágio evolutivo é marcada pela presença de duas seqüências sedimentares, separadas por discordância angular: a Formação Maricá e o Grupo Bom Jardim, ambos intensamente tectonizados e afetados pelos granitos pós-orogênicos Jaguari-Lavras do Sul e Caçapava do Sul. A Formação Maricá é representada por arenitos arcoseanos, siltitos e folhelhos, caracterizados pelo alto grau de diagênese ou até mesmo por metamorfismo incipiente. O Grupo Bom Jardim é constituído por rochas clásticas e vulcânicas de caráter intermediário (andesitos) e ácido (riolitos) intimamente relacionadas. As rochas clásticas, de natureza molássica, depositaram-se em fossas tectônicas e as efusões vulcânicas provavelmente fluíram à superfície através das falhas que limitam essas fossas. O citado grupo possui notável importância por ser a unidade litoestratigráfica na qual estão contidos os principais depósitos de cobre da Província Cuprífera do Rio Grande do Sul.

O terceiro e último estágio evolutivo do Escudo é caracterizado por espessa seqüência sedimentar sub-horizontalizada, correspondente ao Grupo Camaquã,

ã qual se associam rochas vulcânicas de composição intermediária e ácida. Este ciclo orogênico é encerrado por manifestações ígneas representadas pelos granitos pós-tectônicos São Sepê e Ramada, isocrônicas às seqüências vulcânicas associadas à sedimentação do referido grupo.

5.1.2 - Tectônica

No Escudo Sul-Riograndense são reconhecidas duas grandes unidades tectônicas com história geológica bastante distinta. A primeira, denominada Cráton Don Feliciano, situa-se na porção leste-sudeste do Escudo e está constituída por rochas graníticas e migmáticas correlacionáveis ao embasamento mais antigo. A segunda localiza-se na porção centro-oeste do Escudo, onde ocorrem as seqüências metamórficas, as rochas graníticas intrusivas, as espessas coberturas vulcano-sedimentares e janelas do substrato mais antigo, constituindo a Geossinclinal Porongos. Segundo Picada (1971) essas duas unidades tectônicas estão separadas pela Dorsal de Canguçu, representada por uma estreita faixa intensamente falhada, constituída por granitos alinhados e migmatitos, ambos de jazimento do tipo estratóide.

A estrutura do Escudo Sul-Riograndense caracteriza-se por uma combinação de dobramentos e falhamentos de complexa distribuição.

A configuração estrutural dobrada, formando grandes anticlinórios, aparece especialmente nos ectinitos do Subgrupo Vacacaí e nos migmatitos do Subgrupo Cambaí. Picada (op. cit.) refere-se às inclinações do

Grupo Bom Jardim como relacionadas com falhamentos, assim como pequenos dobramentos ocasionais. Há ainda grandes dobras de arrasto relacionadas à cobertura sedimentar pré-gonduânica, associadas exclusivamente aos falhamentos regionais.

Os falhamentos são as feições estruturais mais notáveis do Escudo Sul-Riograndense, havendo um marcante predomínio de direções nordeste-sudoeste. Picada (op. cit.) cita quatro sistemas principais de falhamentos na área do Escudo: Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu ($N40^{\circ}E$), Sistema de Falhas Passo do Marinheiro (N-S), Sistema de Falhas Açotéia-Piquiri ($N30^{\circ}E$) e Sistema de Falhas Noroeste ($N70^{\circ}W$).

Os autores do Relatório Final do Projeto "Levantamento Aerogeofísico de Camaquã" (1974) reuniram os dados estruturais e geológicos existentes sobre o Escudo Sul-Riograndense e propuseram um novo modelo estrutural, caracterizado por placas de direção nordeste. Tais placas tiveram, além dos movimentos horizontais, importantes movimentos verticais, o que explica as diferentes elevações estruturais das mesmas.

5.2 - Geologia das Áreas de Amostragem

5.2.1 - Área do Cerro dos Martins

Na área do Cerro dos Martins afloram rochas do Pré-Cambriano Superior, pertencentes aos grupos Porongos e Bom Jardim, e do Eo-Paleozóico, Grupo Camaquã.

O Grupo Porongos está representado unicamente pelo Subgrupo Vacacaí, o qual ocorre restritamente na porção NNW da área, constituído por metamorfitos de baixo grau, como sericita-xistos, filitos, quartzitos micáceos e subordinadamente ardósias.

O Grupo Bom Jardim apresenta uma espessa seqüência de rochas sedimentares e vulcânicas intimamente relacionadas, mas separadas entre si por critérios puramente litológicos. As mineralizações cupríferas estão associadas a essa seqüência, alojadas em falhas de direção noroeste, as quais estão subordinadas às falhas de direção nordeste de grande envergadura.

Separado por discordância do Grupo Bom Jardim e ocupando cerca de 50% da área de amostragem, aparece o Grupo Camaquã na porção leste e sul desta área, representado pelas formações Santa Bárbara e Guaritas. Litologicamente, a Formação Santa Bárbara está constituída por conglomerados e arenitos arcoseanos *bordeaux* e siltitos subordinados. A Formação Guaritas, de atitude subhorizontal, capeia através de discordância angular a Formação Santa Bárbara e é formada predominantemente por conglomerados e arenitos arcoseanos com estratificação cruzada e coloração púrpura.

A seqüência sedimentar do Grupo Bom Jardim se apresenta constituída por espessos pacotes de arenitos grauváquicos, de granulação fina, de cor avermelhada escura, ritmicamente intercalados com siltitos e folhelhos sílticos. Esta fácies de granulometria mais fina corresponde ao Membro Mangueirão. Ocorrem ainda conglomerados e arenitos conglomeráticos arcoseanos de es-

tratificação grosseira, correspondentes ao Membro Vargas.

A seqüência vulcânica do Grupo Bom Jardim, correspondente ao Membro Hilário, está constituída predominantemente por lavas andesíticas, aparecendo localmente material tufáceo associado. Nas zonas de contato das rochas andesíticas são muito freqüentes as intercalações de litologias sedimentares dos membros Mangueirão e Vargas.

A área mineralizada do Cerro dos Martins está afetada por intenso tectonismo, como pode ser visto no mapa geológico anexo (fig. 2). Segundo Fabrício e Eckert (1970), "os falhamentos de maior envergadura agrupáveis no sistema Irapuá, tem direção geral entre $N18^{\circ}-30^{\circ}E$, principalmente em torno de $N20^{\circ}E$ ". "As falhas de direção noroeste, agrupáveis no Sistema Cerro da Vigia, se dispõem com relativo paralelismo e muito próximas umas das outras, em direções entre $N40^{\circ}-60^{\circ}W$."

As mineralizações cupríferas estão presentes em todas as litologias do Grupo Bom Jardim, preferencialmente nas rochas conglomeráticas.

No Membro Mangueirão são muito freqüentes os afloramentos de rochas contendo mineralizações de malaquita e calcocita, principalmente nas fácies arenosas.

As rochas andesíticas do Membro Hilário, fortemente diaclasadas, estão mineralizadas a cobre no Cerro dos Martins unicamente em delgados filonetes que preenchem suas diáclases. Localmente, mineralizações sob

250.000 m E

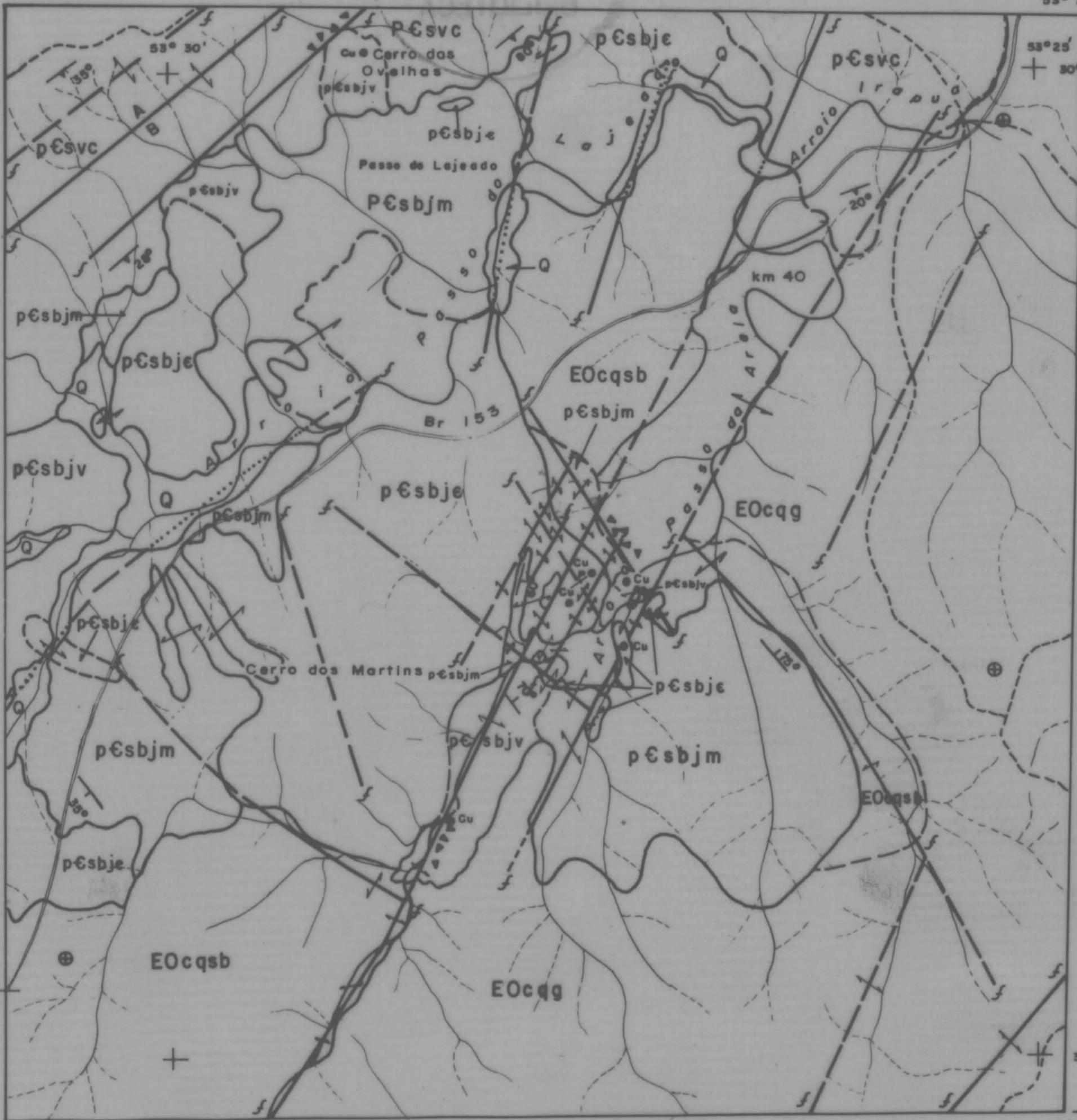
53° 31' 03" W Gr.

53° 24' 48"
-30° 39' 42"

53° 25'
+ 30° 40'

30° 45'

-30° 45' 12"



Mapa Geológico elaborado pelo Projeto. Na área mineralizada, baseado em FABRÍCIO, J.A.C. e ECKERT, R.M. (1970). "Prospecção Final da Jazida Cuífera de Cerro dos Martins."

CPRM - PROJETO LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO REGIONAL DO ESCUDO SUL-RIOGRANDENSE, RELATÓRIO FINAL - 1ª FASE

CERRO DOS MARTINS

a forma de disseminações são observadas, mas sem maior importância.

Para Fabrício e Eckert (op. cit.), as rochas do Membro Vargas contem as maiores quantidades de cobre, sob a forma essencialmente filonar, observando-se localmente a presença de minerais de cobre disseminados.

No Cerro dos Martins a quase totalidade dos filões detectados se alojam em falhas de direção noroeste, associadas a falhamentos regionais de direção nordeste.

Comumente os filões estão representados por brecha de falha silicificada e preenchida por barita e minerais de cobre. Alinham-se segundo uma direção preferencial $N40^{\circ}-60^{\circ}W$, com mergulho geralmente para sudoeste. A grande maioria é constituída de filões de baixo teor, com pequena possança e reduzida continuidade em superfície (Fabrício e Eckert, op. cit.). Tal não é o caso do filão mineralizado a calcocita e malaquita, com abundante barita, sobre o qual, perpendicularmente, implantou-se os perfis de solos nº 1, 2, 3 e 5. Este filão constituiu-se em uma brecha silicificada, com uma extensão em superfície de mais de 400 metros, que atravessa indiscriminadamente todas as litologias, sedimentares e vulcânicas, do Grupo Bom Jardim.

Os minerais de cobre comumente encontrados em Cerro dos Martins são oxidados e sulfetos. Os primeiros representados predominantemente pela malaquita e, raramente, pela azurita e crisocola. Entre os sulfetos predomina a calcocita, aparecendo localmente e sem expressão a calcopirita e a bornita.

5.2.2 - Área do Cerro Mantiqueiras

As rochas mais antigas da área de amostragem Cerro Mantiqueiras estão representadas por migmatitos homogêneos e heterogêneos, pertencentes ao Subgrupo Cambaí do Pré-Cambriano Superior.

Sobre estas rochas migmatíticas de base e concordante com elas, aparece uma seqüência ectinítica, fundamentalmente magnésiana. Intercalados nesta seqüência metamórfica e intensamente serpentinizados, ocorrem corpos irregulares de ultrabasitos que são perfeitamente concordantes com a direção estrutural predominante, em torno de $N70-75^{\circ}E$, dos ectinitos. A seqüência metamórfica e os ultrabasitos são correlacionáveis à Formação Cerro Mantiqueiras do Grupo Porongos e se constituem no principal objeto de interesse dessa área de amostragem.

Recobrando as formações basais mencionadas, como unidade discordante e transgressiva, aparecem os sedimentos arcoseanos, fortemente litificados, da Formação Maricã.

Intrusivo na Formação Maricã e na seqüência basal do Grupo Porongos aparecem ao norte da área os granitos do Complexo Jaguari-Lavras do Sul, geralmente com textura equigranular média, localmente do tipo Rapakivi.

A seqüência ectinítica está representada por xistos a clorita, a clorita e talco, a actinolita, a hornblenda-tremolita-actinolita e quartzo.

Sob a forma de bancos, *amas* e outros corpos irregulares e descontínuos, os ultrabasitas da área de amostragem são harsburgitos, lherzolitos e dunitos, parcial ou totalmente serpentinizados (Goñi, 1962).

O conjunto de rochas metamórficas e ultrabásicas associadas aparecem destacadamente nas aerofotos e no campo com uma forma lenticular alongada, possuindo cerca de 10 km de comprimento e larguras que variam entre 200 e 600 m aproximadamente. Além desse possante corpo, Goñi (op. cit., fig. 2) indica outro corpo bem menor a SE da área de amostragem e é provável ainda que ocorram outras lentes ultrabásicas na área de afloramento dos migmatitos do Subgrupo Cambaí, não mapeáveis na escala 1:50.000.

Todo esse conjunto, correlacionável à Formação Cerro Mantiqueiras, foi atingido pelo ciclo orogênico que afetou a seqüência migmática basal, apresentando uma direção comum E-W e dobramentos de grande envergadura do tipo anticlinório. As rochas ultrabásicas acompanham e salientam essas estruturas, localizando-se nas zonas de maior tensão.

Goñi (op. cit., p. 75) conclui que "os ultrabasitas representam a evolução metamórfica de uma seqüência carbonatada, produzindo uma desdolomitização crescente em função do grau de metamorfismo atingido". Por sua vez a seqüência ectinítica, conforme o mesmo autor (op. cit., p. 70), originou-se a partir do complexo ultrabásico, argumentando para tal com provas geoquímicas, petrológicas e estruturais. Assim, pelas razões apresentadas por esse autor (op. cit., p. 74 e 75), os ectinitos

259.000 m E

270.000 m

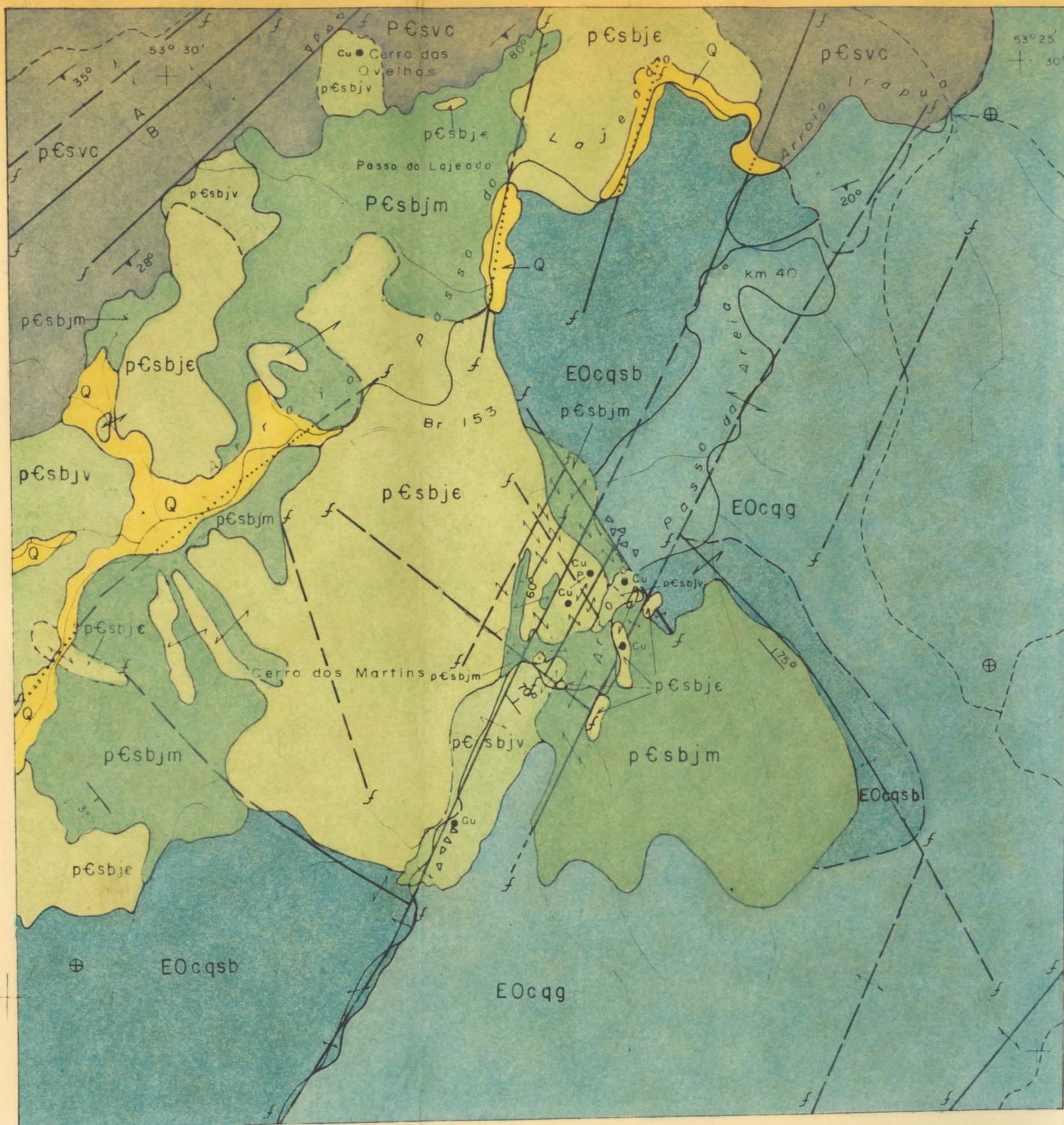
6.606.000 m

53° 31' 03" W Gr.

53° 24' 48"

30° 39' 42"

COLUNA ESTRATIGRÁFICA



Nv

6.596.000 m N

30° 45'

30° 45' 12"

- CONVENÇÕES
- CONTATO DEFINIDO
 - CONTATO INFERIDO
 - FALHA DEFINIDA
 - FALHA PROVÁVEL
 - MOVIMENTO RELATIVO DOS BLOCOS FALHADOS
 - MESMA LITOLOGIA
 - ZONA CATACLASADA OU DE BRECHA
 - DIREÇÃO E MERGULHO DE XISTOSIDADE
 - DIREÇÃO E MERGULHO DE CAMADA
 - CAMADA HORIZONTAL
 - OCORRÊNCIA DE COBRE
 - PERFIS DE AMOSTRAGEM DE SOLO (E ROCHA)

ERA	PERÍODO	GRUPO	SUB-GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO	LITOLOGIA
CENOZÓICA	QUATERNÁRIO					SEDIMENTOS INCONSOLIDADOS ARENOSOS SILTICOS E ARGILOSOS, SEIXOS, CASCALHOS.
		DISCORDÂNCIA				
PALEOZÓICA	CAMBRO-ORDOVICIANO	CAMAQUÃ		GUARITAS		CONGLOMERADOS E ARENITOS ARCOSEANOS COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA E ATITUDE SUBHORIZONTAL.
				SANTA BÁRBARA		CONGLOMERADOS E ARENITOS ARCOSEANOS SILTITOS E FOLHELHOS SUBORDINADOS.
			DISCORDÂNCIA			
PRÉ-CAMBRIANO	SUPERIOR			HILÁRIO		VULCÂNICAS ANDESÍTICAS, INTRUSÕES DE PEQUENA PROFUNDIDADE, TUFOS, BRECHAS.
			BOM JARDIM		CONGLOMERADOS, ARENITOS ARCOSEANOS, COM ELEMENTOS RUDÁCEOS E METAMÓRFICOS.	
			MANGUEIRÃO		SILTITOS, FOLHELHOS E ARENITOS FINOS RITMICAMENTE ALTERNADOS.	
		DISCORDÂNCIA				
		PORONGOS	VACACAI			QUARTZITOS E SERICITA-XISTOS. MUSCOVITA-CLORITA-XISTOS, FILITOS E ARDÓSIAS SUBORDINADAS.

Coluna estratigráfica baseada em DGM/1º DISTRITO/DNPM, WILLIG, C.D. et Alii (1974).
 Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha de Porto Alegre.
 Foram introduzidas pequenas modificações.

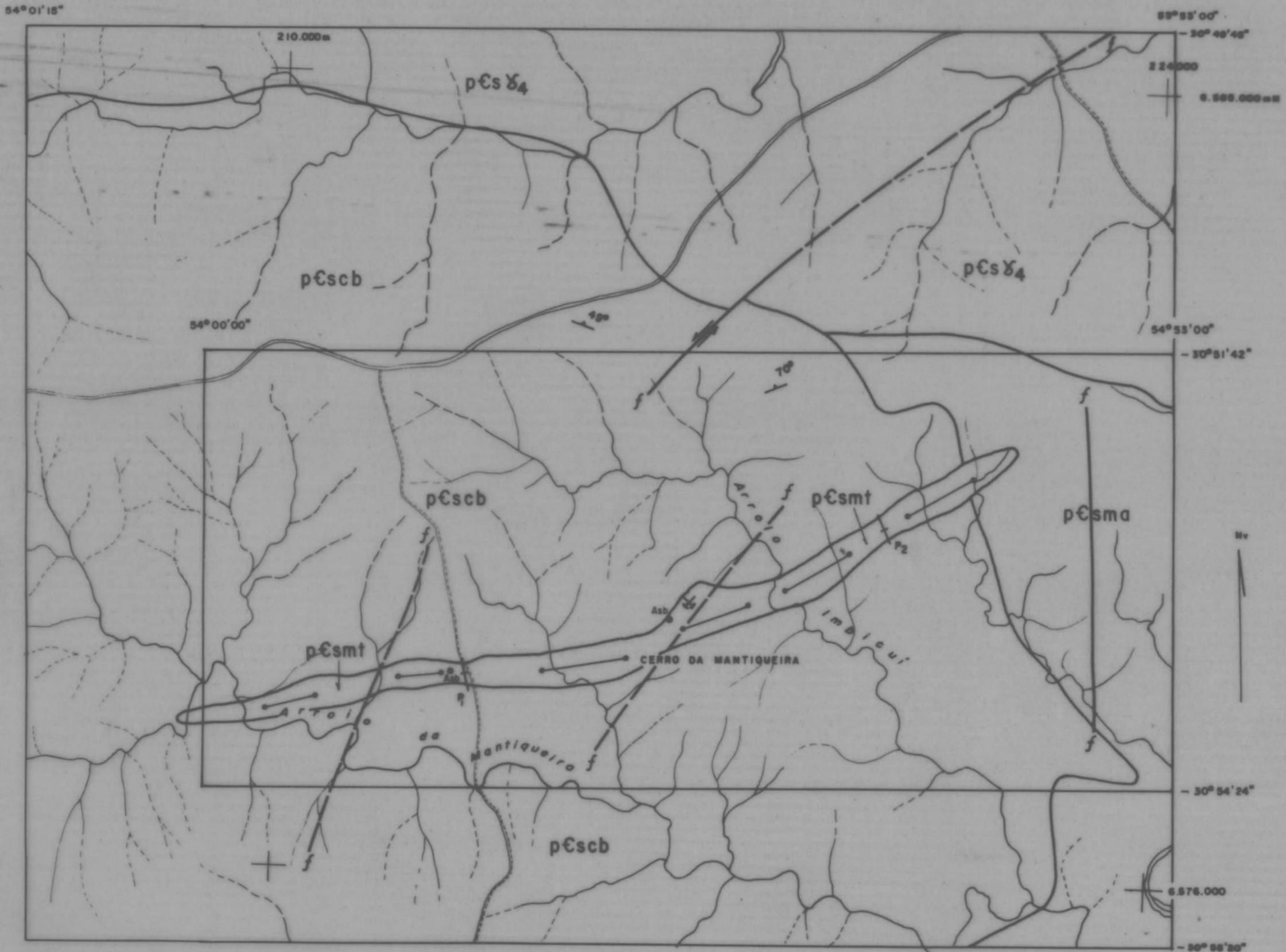
Mapa Geológico elaborado pelo Projeto. Na área mineralizada, baseado em FABRÍCIO, J.A.C. e ECKERT, R.M. (1970). "Prospecção Final da Jazida Cuprífera do Cerro dos Martins."



Projeto Levantamento Geoquímico Regional do Escudo Sul-Riograndense — 1ª fase
 Mapa Geológico da Área Cerro dos Martins
 Geologia por: Eugenio Casimiro Szubert

1:50000

figura 2



Mapa Geológico baseado em "Projeto Aerogeofísico Camaquã Folha Lavras do Sul" (1973). Foram introduzidas algumas modificações.

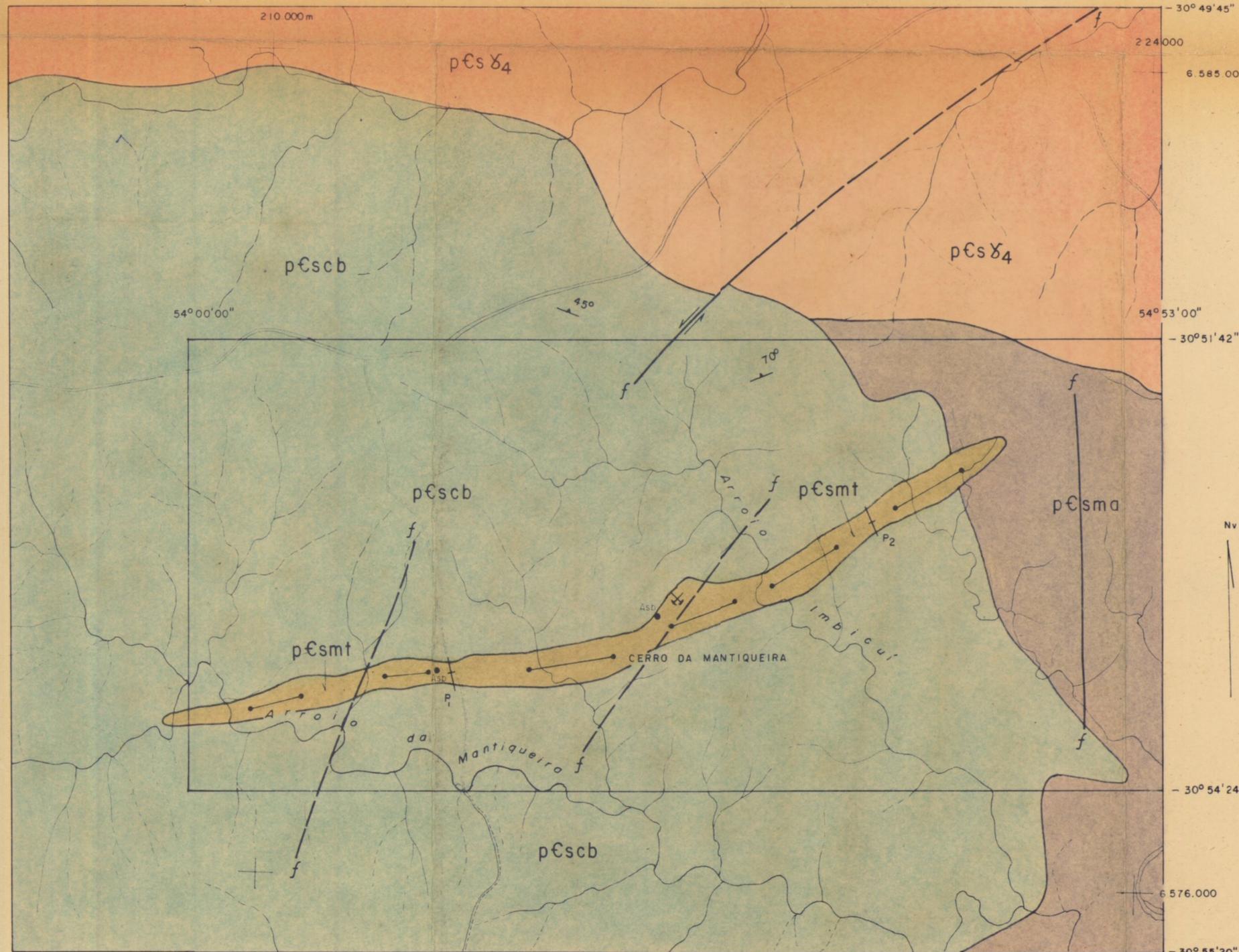
CPRM - PROJETO LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO REGIONAL DO ESCUDO SUL-RIOGRANDENSE, RELATÓRIO FINAL - 1ª FASE

CERRO MANTIQUEIRAS



54° 01' 15"

53° 53' 00"



COLUNA ESTRATIGRÁFICA

ERA	PERÍODO	GRUPO	SUB-GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA
PRÉ-CAMBRIANO	SUPERIOR	PORONGOS		COMPLEXO GRANÍTICO JAGUARI-LAVRAS DO SUL	pEsδ4 GRANITO INTRUSIVO, EQUIGRANULAR, MÉDIO, LOCALMENTE RAPAKIVI.
				MARICÁ	pEsma CONGLOMERADOS, ARDÓSIAS, ARENITOS ARCOSEANOS.
				CERRO MANTIQUEIRAS	pEsmt ULTRABASITOS, SERPENTINITOS E METAMÓRFICAS ASSOCIADAS.
				CAMBAÍ	pEsca GNAISSES MIGMATÍTICOS (EPIBOLITOS, DIADISITOS, EMBRECHITOS).

Coluna estratigráfica baseada em DGM/19 DISTRITO/DNPM, WILLIG, CD. et ALII (1974). Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha de Porto Alegre.

CONVENÇÕES

- CONTATO DEFINIDO
- FALHA DEFINIDA
- FALHA PROVÁVEL
- MOVIMENTO RELATIVO DE BLOCOS FALHADOS
- DIQUE
- 70° DIREÇÃO E MERGULHO DE XISTOSIDADE
- Asb OCORRÊNCIA DE ASBESTOS
- MINA ABANDONADA
- P1 PERFIL DE AMOSTRAGEM DE SOLO (E ROCHA)

Mapa Geológico baseado em "Projeto Aerogeofísico Camaquã Folha Lavras do Sul" (1973). Foram introduzidas algumas modificações.



Projeto Levantamento Geoquímico Regional do Escudo Sul-Riograndense — 1ª fase
Mapa Geológico da Área Cerro Mantiqueiras

Geologia por: Ruben Horbach

1:50000

figura 3

Map. 08.7053 COREMI

e também os ultrabásitos tem uma origem parametamórfica, sendo esses últimos produtos de metassomatose, representando uma frente básica situada em níveis calco-magnesianos.

As rochas ultrabásicas, quase sempre serpentinizadas, apresentam algumas ocorrências de asbestos, conhecidos desde longa data. Segundo Ribeiro et alii (1966), há dois tipos de asbesto na área: asbesto de fibra curta (crisotila) e asbesto de fibra longa (actinolita). Algumas dessas ocorrências foram objeto de pesquisas preliminares por iniciativa particular, cujos resultados não foram publicados.

Goñi (1962) descreve ainda mineralizações cromíferas (cromopicotita e cromita) associadas aos maciços ultrabásicos e serpentinitos derivados. As mais notáveis aparecem sob a forma disseminada, com cristais geralmente automorfos, atingindo 2 a 3 mm de tamanho, tratando-se provavelmente de um espinélio cromífero. Com relação à cromita, esse autor faz apenas uma descrição microscópica do mineral, não apresentando nenhum dado a respeito da sua distribuição e importância nos corpos ultrabásicos.

5.2.3 - Área de Pinheiro - Cerro da Árvore

A base da coluna estratigráfica da área de amostragem de Pinheiro-Cerro da Árvore é formada por rochas metamórficas de baixo grau, pertencentes ao Subgrupo Vacacaí. De ocorrência muito restrita na área, tais rochas estão representadas essencialmente por quar-

tzo-sericita-xistos e quartzitos a sericita, aparecendo também sericita-clorita-xistos e sericita-turmalina-xistos.

Intrusivo nesta seqüência metamórfica através de contatos por falhamentos e cobrindo quase toda a área de amostragem, aparecem as rochas do Complexo Granítico Encruzilhada, correlacionáveis ao Grupo Porongos. Reúne granitos sub-alcalinos, biotíticos, de fácies finas, médias, porfiróides e grosseiras. Engloba ainda os pegmatitos, graisens, filões quartzosos e as mineralizações tungsteno-estaniíferas associadas.

As rochas graníticas, no mapa geológico em anexo (fig. 4), baseado essencialmente em Picada e Tessari (1970), foram subdivididas em três unidades: as fácies finas e médias em uma, as porfiróides em outra e as grosseiras e pegmatóides em uma terceira. A passagem entre essas fácies é normalmente gradacional, guardando íntimas relações genéticas.

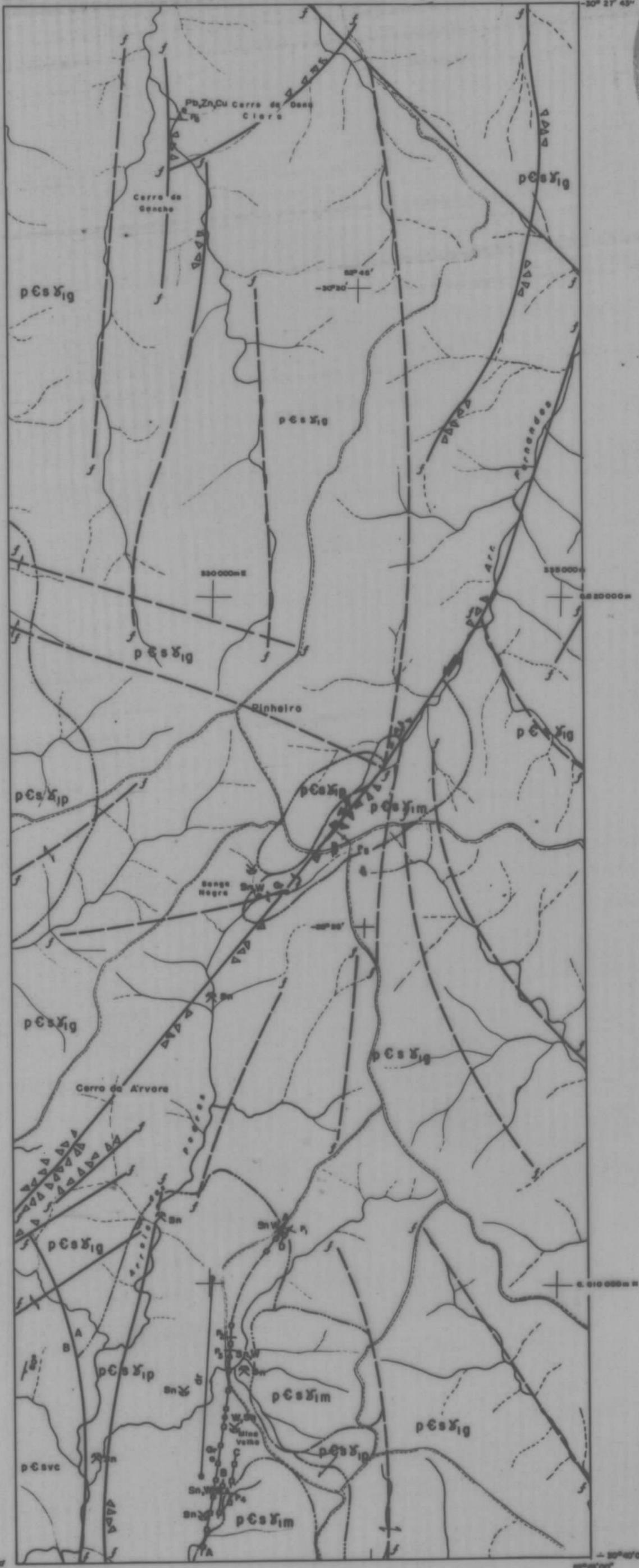
Os granitos médios são geralmente isotropos, rosados, apresentando muscovita e raramente biotita. Passam à fácies porfiróide através do aparecimento de fenocristais de feldspatos, facilmente observáveis no campo. O aumento de número dos fenocristais e a diminuição da matriz fina e média leva ao granito grosseiro. As fácies porfiróides e grosseiras apresentam cores claras em tonalidades acinzentadas e róseas, pintalgadas de preto por cristais de biotita.

Do ponto de vista estrutural, a feição mais marcante é a tectônica quebrável, como é evi-

52° 48' 00"

52° 43' 00"

30° 27' 45"

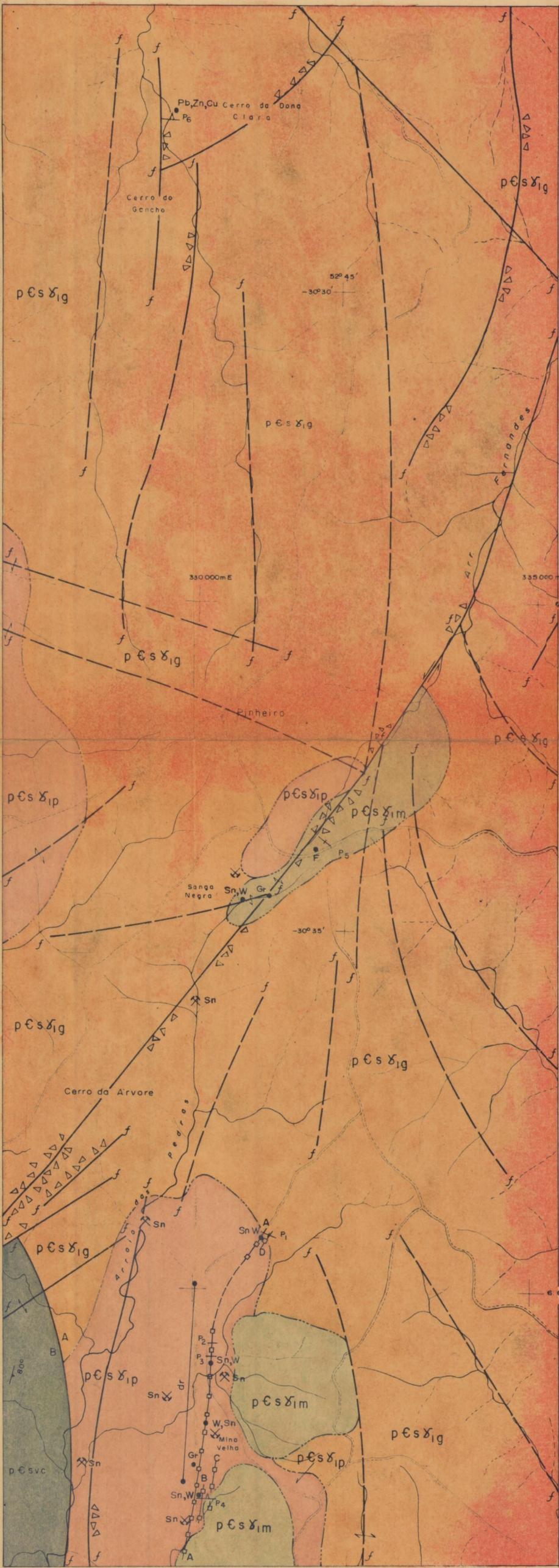


CPRM - PROJETO LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO REGIONAL DO ESCUDO SUL-RIOGRANDENSE, RELATÓRIO FINAL - 1ª FASE

PINHEIRO - CERRO DA ÁRVORE

52°48'08"

52°43'00"
-30°27'43"



COLUNA ESTRATIGRÁFICA

ERA	PERÍODO	GRUPO	SUB-GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA
PRÉ-CAMBRIANO	SUPERIOR	PORONGOS		pEsXig	GRANITO GROSSEIRO E PEGMATÓIDE
				pEsXip	GRANITO PORFIRÓIDE
				pEsXim	GRANITO FINO E MÉDIO
			VACACAI	SERICITA-XISTOS, CLORITA-XISTOS, QUARTZITOS.	

Mapa estratigráfico baseado em DGM/15 DISTRITO/DNPM, WILLIG, C.D. et ALII (1974).
Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha de Porto Alegre

CONVENÇÕES

- CONTATO TRANSICIONAL
- ||| FALHA DEFINIDA
- - - FALHA PROVÁVEL
- ↔ MOVIMENTO RELATIVO DE BLOCOS FALHADOS
- ▽ ZONA CATACLASADA OU DE BRECHA
- ← MESMA LITOLOGIA
- dr DIQUE RIOLÍTICO
- VIEIROS DE QUARTZO COM MINERALIZAÇÕES DE WOLFRAMITA E CASSITERITA
- ↘ 80° DIREÇÃO E MERGULHO DE XISTOSIDADE
- W, Sn OCORRÊNCIA DE WOLFRAMITA E CASSITERITA
- F OCORRÊNCIA DE FLUORITA
- Pb, Zn OCORRÊNCIA DE GALENA E ESFALERITA
- Gr GRAISEN
- ⌘ GARIMPO EM ATIVIDADE
- ⌘ MINA ABANDONADA
- P₁ PERFIL DE AMOSTRAGEM DE SOLO
- P₆ PERFIL DE AMOSTRAGEM DE ROCHA

Mapa Geológico baseado em PICADA, R.S. e TESSARI, R.I. (1970).
"Geologia da Folha de Pinheiro, Encruzilhada do Sul, RG 3".
Foram introduzidas algumas modificações.



Projeto Levantamento Geoquímico Regional
do Escudo Sul-Riograndense — 1ª fase
Mapa Geológico da Área Pinheiro - Cerro da Árvore
Geologia por: Eugenio Casimiro Szubert

1:50000

figura 4
Map. 08.705.4 COREMI

denciado da observação do mapa geológico da área de amostragem. Essa tectônica é responsável por falhamentos nordeste de extensão regional e falhas de direção norte-sul.

Para Picada e Tessari (op. cit.) as falhas da região são do tipo direta com planos verticalizados. Um exemplo deste tipo é a Falha do Cerro da Árvore que atravessa toda a área de amostragem e se estende dezenas de quilômetros para nordeste.

É muito freqüente a associação de zonas cataclasadas com o sistema de falhas nordeste. Em muitos locais, como ocorre ao longo da Falha Cerro da Árvore, os cataclasitos ocupam áreas enormes, mapeáveis em escala 1:50.000.

As falhas noroeste são de pequena extensão e aparentemente sem importância na área de estudo.

Os graisens possuem uma textura fina a média e são constituídos essencialmente de quartzo e muscovita, possuindo ainda biotita parcial ou totalmente alterada a clorita. Os acessórios são raros, podendo se encontrar, entretanto, zircão, turmalina e opacos.

Na área de estudo aparecem duas ocorrências, há muito tempo conhecidas, de graisens, uma situada na Mina Sanga Negra e outra na Mina Velha.

De grande importância na área, pela associação com as mineralizações de tungstênio e estanho, são os filões quartzosos que comumente estão associados aos graisens. São corpos estreitos, com possança entre 10

e 30 cm, mas podem atingir extensão de mais de 3 km, como ocorre na Mina Velha, próximo ao Cerro da Árvore. Nesta área foram identificados quatro filões principais, representados no mapa geológico (fig. 4), pelas letras A, B, C e D, os quais possuem comprimentos de algumas centenas de metros. Os perfis de amostragem de solo nº 1, 2 e 3 foram implantados perpendicularmente ao filão A, sendo que o nº 1 também corta o filão D. Na verdade esses filões, como ocorre especialmente com o filão A, estão constituídos por mais de 3 vieiros de quartzo, dispostos paralelamente ao longo de uma direção comum.

O contato dos vieiros com o granito é bastante nítido e se dá através de uma salbanda graisenizada.

O minério encontrado nos vieiros é wolframita. A cassiterita ocorre na salbanda graisenizada. Leinz e Pinagel (1945, p. 38) fazem referência ainda à calcopirita, pirita e aos acessórios berilo, topázio, turmalina e fluorita. Segundo estes autores a calcopirita e a pirita "são quase totalmente lixiviadas até 10 m de profundidade, deixando, apenas, um resíduo limonítico, sem formar qualquer zona de enriquecimento secundário".

No Arroio das Pedras, entre a Mina Sanga Negra e a Mina Velha, são muito frequentes os depósitos secundários do tipo *placer*, nos quais a cassiterita vem sendo explorada há dezenas de anos por garimpeiros, sem nenhum planejamento de lavra.

Para Picada e Tessari (1970, p.28), a tectônica nordeste governa as mineralizações de Sn e W da

área de estudo. Para esses autores a associação paragenética de cassiterita nos filões de graisens da região é tipicamente hipotermal ou pneumatolítica.

Duas outras mineralizações merecem destaque nesta área de amostragem, além daquelas já mencionadas de Sn e W. A primeira, de fluorita, localiza-se ao longo da Falha Cerro da Árvore, próxima à localidade de Pinheiro. A fluorita aparece em quantidade considerável preenchendo microveios e cimentando uma brecha de composição essencialmente quartzo-feldspática. O corpo brechado salienta-se na topografia sob a forma de uma crista lenticular, apresentando comprimento da ordem de 400 m e uma largura média em torno de 90 m. Perpendicularmente a esse corpo implantou-se o perfil nº 5 de amostragem de solo e rocha.

A outra área mineralizada importante, na qual efetuou-se trabalhos de amostragem de rocha, sedimento de corrente e concentrado de bateia, apresenta galena, esfalerita, pouca pirita e provavelmente calcopirita. Situa-se ao norte da área de amostragem, em local de acesso muito difícil, bem próximo ao chamado Cerro do Gancho. A ocorrência, de exposição muito local, aparece em veio de quartzo leitoso, observando-se ainda a presença abundante de epidoto alterado. No local aparecem vários veios quartzosos com larguras variando de 1 a 10 cm e os mais extensos atingem até 100 m de comprimento. Os veios de quartzo e a mineralização estão encaixados numa zona brechada de uma falha norte-sul que na área mineralizada possui 5 a 7 m de largura.

Tessari e Picada (1966) fazem refe-

rência a essa ocorrência como contendo Pb, associado a Zn e Au. Este último elemento não foi detectado pelos processos analíticos usados no Projeto que, entretanto, evidenciaram a presença anômala, além de Pb e Zn, de Cu, Ag, Cd e Bi em amostras de rocha.

5.2.4 - Área de Campinas-Figueiras

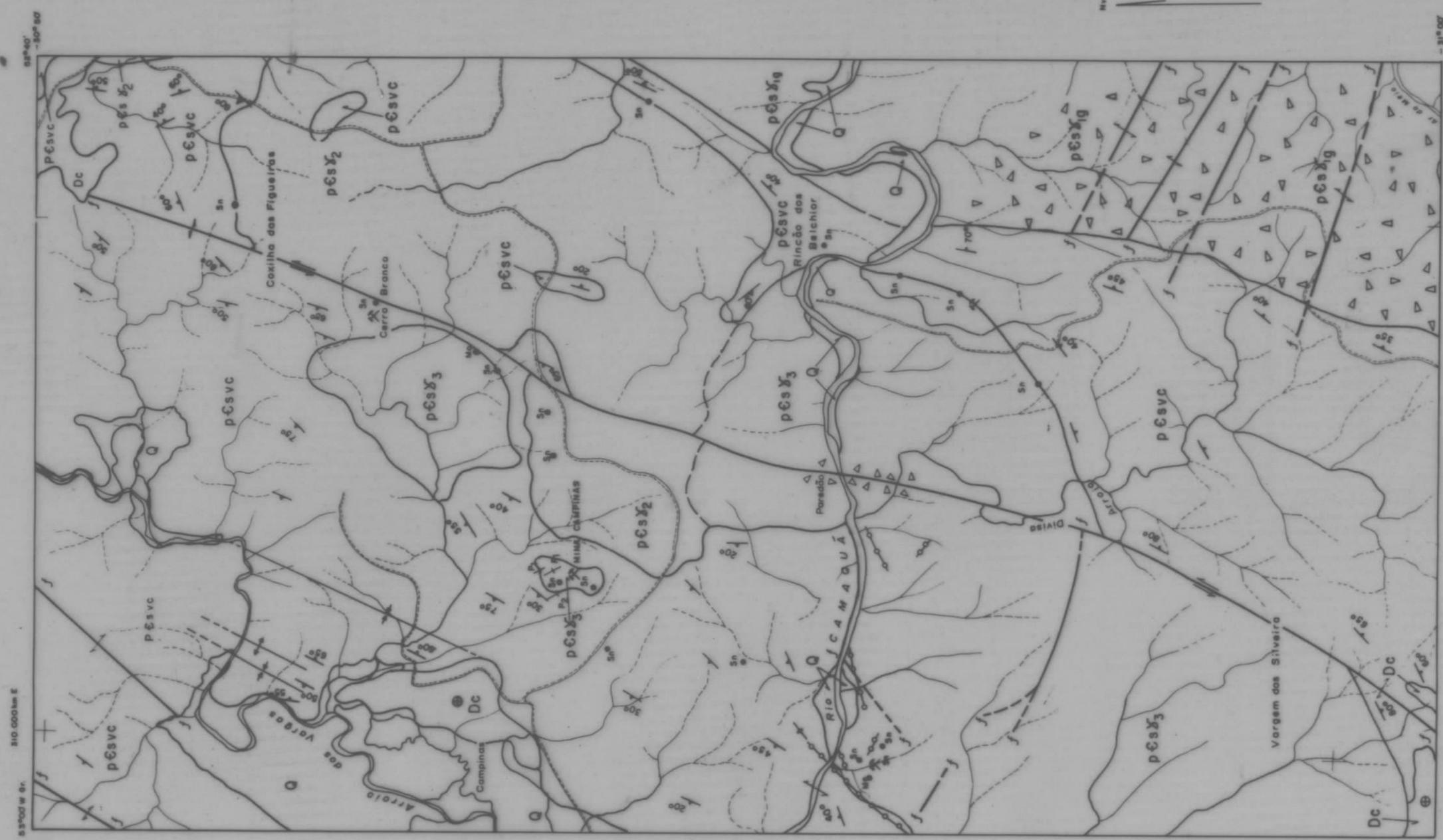
O mapa geológico da área de amostragem Campinas-Figueiras baseou-se fundamentalmente em Picada e Pinto (1966), "Geologia da Folha de Figueiras", com algumas modificações introduzidas pelo presente Projeto. Da observação desse mapa (fig. 5.) verifica-se que a área de amostragem é formada essencialmente por rochas graníticas e metamórficas, consideradas do Pré-Cambriano Superior e pertencentes ao Grupo Porongos.

As rochas metamórficas pertencem ao Subgrupo Vacacaí e são constituídas por xistos e quartzitos epizonais dobrados, contendo principalmente quartzo e sericita, mais raramente, granada, turmalina e andaluzita.

Intrusivos nesta seqüência metamórfica aparecem os granitos Figueiras, Campinas e do Complexo Granítico Encruzilhada, de composição sub-alcalina e caráter tardi a post-tectônico.

Localmente afloram ainda na área siltitos e arenitos, raramente conglomerados, da Formação Caneleiras, além dos depósitos atuais e sub-atuais.

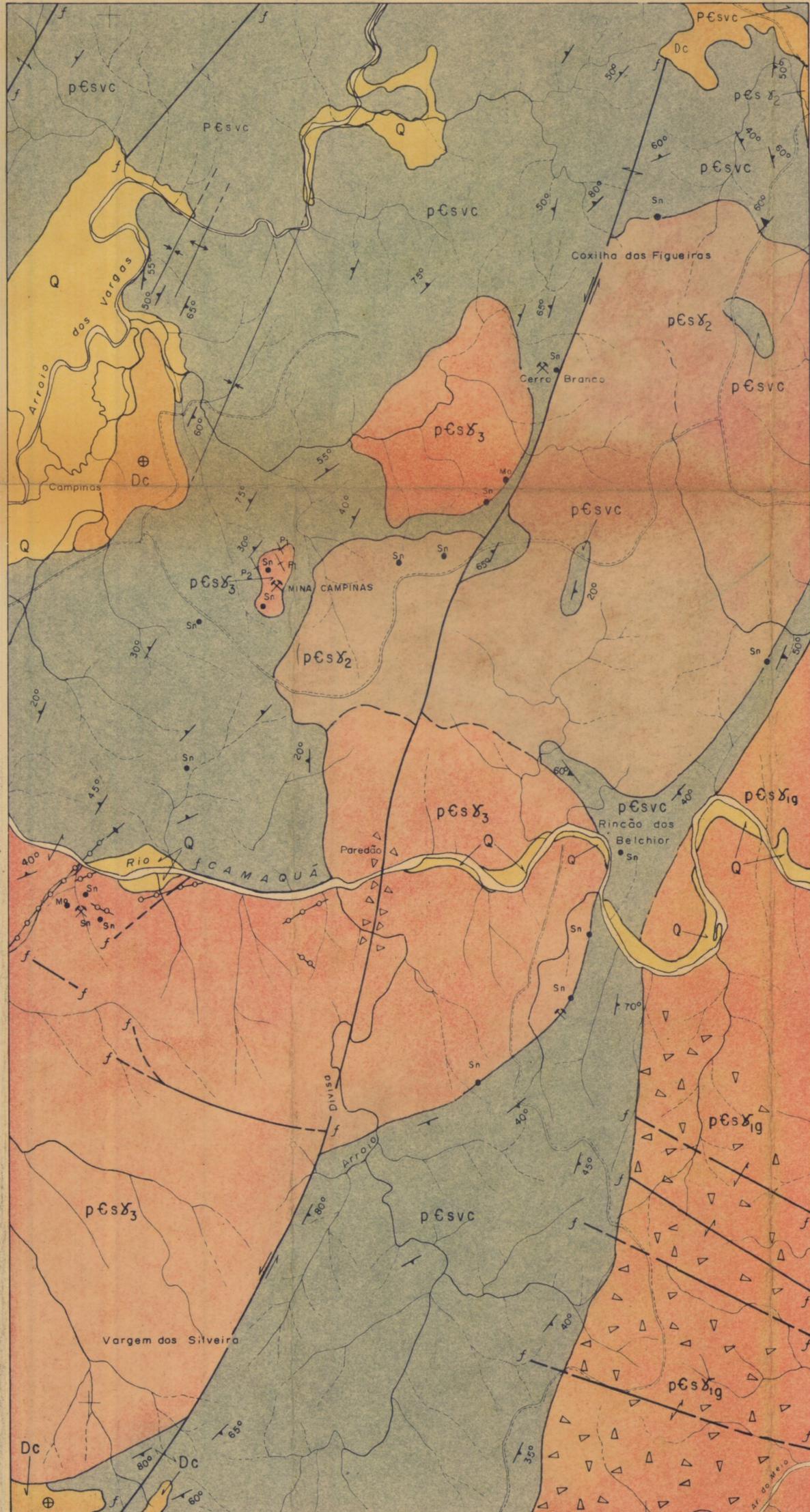
O Complexo Granítico Encruzilhada a-



Mapa Geológico baseado em FICADA, R.S. + PINTO, P. (1966)
 "Mapeamento Geológico da Figueiras" Foram feitas
 algumas modificações.

CPRM - PROJETO LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO REGIONAL DO ESCUDO
 SUL-RIOGRANDENSE, RELATÓRIO FINAL - 1ª FASE

CAMPINAS - FIGUEIRAS



COLUNA ESTRATIGRÁFICA

ERA	PERÍODO	GRUPO	SUB-GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA
CENOZÓICA	QUATERNÁRIO			Q	AREIAS, ARGILAS E CASCALHOS DE ALUVIÕES E ELUVIÕES
		DISCORDÂNCIA			
PALEOZÓICA	DEVONIANO			Dc	SILTITOS, ARENITOS, ARENITOS CONGLOMERÁTICOS
		DISCORDÂNCIA			
P R E C A M B R I A N O	SUPERIOR	PORONGOS		GRANITO CAMPINAS	GRANITO MONZONÍTICO, ISÓTROPO, GRANULAÇÃO MÉDIA
				GRANITO FIGUEIRAS	GRANITOS SUBALCALINOS E ALCALINOS, MÉDIO A GROSSEIRO.
				COMPLEXO GRANÍTICO ENCRUZILHADA	GRANITO GROSSEIRO, ISÓTROPO, A BIOTITA.
			VACACÁI	XISTOS A CLORITA, SERICITA, MUSCOVITA E QUARTZITOS MICÁCEOS.	

Coluna estratigráfica baseada em DGM/1º DISTRITO/DNPM, WILLIG, CD et ALII (1974) Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha de Porto Alegre

CONVENÇÕES

- CONTATO DEFINIDO
- - - CONTATO INFERIDO
- f — FALHA DEFINIDA
- f - - - FALHA PROVÁVEL
- f <-> MOVIMENTO RELATIVO DOS BLOCOS FALHADOS
- ↔ MESMA LITOLOGIA
- ▽ ▽ ▽ ▽ ZONA CATACLASADA OU DE BRECHA
- ○ ○ ○ FILÕES QUARTZOSOS
- ↑ EIXO DE SINCLINAL
- ↓ EIXO DE ANTICLINAL
- 50° DIREÇÃO E MERGULHO DE XISTOSIDADE
- ↑ XISTOSIDADE VERTICAL
- ⊕ CAMADA HORIZONTAL
- Sn OCORRÊNCIA DE CASSITERITA
- Mo OCORRÊNCIA DE MOLIBDENITA
- ⌘ GARIMPO EM ATIVIDADE
- P₁ PERFIL DE AMOSTRAGEM DE SOLO (E ROCHA)

Nv

6.570.000 km



Projeto Levantamento Geoquímico Regional do Escudo Sul-Riograndense — 1ª fase

Mapa Geológico da Área Campinas-Figueiras

1:50 000

figura 5

Map. 08 7053 COREMI

Mapa Geológico baseado em PICADA, R. S. e PINTO, P. (1966) "Mapa Geológico da Folha de Figueiras". Foram introduzidas algumas modificações.

parece restritamente a sudoeste da área de amostragem, representado exclusivamente pela fácies grosseira, com a presença de biotita e evidentes efeitos cataclásticos.

O Granito Figueiras trata-se de uma unidade criada por Picada e Pinto (op.cit., p. 17), "desmembrado do Granito Campinas, visto as suas grandes diferenças petrográficas e, na maior parte das vezes, estarem isolados em corpos à parte".

As mineralizações estaníferas, ocasionalmente acompanhadas de molibdênio, se situam nas bordas dos granitos Figueiras e Campinas na zona de contato com as rochas metamórficas.

Petrograficamente, o Granito Figueiras é uma rocha de granulação média ou grosseira, contendo feldspatos, quartzo e muscovita à vista desarmada. Algumas vezes nota-se turmalina e raramente biotita. Já o Campinas é um granito monzonítico, normalmente isótropo, de grão médio, biotítico e raramente com muscovita. Associadas ao Granito Campinas localizam-se as principais ocorrências e minas de cassiterita desta área de amostragem.

As mineralizações de cassiterita são de dois tipos, dependendo da rocha encaixante: as mineralizações no granito e as mineralizações no xisto. No granito aparecem em pegmatitos e graisens associados. Nos pegmatitos a cassiterita aparece juntamente com quartzo, mica branca e feldspatos. Localmente a turmalina e a fluorita são acessórios (Picada e Pinto, 1966, p. 89). Nos graisens, a cassiterita, finamente disseminada com musco-

vita, apresenta a mesma associação mineral dos pegmatitos, com menor quantidade de quartzo e feldspatos. Segundo Leinz e Pinagel (1945, p. 41) na Mina de Campinas a intensa graisenização do granito Campinas, caracterizada por dezenas de veios graisenizados, leva a indicar a formação de um *stockwork*.

No xisto a mineralização aparece exclusivamente sob a forma de veios de quartzo. Possuem comprimento considerável, podendo atingir até 5 km, e espessuras variando em torno de 0,30 m a 1,20 m (Leinz e Pinagel, op. cit., p. 41). A cassiterita ocorre inclusa em qualquer parte do quartzo ou associada à muscovita em faixas laterais micáceas. No contato com os veios de quartzo o xisto sofre uma intensa turmalinização, transformando-se em turmalinitos ou em quartzitos ricos em turmalina.

Os perfis de amostragem de solo e rocha foram implantados na área da Mina Campinas, o nº 1 principalmente sobre o Granito Campinas e parte no xisto e, o nº 2, somente sobre o xisto.

A situação espacial dos corpos de pegmatitos, graisens e veios quartzosos mineralizados a cassiterita é controlada pela tectônica. A grande maioria desses corpos obedece uma faixa de direção entre N30° e 50°E que é um dos sistemas principais de falhas e de diaclasamento da região. Também a xistosidade das rochas metamórficas do Subgrupo Vacacaí apresenta esta direção.

Nas proximidades das áreas de mineralizações primárias ocorrem eluviões e aluviões mineralizados a cassiterita. Pinagel (1945) cubou uma massa de 85.000 m³ de cascalhos com cassiterita nas proximidades da

Mina Campinas com teores de minério da ordem de 0,5-1,0 kg/m³. Nos aluviões do Rio Camaquã até profundidades de 12 m são encontrados, além da cassiterita, a ilmenita, granada, turmalina, magnetita, zirconita e raras pepitas de ouro (Tessari e Picada, 1966).

Além da cassiterita, que é o único mineral de interesse econômico da área, aparece ainda, raramente, a molibdenita. Até hoje os trabalhos anteriores realizados na área não constataram a presença de wolframita ou minerais sulfurados. Para Leinz e Pinagel (op. cit., p. 43) as ocorrências de cassiterita estão situadas no teto da câmara magmática, enquanto que as jazidas de wolframita, contendo minerais sulfurados, estão situadas na região geologicamente mais funda, dentro do batólito. Esses autores admitem que a cassiterita e os graissens se formaram durante a fase pneumatolítica-pegmatítica, mas já no início da fase hidrotermal.

5.2.5 - Área de Palmas

A área de Palmas apresenta uma complexidade litológica e estrutural muito acentuada, necessitando de um cuidadoso trabalho de campo e uma amostragem petrográfica de detalhe para esclarecer todas as suas questões. No presente trabalho foram introduzidas muitas modificações na geologia local, resultando para a área de afloramento de rochas do Grupo Porongos uma interpretação inteiramente nova. Na área mineralizada, porém, adotou-se em grande parte o mapa geológico em escala 1:20.000 de Jost e Villwock (1967).

Geologicamente a área está constituída por rochas migmatíticas parcialmente cobertas por uma seqüência de rochas metamórficas e ultrabasitos associados, sendo todo o conjunto afetado pela intrusão de um granito sub-alcalino, pertencente ao Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul.

Os migmatitos do Grupo Cambaí constituem a seqüência mais antiga da área e estão representadas por rochas de origem orto e parametamórfica. As rochas ortometamórficas são predominantemente arteritos embrechíticos, graduando localmente para termos epibolíticos e mesmo diadísitos. As rochas parametamórficas constituem as encaixantes das mineralizações objetos de interesse desta área e estão representados essencialmente por epibolitos. São rochas de estrutura bandeada, na qual alternam-se leitos de uma rocha xistosa e veios concordantes de composição quartzo-feldspática. Tratam-se de xistos a muscovita e biotita com presença de quartzo e, às vezes, de clorita, migmatizadas pela injeção de veios quartzo-feldspáticos paralelos à xistosidade.

Junto às mineralizações, estes migmatitos heterogêneos sofreram, além da alteração hidrotermal, provavelmente processos de retrometamorfismo, tornando muito difícil a identificação da rocha original. Na maioria dos casos observa-se apenas uma rocha xistosa, com quartzo, muscovita e, em menor proporção, sericita e clorita.

As rochas metamórficas que seguramente pertencem ao Subgrupo Vacacaí aparecem nos extremos NE e NW da área de estudo e estão representadas essencial-

mente por sericita-xistos, quartzitos a sericita e filitos. Em quase todas as outras situações de afloramentos de rochas metamórficas é muito difícil separar as litologias Vacacaí daquelas correlacionáveis à Formação Cerro Mantiqueiras. No mapa geológico (fig. 6) da área de amostragem considerou-se como Cerro Mantiqueiras aquelas áreas nitidamente de rochas ultrabásicas, como serpentinitos, com algumas rochas metamórficas intimamente relacionadas, principalmente clorita-xistos. Nas áreas em que não foi possível separar as duas unidades por critérios de campo e/ou devido a escala de mapeamento, resolveu-se englobá-las em única unidade. Neste caso, as rochas metamórficas, inclusive quartzito, e os ultrabásitos, embora concordantes estruturalmente, não mantêm entre si um relacionamento muito íntimo.

Os granitos do Complexo Jaguari-Lavras do Sul ou simplesmente Granito Jaguari (Jost, 1970) caracterizam-se na área de amostragem pela intensa tectônica de bordo, padrão cerrado de diaclasamento e zonas de cisalhamento e falhas. São rochas de granulação grosseira, geralmente equigranulares e isotrópicas, com cores claras, rosadas, com pontuações pretas de biotita.

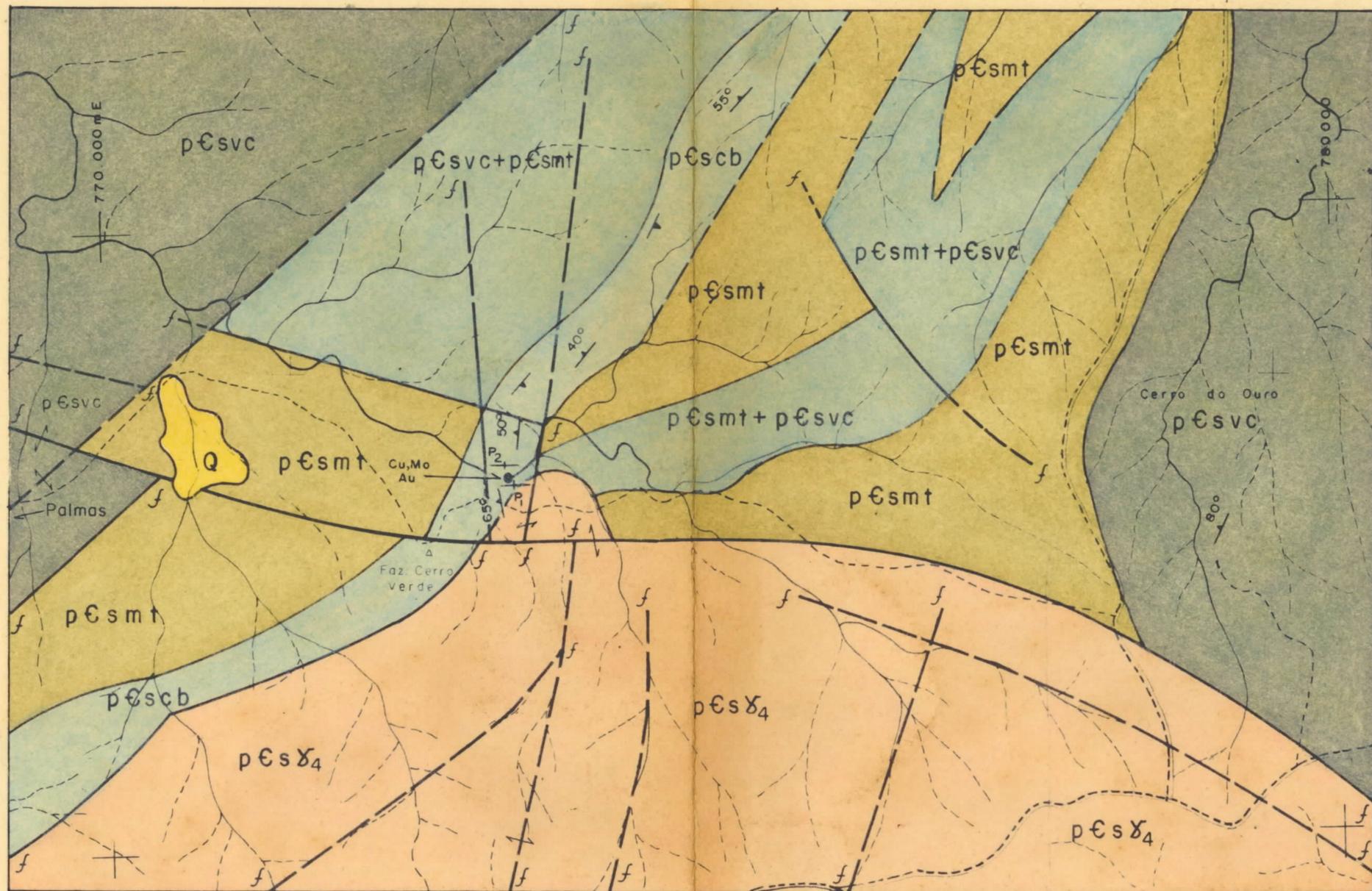
As mineralizações de cobre, molibdênio e ouro estão associadas a filões quartzosos existentes na seqüência migmática do Grupo Cambaí, mais especificamente na área de afloramento dos epibolitos parametamórficos.

Para Villwock e Jost (1967), a intrusão do Granito Jaguari e a tectônica de bordo decorrente, provocaram um grande número de falhas e zonas de cisalha-

54° 11' 24" WG.

São Gabriel

54° 04' 08" - 30° 38' 24"



Mapa Geológico elaborado pelo Projeto, baseado em parte em JOST, H e VILLWOCK, J.A. (1967) "Mineralizações de cobre, molibdênio e ouro das cabeceiras do Rio Vacacaí, São Gabriel, RS"

COLUNA ESTRATIGRÁFICA

ERA	PERÍODO	GRUPO	SUB-GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	
CENOZÓICA	QUATERNÁRIO				Q DEPÓSITOS INCONSOLIDADOS ARENOSOS, SILTICOS, ARGILOSOS, SEIXOS, MATAÇÕES.	
		DISCORDÂNCIA				
					COMPLEXO GRANÍTICO JAGUARI-LAVRAS	pEsX4 GRANITO INTRUSIVO, EQUIGRANULAR, GROSSEIRO.
		DISCORDÂNCIA				
					CERRO MANTIQUEIRAS	pEsmt ULTRABASITOS, SERPENTINITOS, META-ANDESITOS E METAMÓRFICAS ASSOCIADAS.
PRE-CAMBRIANO	SUPERIOR	PORONGOS	VACACAÍ	pEsvc QUARTZITOS, CLORITA-XISTOS, SERICITA-XISTOS E FILITOS.		
			DISCORDÂNCIA(?)			
			CAMBAÍ	pEscb EPIBOLITOS E ARTERITOS EMBRECHÍTICOS.		

Coluna estratigráfica baseada em DGM/19 DISTRITO/DNPM, WILLIG, C.D. et Alii (1974). Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo Folha de Porto Alegre.

CONVENÇÕES

- CONTATO DEFINIDO
- - - CONTATO INFERIDO
- f-f FALHA DEFINIDA
- f-f FALHA PROVÁVEL
- ← MESMA LITOLOGIA
- 40° DIREÇÃO E MERGULHO DE XISTOSIDADE
- Cu, Mo, Au OCORRÊNCIA DE COBRE, MOLIBDÊNIO E OURO
- + P1 PERFIL DE AMOSTRAGEM DE SOLO (E ROCHA)



Projeto Levantamento Geoquímico Regional do Escudo Sul-Riograndense — 1ª fase

Mapa Geológico da Área de Palmas

Geologia por: Eugenio Casimiro Szubert

1:50000

figura 6

Map. 08.705 6 COREMI

mento, onde se estabeleceram os veios de quartzo mineralizados ou não. Estruturalmente, esses autores salientaram ainda "o fato de a maior concentração de veios ser encontrada ao longo do eixo de uma sinclinal, que se comportou como zona de fraqueza, facilitando a ascensão das soluções mineralizadoras".

Conforme descrevem Villwock e Jost (op. cit., p. 80) a mineralização está constituída por magnetita, molibdenita, calcopirita, bornita, neodigenita, pirita e ouro nativo e acompanhada de uma ganga de quartzo, fluorita, calcita e epidoto. O minério secundário apresenta malaquita, calcocita, covelita, cuprita, cobre nativo, azurita, ocre molíbdico, limonita e ouro nativo.

Em concentrados de bateia coletados em arroio próximo à mineralização e à sua jusante, em área de afloramento de rochas do Grupo Porongos, verificou-se também a presença de cassiterita e scheelita, além do ouro nativo.

A mineralização primária ocorre principalmente sob a forma de filões e lentes de quartzo e, pouco expressivamente, como disseminações, controlados por pequenas falhas e fraturas, em geral adaptadas à estrutura bandeada das encaixantes.

Villwock e Jost (op. cit.) admitem uma relação genética entre o Granito Jaguari e as mineralizações, estabelecendo para estas um campo de variação da temperatura entre 600 e 300^o C, tendo em vista as condições de formação de certos minerais diagnósticos. Classi-

ficam o depósito como do tipo hipomesotermal-filoneano.

O condicionamento litológico-estrutural verificado na área mineralizada é praticamente o mesmo existente em toda borda do granito Jaguari na área de amostragem de Palmas. Em vista disso e considerando a presença, por exemplo, de ouro nativo em concentrados de bateia, amostrados à montante da mineralização conhecida, é provável que ocorram outras áreas com mineralizações semelhantes na região. Com efeito, a área com possibilidade de ser prospectada visando a descoberta de novas mineralizações pode ser considerada a mesma delimitada para a amostragem do Projeto em Palmas.

6. TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM

6.1 - Generalidades

Os planos de amostragem utilizados no presente trabalho foram orientados no sentido de se determinar parâmetros que caracterizem o comportamento geoquímico no ambiente supergênico dos diferentes elementos químicos ou associações de elementos, relacionando-os às diversas unidades litológicas, estruturas e mineralizações presentes nas áreas em estudo.

De posse desses dados foi possível estabelecer modelos de amostragem eficientes que permitam um controle adequado dos parâmetros de dispersão dos elementos, assim como da amplitude da variância em cada meio natural, visando futuros levantamentos geoquímicos em áreas semelhantes às estudadas.

Os trabalhos foram executados em cinco diferentes áreas (fig. 1), portadoras de ocorrências minerais conhecidas. Os meios naturais amostrados foram solos, rochas e sedimentos de corrente nas cinco áreas e concentrados de bateia somente nas áreas de Pinheiro-Cerro da Árvore, Campinas-Figueiras e Palmas.

Para avaliação da grandeza da variância de amostragem foram coletadas aleatoriamente duplicatas a distâncias variáveis em torno de 30 m da amostrabásica. Para determinação da variância analítica usou-se amostras replicatas, obtidas do quarteamento, no campo ou laboratório, das amostras básicas.

Classe de Amostra	Número de Amostras
Sedimento de corrente	323
Concentrado de bateia	126
solo	739
rocha	248
Total	1 436

Tabela I

A tabela I apresenta o número de amostras coletado para cada meio natural amostrado. Do total de 1 436 amostras, 183 foram duplicatas e 191 foram replicatas.

Na tabela II está indicado o número de amostras coletado por área de amostragem.

Área de Amostragem	Número de Amostras
Cerro dos Martins	350
Cerro Mantiqueiras	184
Pinheiro-Cerro da Árvore	473
Campinas-Figueiras	282
Palmas	147
Total	1 436

Tabela II

6.2 - Sedimentos de Corrente

6.2.1 - Área do Cerro dos Martins

As amostras foram coletadas no Arroio Passo da Areia, que em parte drena as mineralizações do Cerro dos Martins, em drenagem sob influência direta da ocorrência de cobre do Cerro das Ovelhas e em cursos d'água totalmente afastados das áreas mineralizadas (fig.12).

Junto à zona mineralizada do Cerro dos Martins a densidade de amostragem foi mantida constante, com espaçamento da ordem de 150 m, aumentando a distância entre os pontos de coleta no sentido de jusante. Em todas as demais bacias foram amostrados drenos com áreas de captação variando de 1 a 4 km², sendo que a amostra 143 englobou três bacias distintas tendo uma área de captação de aproximadamente 15 km².

Em toda a área foram coletadas 47 amostras básicas, 5 duplicatas e 8 replicatas, perfazendo uma densidade de amostragem de 1 amostra para cada 2,1 km².

6.2.2 - Área do Cerro Mantiqueiras

Em Cerro Mantiqueiras as amostras foram obtidas periféricamente ao corpo de ultrabásitos e metamórficas associadas, o qual dispõe-se segundo uma direção aproximadamente leste-oeste como uma crista destacável no relevo; em drenagens de 1^a ordem nas proximidades da confluência com arroios maiores, onde a bacia de

captação possui cerca de 5 km^2 ; e em drenagens de ordem maior, em pontos situados mais a jusante, próximos do limite geográfico da área.

Um pequeno número de amostras foi coletado em drenagens bem afastadas da influência do corpo máfico, em locais fora da área original de amostragem proposta na Solicitação de Serviços, visando estimar o comportamento geoquímico dos elementos de interesse nestas condições (fig.40).

Em toda a área foram coletadas 29 amostras básicas, 5 duplicatas e 8 replicatas, com uma densidade de amostragem da ordem de 1 amostra por $1,7 \text{ km}^2$.

6.2.3 - Áreas de Pinheiro-Cerro da Árvore e Campinas-Figueiras

Nestas duas áreas predominam rochas graníticas e os elementos químicos de interesse para pesquisa são em geral os mesmos. Em vista disso e objetivando determinar um plano de amostragem mais apropriado adotou-se sistemáticas diferentes de amostragem para essas duas áreas.

Os pontos amostrados na área de Pinheiro-Cerro da Árvore possuem um espaçamento aproximadamente constante de 700 m ao longo dos cursos d'água maiores que drenam as principais ocorrências minerais ou delas passam próximo. Na porção norte da área a densidade de amostragem foi menor, em razão de não se conhecer nenhuma ocorrência mineral de porte. O levantamento nessa

porção permitirá uma boa avaliação da distribuição dos elementos traços nesse meio natural, em locais não mineralizados.

Em cursos d'água menores que não drenavam diretamente locais reconhecidamente mineralizados, foi coletada uma amostra, raramente duas, nas imediações da confluência com a drenagem maior visando assim determinar a intensidade da diluição provocada no curso d'água mais potente. Em alguns locais escolhidos adotou-se um plano de amostragem na forma de triângulo, no qual uma amostra foi coletada em cada um dos afluentes e uma terceira após o encontro das duas drenagens, objetivando o grau de diluição resultante da reunião das mesmas (fig.53).

Em Campinas-Figueiras foi coletado um grande número de amostras na drenagem que corta as mineralizações da Mina Campinas, encravadas em um pequeno corpo do Granito Campinas. Neste caso o intervalo de amostragem foi da ordem de 50 a 100 m, aumentando à medida que se afastava da área de interesse. Nos cursos d'água próximos às áreas mineralizadas de Campinas e do Cerro Branco foram coletadas uma ou mais amostras em cada drenagem com o objetivo de avaliar a intensidade da diluição nas drenagens que apresentam um maior volume d'água (fig.86).

Nas áreas afastadas das zonas mineralizadas foram tomadas amostras em drenagens cujas áreas de captação não ultrapassavam 10 km^2 . Adotou-se esse critério com a finalidade de se obter valores não muito baixos, como consequência dos fatores ligados à diluição.

Na área de Pinheiro-Cerro da Árvore

o número de amostras básicas foi de 68 e mais 11 duplicatas e 16 replicatas, com uma densidade da ordem de uma amostra para cada $2,5 \text{ km}^2$. Em Campinas-Figueiras coletou-se 64 amostras básicas, 10 duplicatas e 3 replicatas, perfazendo uma densidade média de uma amostra para cada $2,3 \text{ km}^2$.

6.2.4 - Área de Palmas

A amostragem de sedimentos de corrente em Palmas foi planejada unicamente em função da ocorrência conhecida de cobre, molibdênio e ouro, localizada às margens direita e esquerda da Sanga Bom Retiro, que é o principal curso d'água da área. Assim, próximo a essa ocorrência e à montante da citada sanga, onde situam-se as suas cabeceiras, coletou-se uma ou duas amostras em cada ramo da drenagem. Junto à ocorrência e num intervalo de cerca de 1 km ao longo da sanga, amostrou-se a intervalos regulares de aproximadamente 50 m, aumentando esse espaçamento gradativamente no sentido da jusante. Os tributários da Sanga Bom Retiro foram também amostrados, sendo que o número de amostras foi proporcional à área de suas bacias e/ou à sua importância, encarada do ponto de vista litológico (fig.104).

A área de Palmas apresentou uma densidade de amostragem de 1 amostra para cada $1,7 \text{ km}^2$ para um total de 44 amostras básicas e mais 2 duplicatas e 3 replicatas.

6.3 - Concentrados de Bateia

Foram coletadas amostras de concentrados de bateia somente nas áreas de Pinheiro-Cerro da Árvore, Campinas-Figueiras e de Palmas, sendo que os pontos de amostragem quase sempre coincidiram com aqueles onde foram tomadas as amostras de sedimentos de corrente.

A coleta de material para a concentração de minerais pesados foi efetuada na calha de drenagens selecionadas, sempre até uma profundidade de 20 cm e, na medida do possível, tomando-se a fração mais grosseira que parece ser aquela que apresenta o maior conteúdo em pesados. O volume do material usado para efetuar-se a concentração foi da ordem de 7 litros e o peso do concentrado variou em torno de 10 a 30 gramas. Para a concentração dos minerais pesados usou-se em todas as áreas bateias de fundo cônico.

O número e a densidade de amostras por área de concentrados de bateia distribuíram-se do seguinte modo nas áreas de estudo:

Pinheiro-Cerro da Árvore	: 69 amostras; 1 amostra/ 2,5 km ² ;
Campinas-Figueiras	: 29 amostras: 1 amostra/ 5,1 km ² ;
Palmas	: 28 amostras: 1 amostra/ 2,7 km ² .

6.4 - Solos

Em todas as áreas foram implantados perfis de amostragem de solos, perpendiculares aos veios ou estruturas mineralizadas, escolhidos como os mais favoráveis para o trabalho. Essa amostragem foi feita através de poços abertos com profundidade suficiente para atingir o horizonte C, alcançando quase sempre o substrato rochoso. A amostragem nos horizontes A e C foi feita com vistas a definir aquele que apresentasse a maior concentração e o contraste mais acentuado para os elementos pesquisados. Em Palmas, nos perfis 1 e 2, a amostragem foi feita somente no horizonte A em razão das dificuldades criadas pelo proprietário das terras à realização da pesquisa.

Nos perfis de amostragem transversais às ocorrências filonares, o espaçamento inicial entre as amostras foi da ordem de 0,5m, aumentando com uma razão geométrica 2 para cada lado do filão, atingindo distâncias em geral de 63,5m ou maiores para alguns casos. Para uma melhor visualização da sistemática adotada, poderão ser examinadas as plantas dos perfis de amostragem, localizadas no Volume II desse relatório.

Em áreas afastadas das zonas mineralizadas foram coletadas aleatoriamente amostras, visando estimar os valores de *background* dos solos associados às principais unidades litológicas da área de amostragem.

Em cada área as amostras de solo distribuíram-se da seguinte maneira:

Cerro dos Martins : 157 amostras básicas; 36 duplicatas; 34 replicatas;
Cerro Mantiqueiras: 60 amostras básicas; 25 duplicatas; 16 replicatas;
Pinheiro-Cerro da
Árvore : 164 amostras básicas; 29 duplicatas; 38 replicatas;
Campinas-Figueiras: 93 amostras básicas; 17 duplicatas; 22 replicatas;
Palmas : 36 amostras básicas; 10 duplicatas; 2 replicatas.

6.5 - Rochas

A distribuição dos pontos de amostragem de rocha objetivou a obtenção de dados referentes às ocorrências minerais estudadas e às principais litologias englobadas nas cinco áreas de amostragem. Objetivou ainda um controle mais efetivo dos dados fornecidos pelos sedimentos de corrente, concentrados de bateia e solos, permitindo a análise das relações geoquímicas entre os diversos meios amostrados.

Em alguns locais onde foram implantados os perfis de solos e de modo transversal aos corpos mineralizados, foram coletadas amostras de rocha, procurando-se definir o comportamento geoquímico dos elementos nas áreas de ocorrências minerais. Outras amostras foram coletadas aleatoriamente em áreas afastadas das porções mineralizadas, visando a determinação do *background*, principalmente dos elementos traços.

O total de 248 amostras da rocha distribuiu-se por área do seguinte modo:

Cerro dos Martins	:	43 amostras básicas;	8 duplicatas;	12 replicatas;
Cerro Mantiqueiras	:	30 amostras básicas;	4 duplicatas;	7 replicatas;
Pinheiro-Cerro da Árvore	:	50 amostras básicas;	14 duplicatas;	14 replicatas;
Campinas-Figueiras	:	31 amostras básicas;	5 duplicatas;	8 replicatas;
Palmas	:	20 amostras básicas;	2 duplicatas.	

7. MÉTODOS ANALÍTICOS

7.1 - Generalidades

As amostras de sedimentos de corrente, solos e concentrados de bateia foram primeiramente submetidas a secagem no laboratório, em estufa com temperatura em torno de 80°C. Posteriormente, a fração granulométrica menor que 80 mesh foi separada por peneiramento e, em seguida, pulverizada numa fração inferior a 150 mesh, sendo esse material enviado para determinações analíticas.

As amostras de rochas e concentrados de bateia foram pulverizadas diretamente a uma fração menor que 150 mesh, sem sofrerem peneiramento, tendo os concentrados sido analisados mineralogicamente antes de serem preparados para análise química.

Todo o material coletado durante a fase de campo foi enviado ao Laboratório de Análises Mineralis (LAMIN) para ser analisado quimicamente, de acordo com a programação do Projeto. As amostras foram submetidas à análise por espectrografia de emissão semiquantitativa para 30 elementos, por espectrofotometria de absorção atômica para Cu, Pb, Zn, Au e Ag, por colorimetria para As, Sb e W, e pelo método do eletrodo do íon específico para o F, conforme as técnicas descritas a seguir. Para os concentrados de bateia foram efetuadas ainda análises mineralógicas qualitativas.

7.2 - Espectrografia de Emissão

Neste método, 10 mg de amostra, previamente moída a menos 150 mesh, são misturados com 20 mg de pó de grafite, espectrograficamente puro, e a mistura é colocada em eletrodo de grafite. As amostras são queimadas em espectrógrafo Wadsworth 1,5, marca Jarrell-Ash, durante 2 minutos e 15 segundos e as linhas emitidas por cada elemento são registradas em filme Kodak Sa-1. A revelação e fixação são executadas com o revelador Kodak D-19 durante 2 minutos e a 18°C.

A comparação do filme das amostras com um filme de padrões espectrográficos obtidos em iguais condições é feita visualmente em comparador Jarrell-Ash.

Os padrões utilizados obedecem à série 1-2-5-10-20-50-100 ppm etc., e interpolações visuais entre estes valores são sempre dados como 1,5-3-7-15-30-70 ppm etc..

7.3 - Espectrofotometria de Absorção Atômica

As determinações para Cu, Pb, Zn e Ag foram realizadas numa mesma tomada de amostra. Um grama de amostra pulverizada a menos 150 mesh, tratada com ácido nítrico concentrado a quente por 2 horas (abertura parcial) é diluída com água deionizada a um volume de 10 ml, homogeneizada, centrifugada e lida num espectrofotômetro de absorção atômica Perkin-Elmer modelo 103, calibrado com padrões do elemento a analisar em ácido nítrico 8 M. Para as análises de Cu, Pb e Zn o limite de sensibilidade é

de 5 ppm e para a Ag é de 0,5 ppm.

A determinação de Au foi executada em 10 g de amostra calcinada a 700°C em forno e tratada com uma solução de bromo a 0,5% em ácido bromídrico concentrado a quente. Após este tratamento, a amostra é diluída e o ouro extraído com metil-iso-butil-cetona (MIBK). Após várias lavagens da camada orgânica com ácido bromídrico diluído e equilibrado com MIBK, o Au é então determinado num espectrofotômetro de absorção atômica Perkin-Elmer modelo 103, calibrado com padrões de Au em MIBK. O limite de sensibilidade do método é de 0,05 ppm de Au.

7.4 - Colorimetria

As análises de Sb, As e W foram efetuadas por colorimetria. A determinação de Sb foi realizada em 0,2 gramas de amostra fundida com pirossulfato de potássio. Após este ataque a amostra é retomada com ácido clorídrico 6 M contendo glicerina e filtrada em funil de separação, onde o Sb é extraído em éter isopropílico. A camada do éter, após várias lavagens, é tratada com uma solução de rodamina-B e a absorbância da cor rósea resultante é lida em um espectrofotômetro de absorção molecular Spectronic 20 e relacionada a ppm de Sb. O limite de sensibilidade do método é de 1 ppm de Sb.

Na determinação do As a amostra é fundida com pirossulfato de potássio e retomada com ácido clorídrico diluído. Após tratamento com iodeto de potássio e cloreto estano em meio ácido, o As da amostra é reduzido em presença de Zn e a arsina, desprendida em sis-

tema fechado, reage com cloreto mercúrico. A cor amarela obtida é comparada visualmente com padrões e relacionada a ppm de As. A sensibilidade do método é de 10 ppm de As.

Para determinação do W a amostra é sinterizada com uma mistura de carbonato de sódio, cloreto de sódio e nitrato de potássio. A amostra é retomada com água e tratada com sulfocianeto e cloreto estanoso em meio ácido a quente. O complexo tungstênio-sulfocianeto é extraído com éter isopropílico e a cor obtida é comparada visualmente com padrões e relacionada a ppm de W. A sensibilidade do método é 20 ppm de W.

7.5 - Eletrodo de Íon Específico

A amostra é sinterizada numa mistura de carbonato de sódio e nitrato de potássio. Após o ataque a amostra é retomada com água. Adiciona-se uma solução tampão de citrato de amônio, quando o flúor é determinado pelo método de Eletrodo de Íon Específico e as leituras obtidas relacionadas a ppm de F. O instrumento utilizado é um Potenciômetro Orion, modelo 407, sendo a sensibilidade do método de 50 ppm de F.

8. PROCESSAMENTO DOS DADOS

8.1 - Generalidades

Os elementos considerados para apresentação gráfica e interpretação foram escolhidos de acordo com sua importância nas mineralizações estudadas ou por apresentarem valores anômalos e/ou significativamente contrastantes.

A tabela III abaixo apresenta os elementos escolhidos em cada área de amostragem.

Área de Amostragem	Elementos Estudados
Cerro dos Martins	Cu, Pb, Zn, Ag, Ti, V, Co, Ba, Fe, Mn
Cerro Mantiqueiras	Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Cr, Fe, Mn
Pinheiro-Cerro da Árvore	Cu, Pb, Zn, Sn, W, F, Be, B, Ba, Fe, Mn
Campinas-Figueiras	Cu, Pb, Zn, Sn, F, Be, B, Ba, Fe, Mn
Palmas	Cu, Pb, Zn, Au, Mo, Ag, Sn, F, B, Ba, Sr, Fe, Mn

Tabela III.

Os elementos Cu, Pb, Zn, Fe e Mn foram utilizados para interpretação em todas as áreas, embora algumas vezes apresentassem valores muito baixos ou sem interesse geoquímico. Por outro lado, alguns elemen-

tos não foram usados sistematicamente por apresentarem valores insignificantes, em geral abaixo do limite inferior da detecção. O As e o Sb também não foram considerados, tendo em vista seus valores quase sempre idênticos em todo o material analisado, não fornecendo assim contrastes expressivos. Outros elementos foram descartados como o Bi, Ca, Cd, La, Mg, Nb, Sc, Y e Zr pelo fato de mais de 70% dos resultados analíticos situarem-se abaixo do limite inferior de sensibilidade ou não terem sido detectados ou ainda por não fazerem parte das associações geoquímicas ligadas às litologias das áreas-teste.

Os elementos Cu, Pb, Zn, Ag e Au foram analisados por espectrografia de emissão e por absorção atômica, dando-se preferência na fase de interpretação aos resultados fornecidos pelo último método, tendo em vista a sua maior sensibilidade e precisão.

Em quase todos os pontos da coleta de sedimentos de corrente foram tomadas medidas de pH, visando obter dados para uma interpretação mais segura do grau de dispersão dos elementos. Não foram efetuadas medidas de pH em solos no campo ou em laboratório.

Os resultados analíticos dos elementos foram fornecidos em partes por milhão (ppm), à exceção do Fe, Mg, Ca e Ti, expressos em percentagem.

As tabelas IV e V apresentam os limites de detecção dos elementos analisados, respectivamente por absorção atômica e espectrografia de emissão.

Elemento	Limite Inferior
Cu	5
Pb	5
Zn	5
Au	0,05
Ag	0,5

Tabela IV - Limites de detecção (ppm) pelo método de espectrofotometria de absorção atômica.

Na interpretação dos resultados procurou-se agrupar e analisar os elementos da melhor forma possível segundo associações geoquímicas típicas ligadas às unidades litológicas ou corpos mineralizados existentes nas áreas de amostragem. Desse modo estabeleceu-se grupamentos de elementos tipicamente associados para cada área, como por exemplo Cu, Pb, Zn e Co para Cerro dos Martins. Foram indicados também, na medida do possível, fa-rejadores para determinados elementos associados às o-corrências minerais e outros ainda como definidores de ambientes secundários.

8.2 - Critérios de Interpretação

A sistemática utilizada na interpretação dos dados analíticos, bem como a definição de alguns conceitos e termos estatísticos usados ao longo do relatório são abordados a seguir de uma maneira geral.

ELEMENTOS	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
Fe	500	200.000
Mg	200	100.000
Ca	500	200.000
Ti	20	10.000
Mn	10	5.000
Ag	0,5	5.000
As	200	10.000
Au	10	5.000
B	10	
Ba	20	5.000
Be	1	1.000
Bi	10	1.000
Cd	20	
Co	5	2.000
Cr	10	5.000
Cu	5	2.000
Ga		
Ge		
In		
La	20	1.000
Li		1.000
Mo	5	2.000
Na		
Nb	10	2.000
Ni	5	5.000
Pb	10	20.000
Sb	100	10.000
Sc	5	100
Sn	10	1.000
Sr	100	
V	10	10.000
W	50	2.000
Y	10	2.000
Zn	200	10.000
Zr	10	1.000

Tabela V - Limites de detecção (em ppm) de elementos pelo método espectrográfico de emissão semiquantitativo.

Definiu-se a população alvo como sendo as características geológicas das áreas estudadas e as populações amostradas como os meios naturais, correspondentes aos sedimentos de corrente, concentrados da bateia, solos e rochas, analisados por espectrografia de emissão e métodos rápidos.

Através de dados fornecidos pelo processamento eletrônico, as populações amostradas foram analisadas independentemente para cada área, por meio de um estudo criterioso da listagem e sumário dos arquivos, tabelas de frequência, histogramas, testes de distribuição, correlação, cálculo das estatísticas e mapas de amostragens.

As populações amostradas foram também examinadas através de análise de variância e gráficos de probabilidade, elaborados pela equipe do Projeto, respectivamente para solos e sedimentos de corrente (fig.7 a 11).

A análise de variância não foi processada eletronicamente pelo SEPRO, no Rio de Janeiro, em razão da impossibilidade de recuperação dos dados das amostras duplicatas e replicatas do Arquivo Geral do Projeto, em virtude da imperfeição da codificação livre dessas amostras. Essa análise foi efetuada posteriormente durante a redação do relatório na SUREG, em Porto Alegre, baseando-se em Garret (1969), somente para o Cu, em amostras de solos do horizonte C da área do Cerro dos Martins.

Para os cálculos numéricos adotados nos arquivos de dados admitiu-se *a priori* que os elementos apresentam um comportamento lognormal, considerando-se a

média geométrica como estimador de tendência central e o desvio geométrico como uma medida do coeficiente de dispersão. Os testes estatísticos efetuados por computador (Kolmogorov-Smirnov e Chi-quadrado) confirmaram que a maioria absoluta dos elementos dosados nas amostras provenientes das diferentes populações mostravam-se distribuídos lognormalmente. Para aqueles elementos que foram construídos gráficos de probabilidade (figuras 7 a 11), as suas lognormalidades podem ser observadas através da distribuição aproximada dos pontos ao longo de uma linha reta, no caso de uma única população, ou de uma linha quebrada, no caso de duas ou mais populações.

Na determinação dos parâmetros estatísticos básicos, como *background*, desvio padrão e limiar, característicos das populações geoquímicas definidas nas áreas-teste, foram considerados os valores estimados pelo cálculo eletrônico. O limiar foi determinado por meio da fórmula $L = \bar{X} \cdot s^2$, a qual estipula que apenas 2,5% da população são considerados valores anômalos. No caso dos elementos Sn e Mo especificamente, os valores do limiar fornecidos pela computação foram considerados exagerados, preferindo-se redefini-los através de um exame criterioso dos histogramas conjuntamente com as características litológicas de cada área.

Baseado no trabalho de Plant (1971), foi adotada uma divisão da distribuição estatística para alguns elementos em determinadas áreas-teste, com os intervalos de classe definidos através da média geométrica e do desvio padrão geométrico. Assim, tem-se:

Valores anômalos: $> (\bar{X} + 2 \bar{\sigma})$

Valores de alto *background*: $>(\bar{X} + 1 \sigma) <(\bar{X} + 2 \sigma)$

Valores de *background*: $(\bar{X} + 1 \sigma)$

Valores de baixo *background*: $<\bar{X}$.

As vantagens dessa maneira de apresentação dos dados são relacionadas no trabalho de Plant (op. cit.).

Para a maioria das populações que apresentaram valores abaixo do limite de sensibilidade, o uso do método de Cohen foi censurado, utilizando-se nestes casos os parâmetros estatísticos de valores definidos. Nos casos em que não houve censura no uso do método de Cohen fez-se referência no texto desse relatório.

Na correlação dos elementos foram discutidos somente os pares nos quais constaram mais de 20% das amostras das populações amostradas, ao nível de significância estatística de 95%, dando-se atenção especial aos pares relacionados às unidades litoestratigráficas situadas no âmbito das áreas-teste.

8.3 - Processamento Eletrônico

Face ao grande número de informações decorrentes da fase de campo, da análise de todos os elementos e do elevado número de parâmetros e variáveis envolvidos no presente estudo, tornou-se necessário o uso de computador para processar em pequeno intervalo de tempo e baixo custo os resultados do Projeto.

Em alguns casos fez-se interpretativamente uma reavaliação dos valores de certos parâmetros geoquímicos, através de uma análise conjunta dos histogramas e características litológicas, quando os valores determinados através de um dos programas de aplicação foram considerados exageradamente altos. É o que acontece em alguns casos para os limiares estimados, quando somente os valores muito elevados foram considerados anômalos.

A documentação gráfica, em especial os perfis e mapas geoquímicos, foi elaborada pela equipe do Projeto, em vez de se utilizar o material resultante dos programas de apresentação gráfica, por entender que esse procedimento fornece uma apreciação mais correta, já que leva em consideração fatores geológicos das áreas de estudo.

Os programas de aplicação, criados pela CPRM e reunidos no Sistema de Estatística de Amostragem Geoquímica (SEAG), em número de três, são a seguir relacionados:

- a) PRGQM205 - Tabela de Frequência

Trata-se de um programa de contagem segundo critérios geoquímicos de classificação das variáveis contidas no Arquivo. Desta maneira, são listados a frequência das amostras em determinados intervalos de classe, número de amostras abaixo e acima do limite de sensibilidade, número de amostras em que o elemento não foi detectado e o número de amostras pesquisadas para o elemento desejado.

O programa fornece uma visão geral dos resultados analíticos para uma determinada variável, dando uma idéia de sua distribuição, se apresenta contraste suficiente para ser interpretada e quais os intervalos de classe a serem utilizados em outros tipos de análises estatísticas.

b) PRGQM210 - Sumário das Estatísticas e Teste de Distribuição

Este programa calcula estatísticas descritivas do conjunto de amostras e estima os parâmetros da população amostrada, supondo-a normal ou lognormal, e testando essas hipóteses pelos métodos de Kolmogorov-Smirnov e Chi-quadrado. Desse modo, além de testar se a distribuição de frequência é normal ou lognormal, o programa avalia a censura da distribuição pelo método de Cohen. Pode ainda, ocasionalmente, transformar os valores qualificados como "maior do que" ou "menor do que" multiplicando-os respectivamente por 1,5 e 0,5, e minimizar os ruídos (discrepâncias não associadas à população amostrada) através da média móvel com fatores 3 a 15.

c) PRGQM305 - Matriz de Correlação

Este programa calcula o coeficiente de correlação do momento-produto de Pearson entre duas variáveis, pesquisando o Arquivo e considerando para cálculo somente as amostras que tenham valores definidos para duas variáveis consideradas.

8.4 - Apresentação Gráfica

8.4.1 - Sumário das Estatísticas

Os principais parâmetros descritivos das amostras, sob o aspecto estatístico, são apresentados na forma de sumários contendo para cada elemento (variável), o valor mínimo, valor máximo, média geométrica, desvio geométrico, coeficiente de variação e grau de detecção. Durante o transcorrer do texto, na parte referente à apresentação e interpretação dos resultados, esses valores foram citados somente quando necessários para um melhor entendimento, como no caso da comparação entre os elementos mais importantes.

Abaixo conceitua-se duas expressões utilizadas no sumário das estatísticas:

a) coeficiente de variação: é definido pela fórmula $C = s/\bar{X}$, sendo s o desvio padrão da amostra e \bar{X} a média da amostra. É uma medida eficiente de dispersão relativa de um elemento (Koch e Link, 1971);

b) grau de detecção: refere-se ao número de valores definidos em relação ao total dos valores analisados quimicamente para determinada variável.

8.4.2 - Histogramas

Os histogramas possibilitam uma fácil visualização da distribuição dos intervalos de valores com a sua abundância respectiva, permitindo ainda, no presente estudo, que se estabelecessem novos valores para os limiares de alguns elementos determinados através do processamento eletrônico.

Para a construção dos histogramas utilizou-se os resultados analíticos expressos nas tabelas de frequência provenientes do processamento eletrônico. Assim, as frequências foram acumuladas de acordo com os intervalos de classe correspondentes ao *six-steps* das análises espectrográficas, cujos limites seguem uma progressão geométrica com um intervalo logarítmico igual a 0,167. Nos casos em que o número de classes foi superior a 10, devido à grande dispersão de determinados elementos, houve uma redução para a metade, com o conseqüente aumento da razão da progressão geométrica. Para os elementos analisados por absorção atômica, os intervalos de classe foram calculados pela fórmula de Sturges.

O número de observações em cada intervalo de classe encontra-se no eixo das ordenadas na forma de frequência simples, enquanto que no eixo das abcissas tem-se as unidades analíticas, expressas em partes por milhão ou percentagem.

Não foram elaborados histogramas para o ouro na área de Palmas em razão do baixo grau de detecção desse elemento em amostras de rochas e sedimentos ativos de corrente.

8.4.3 - Gráficos de Probabilidade

Os gráficos de probabilidade foram construídos a partir da plotação das frequências acumuladas em papel de log-probabilidade, adotando-se a sistemática proposta por Lepeltier (1969). A análise desses gráficos permitiu a obtenção dos parâmetros estatísticos básicos indispensáveis à interpretação dos resultados analíticos, assim como a verificação de que a distribuição do elemento se comporta normal ou lognormalmente. Possibilitou ainda a observação da ocorrência de uma ou mais populações no conjunto de dados examinados.

Os gráficos de probabilidade foram elaborados para os elementos Cu nas áreas de Cerro do Martins, Cerro Mantiqueiras e Palmas e Sn nas áreas de Pinheiro-Cerro da Árvore e Campinas-Figueiras, em amostras de sedimentos de corrente. Esse procedimento objetivou confirmar os valores dos parâmetros estatísticos obtidos através do processamento eletrônico e, quando significativamente diferentes, estimar outros valores que estejam mais de acordo com as características geológicas ou mineralizações existentes nas áreas-teste.

8.4.4 - Mapas

Foram elaborados mapas de amostragem, mapas geológicos, mapas de distribuição geoquímica e mineralógica e mapas de localização dos perfis de amostragem de solos para todas as áreas-teste. Os mapas de amostragem e geológicos foram executados na escala 1:50.000. Os mapas de distribuição geoquímica e mineralógica foram

confeccionados em escalas diferentes, menores que 1:50.000, em razão da necessidade de adaptação dos mesmos às dimensões da folha tamanho A-4. Em escalas de detalhe e também construídos sobre folhas tamanho A-4, foram elaborados os mapas de localização dos perfis de amostragem, contendo ainda informações geológicas e a localização de poços, trincheiras e outros dados ligados à prospecção.

Os elementos representados nos mapas geoquímicos foram selecionados tendo em vista sua presença nas mineralizações das áreas-teste ou por apresentarem valores anômalos ou de importância na interpretação geoquímica. Sempre que possível procurou-se reunir em uma mesma figura os elementos que possuem afinidades geoquímicas ou estejam associados a um mesmo corpo mineralizado, sem prejuízo da clareza do mapa. Neste caso usou-se símbolos diferentes para os elementos e cores diversas para as variações de concentração em ppm ou percentagem.

Foram elaborados mapas geoquímicos para elementos analisados em amostras de concentrados de bateia, sedimentos de corrente e rochas, sendo que para esses dois últimos materiais os mapas foram acompanhados de histogramas. Não foram construídos mapas para elementos provenientes da análise de amostras de solos, uma vez que estas foram analisadas para determinação dos valores de *background*, os quais realmente não apresentaram anomalias ou contrastes que justificassem sua representação gráfica.

No estabelecimento dos diferentes níveis de concentração dos mapas de distribuição geoquímica, os intervalos utilizados, em número de quatro e raramente três, apresentam como limites os valores da média geométrica, média geométrica vezes um desvio geométrico e

média geométrica vezes dois desvios geométricos. Na maioria das casos foi efetuada uma aproximação dos valores para números inteiros, baseando-se nos valores analíticos determinados pelo *six-steps* do método espectrográfico.

8.4.5 - Perfis Geoquímicos

Foram elaborados perfis geoquímicos em todos os locais onde implantou-se perfis de amostragem de solos (e rochas), escolhendo-se para representação gráfica os elementos que se salientaram nos resultados analíticos. Tais elementos foram agrupados em um mesmo perfil segundo as suas associações geoquímicas preferenciais, de modo semelhante aos mapas de distribuição geoquímica, sendo acompanhados por um perfil topográfico-geológico correspondente.

A construção dos perfis foi executada em papel com escala aritmética, com os pontos de amostragem lançados no eixo das abcissas e os resultados analíticos no eixo das ordenadas.

8.4.6 - Análise Mineralógica Qualitativa

Os resultados das análises mineralógicas qualitativas de concentrados de bateia foram representados em figuras, com valores em percentagem dos minerais mais abundantes, e em mapas de distribuição mineralógica. A abundância relativa dos principais minerais foi representada graficamente através de círculos de diferentes tamanhos de imediato efeito visual. Nos mapas de distribuição mineralógica estão representados somente os minerais de maior importância econômica das áreas-teste onde coletou-se concentrados de bateia.

9. APRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

9.1 - Área do Cerro dos Martins

9.1.1 - Sedimentos de Corrente

9.1.1.1 - Generalidades

Os elementos usados para interpretação na área do Cerro dos Martins em sedimentos de corrente foram o Cu, Pb, Zn, Co, Fe, Mn, Ti e o V. Os elementos Ba e Ag foram cogitados, mas não apresentaram valores anômalos que justificassem uma abordagem à parte. A Ag apresentou valores razoavelmente significativos nas amostras 128, 132 e 140, coletadas nas proximidades das áreas mineralizadas.

O Cu, o Pb e o Zn foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica na fração menor que 80 mesh e os intervalos de classe calculados pela fórmula de Sturges. Para os elementos Co, Fe, Mn, Ti e V, a análise foi efetuada por espectrografia de emissão na mesma fração granulométrica, sendo os intervalos de classe calculados por *six-steps*.

Com exceção do Cu, que revelou dois valores qualificados, os valores dos demais elementos estudados são todos definidos. A distribuição suposta para todos os elementos foi lognormal, não sendo aceita pelo teste de Kolmogorov-Smirnov para os elementos Cu e Zn,

analisados por absorção atômica, embora a distribuição para o Cu, determinado por espectrografia de emissão, fosse aceita pelo referido teste. Quando da aplicação de um teste mais rigoroso, como o de Chi-quadrado, somente o Cu e Mn, determinados por espectrografia de emissão, foram considerados distribuídos lognormalmente, sendo rejeitados os demais elementos.

9.1.1.2 - Distribuição de Cobre, Chumbo, Zinco e Cobalto

De uma maneira geral, o cobre apresentou um relevo geoquímico bastante homogêneo, sendo os contrastes registrados relativamente baixos.

Em todos os pontos amostrados ao longo do arroio Passo da Areia e seus afluentes que drenam a zona mineralizada (fig. 13), foram registrados valores em geral menores que 12 ppm, considerados de baixo *background*.

De todas as amostras examinadas, somente a amostra 125 apresentou um teor de Cu francamente anômalo de 90 ppm, localizada nas imediações na porção mineralizada (fig. 12). Todos os demais valores foram muito baixos ou de mesma ordem de grandeza, o que impossibilitou uma interpretação mais segura do grau de dispersão desse elemento em sedimentos de corrente.

Examinando os dados referentes às medidas de pH feitas em cada ponto de amostragem, observa-se que os valores detectados situam-se entre 6,0 e 6,5,

ou seja, ligeiramente ácidos. Para esses valores o íon de Cu seria removido da solução aquosa e precipitado, sendo absorvido pelas partículas existentes no fundo dos cursos d'água. Deduz-se daí que o fator pH não foi a causa determinante da baixa detecção de cobre em sedimentos de corrente, mesmo junto à área mineralizada.

O único valor realmente anômalo de Cu verificou-se em uma amostra (125) coletada em uma drenagem nitidamente encaixada numa falha noroeste, na qual alojam-se algumas mineralizações cupríferas do Cerro dos Martins.

A verificação de valores baixos de Cu em torno de uma área cuprífera, onde seria de se esperar valores bem mais elevados, é presumivelmente explicada por uma forte diluição, originada pela amostragem em uma drenagem de 3ª ordem. Em favor dessa idéia registre-se que durante o período de coleta de amostras ocorreram intensas e prolongadas chuvas, o que teria favorecido o aumento da capacidade de diluição da drenagem.

Por outro lado, parece mais viável admitir que os íons de Cu não alcançassem até o presente a drenagem em quantidades significativas, embora as ocorrências do Cerro dos Martins estejam fortemente oxidadas. Em favor dessa hipótese, é indubitável que a forma de ocorrência do Cu nesta área, em delgados filões verticais, e a conseqüente pequena extensão dos solos anômalos, minimizam a disponibilidade dos íons de Cu para serem lixiviados. Para tal podem ainda ter contribuído duas outras condições que se verificam em Cerro dos Martins:

- a ausência de pirita nos corpos mi-

neralizados, ocasionando uma baixa acidificação e a conseqüente diminuição da mobilidade do íon de Cu; e

- nível d'água profundo, de modo que as águas subterrâneas não atingiriam normalmente os depósitos oxidados.

Da observação do histograma, do mapa de distribuição geoquímica (fig. 13) e do gráfico de probabilidade elaborado para o Cu (fig. 7), percebe-se que existem duas populações que refletem grupos litológicos existentes na área, com valores intermediários que indicam uma mistura de populações.

Reveste-se da maior importância o fato de que as amostras provenientes de drenagens localizadas predominantemente em áreas de rochas xistosas do Subgrupo Vacacaí apresentam valores médios bem mais altos do que as amostras coletadas em áreas de afloramento da seqüência vulcano-sedimentar do Grupo Bom Jardim, indicando uma concentração média maior nas litologias metamórficas. Esta observação foi confirmada pela média e limiar, cujos valores fornecidos pelo processamento eletrônico foram reavaliados com auxílio da curva de freqüência acumulada (fig. 7) e histogramas para as populações provenientes das diversas unidades litológicas. Em decorrência dessa reavaliação estabeleceu-se valores de Cu de 10 e 40 ppm, respectivamente para a média e limiar, de amostras obtidas em áreas de litologias do Grupo Bom Jardim e 20 e 75 ppm para a média e limiar de amostras coletadas em áreas de metamorfitos do Subgrupo Vacacaí.

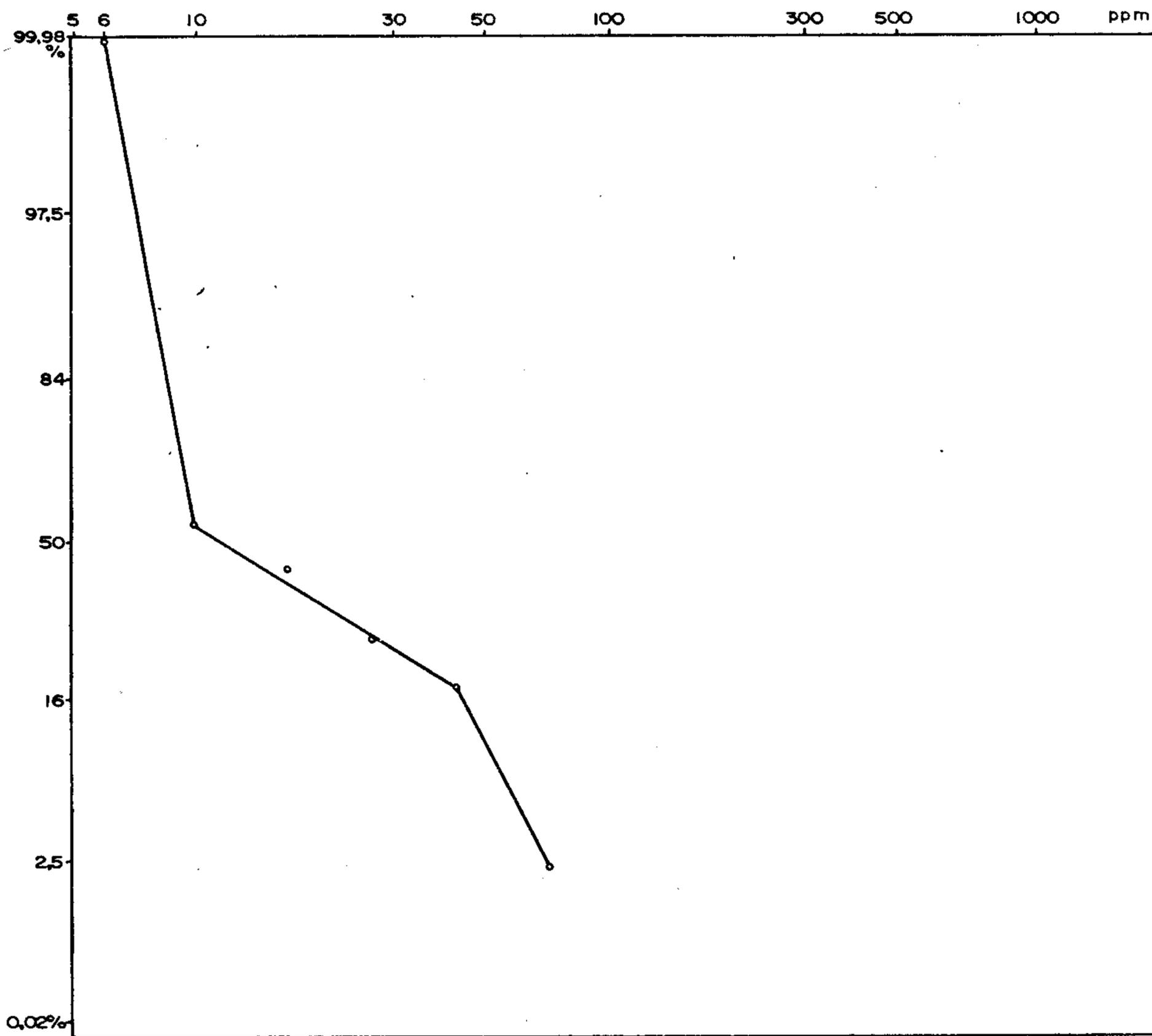


Gráfico de Probabilidade
 Cobre
 SEDIMENTO DE CORRENTE
 Cerro dos Martins
 figura 7

Os elementos chumbo e zinco revelaram um comportamento geral bastante semelhante ao do cobre (fig. 14).

Os valores de média e limiar são respectivamente 14 e 40 ppm para o Pb e 30 e 120 ppm para o Zn. Observou-se que os teores mais expressivos, acima de 25 ppm para o Pb e acima de 60 ppm para o Zn, foram constatados predominantemente em amostras coletadas em áreas de metamorfitos de baixo grau do Subgrupo Vacacaí, da mesma forma como ocorreu com o Cu. Aliás, esse elemento evidenciou alto coeficiente de correlação com o Pb (0,67) e com o Zn (0,79) nos resultados analíticos provenientes da absorção atômica. É possível que essa elevada correlação seja devida também à forte diluição que teriam sofrido as amostras de sedimentos de corrente, tendendo a homogeneizar os teores dos elementos existentes nas calhas das drenagens.

O cobalto apresentou um coeficiente de correlação com o Cu da ordem de 0,67, também elevado, e valores de média e limiar respectivamente de 12 ppm e 75 ppm. O comportamento geoquímico do Co mostrou-se bastante semelhante ao do Cu, apresentando teores altos, em geral, nos mesmos locais onde o Cu também mostra valores elevados (fig. 13), embora desconheça-se minerais cobaltíferos na área. Devido a essa alta correlação e a grande mobilidade do Co em ambiente supergênico, certamente maior que a do Cu (Canney & Wing, 1966), o Co poderia ser indicado como possível farejador do Cu, especialmente em áreas de afloramentos de xistos do Subgrupo Vacacaí. Em amostras de rocha a correlação entre esses elementos mostrou-se baixa para os andesitos do Membro Hilário do Grupo Bom Jardim e não foi verificada para os xistos em razão da

não coleta de amostras dessas litologias.

9.1.1.3 - Distribuição de Ferro, Manganês, Titânio e Vanádio

Em termos populacionais somente o Mn não define perfeitamente mais de uma população, indicando que o mesmo distribui-se de maneira quase homogênea em toda a área do Cerro dos Martins. Os elementos Fe, Ti e V são caracteristicamente bimodais, refletindo provavelmente materiais provenientes de áreas litologicamente diferentes.

Os teores dos elementos Fe e Mn elevam-se substancialmente junto à área de rochas metamórficas do Subgrupo Vacacaí, coincidindo quase que exatamente com os altos valores apresentados pelos demais elementos em discussão para sedimentos de corrente (fig. 16).

Horsnail et alii (1969) chamam a atenção para o fato de que em ambientes livremente drenados o Eh e o pH das águas subterrâneas são muito pouco diferentes do Eh e pH das águas superficiais, fazendo com que a dispersão hidromórfica não seja significativa e resultando uma baixa concentração dos íons metálicos em sedimentos de drenagem. No caso do Cerro dos Martins, considerado como um ambiente livremente drenado, esta observação leva a crer que as concentrações quando elevadas dos elementos Cu, Pb, Zn e Co em sedimentos de drenagem refletem amplamente os teores em rochas e solos associados às áreas de captação. Assim, os altos teores verificados não seriam, em sua maior parte, devidos à adsorção dos íons

metálicos pelos hidróxidos secundários de Fe e Mn, mas sim à uma dispersão mecânica ocorrida localmente.

Os elementos Ti e V, em qualquer ambiente considerado, permanecem estáveis sob as condições físico-químicas que prevaleceram durante a dispersão, concentrando-se mecânicamente nos solos e sedimentos de corrente.

Para o Fe, os valores de média e limiar foram da ordem de 2 e 8%, respectivamente, sendo para o Mn de 750 e 2200 ppm. Os elementos Ti e V mostraram, respectivamente, valores de 0,4 e 1,3% e 60 e 290 ppm para a média e limiar.

9.1.2 - Solos

9.1.2.1 - Generalidades

Para o estudo da distribuição dos elementos foram implantados cinco perfis de amostragem transversalmente aos veios mineralizados. Tais perfis estão localizados na sua maior parte sobre as rochas andesíticas do Membro Hilário do Grupo Bom Jardim, estando somente parte dos perfis 1 e 4 sobre os lamitos e siltitos do Membro Mangueirão, do mesmo grupo (fig. 23 e 24).

Um outro grupo de amostras foi obtido em locais afastados da zona considerada mineralizada, visando o estabelecimento dos níveis de *background* regional para os solos desenvolvidos somente sobre os andesitos.

ÁREA MINERALIZADA							
ELEMENTOS	HORIZONTE	VALOR		MG	DG	LIMIAR	CV
		MIN.	MÁX.				
Cu	A	65	710	163	1,8	528	0,6
	C	35	770	154	2,3	814	1,0
Pb	A	25	70	38	1,2	54	0,2
	C	20	190	40	1,4	78	0,3
Zn	A	110	280	180	1,2	259	0,2
	C	100	500	193	1,3	326	0,3
Ag	A	0,5	7	1,5	2,1	6,6	0,8
	C	0,5	50	1,9	3,1	18,2	1,6
Mn	A	1500	5000	2405	1,3	4064	0,3
	C	1000	5000	2391	1,5	5379	0,4
Ba	A	1000	5000	2212	1,6	5662	0,5
	C	1000	5000	2005	1,6	5132	0,5
ÁREA NÃO MINERALIZADA							
Cu	A	10	220	39	2,3	206	1,8
	C	10	280	37	2,4	213	1,0
Pb	A	10	80	40	1,7	115	0,6
	C	20	75	44	1,4	86	0,3
Zn	A	20	240	106	2,1	460	0,8
	C	20	350	133	2,3	703	1,0
Ag	A C	Dados insuficientes					
Mn	A	300	5000	1232	1,8	3991	0,6
	C	150	3000	1280	2,0	5120	0,7
Ba	A	700	2000	1087	1,4	2130	0,3
	C	500	2000	1087	1,6	2782	0,5

TABELA VI - Parâmetros estatísticos do Cu, Pb, Zn, Ag, Mn e Ba em solos derivados de andesitos na área do Cerro dos Martins (em ppm).

Os horizontes amostrados foram o A e o C, sendo que no perfil 4 coletou-se amostras somente do A, uma vez que o C mostrou-se fracamente diferenciado.

Foram usados para interpretação os elementos Cu, Pb, Zn, Ag, Fe, Mn e Ba. O Au, o As e o Sb foram descartados para fins interpretativos por revelarem valores baixos e contrastes pouco significativos. Utilizou-se os elementos Fe e Mn, sempre que necessário, como auxiliares na interpretação dos demais elementos, devido à sua alta capacidade de sorção dos íons metálicos.

A tabela VI, anteriormente apresentada, mostra os principais parâmetros estatísticos dos elementos em questão para solos derivados de rochas andesíticas.

9.1.2.2 - Análise de Variância

Efetou-se a análise de variância para o Cu em amostras coletadas do horizonte C nos cinco perfis executados na área, usando-se 14 duplicatas de campo, num total de 28 amostras, e 9 replicatas de laboratório, totalizando 18 amostras.

Com base no trabalho de Garrett (1969), utilizando-se os dados transformados logaritmicamente, obteve-se os seguintes valores:

$$V_{TD} = 0,3050$$

$$V_{TR} = - 0,3850$$

$$V_{SAD} = 0,1204$$

$$V_{AR} = 0,0549$$

sendo,

V_{TD} : variância total das duplicatas;

V_{SAD} : variância combinada de amostragem e analítica;

V_{TR} : variância total das replicatas;

V_{AR} : variância analítica.

Estes valores de variância foram submetidos a um teste de F de Snedecor, o qual representa a medida da significância da variância total comparada com o erro introduzido na coleta e análise das amostras.

O valor de F para as duplicatas foi calculado em 15,3, enquanto que o valor tabelado (Davis, 1973), para 27 e 14 graus de liberdade e nível de significância de 0,05, é de 2,06. Para as replicatas encontrou-se o valor de 21,4, sendo o valor tabelado da ordem de 2,49, este para 17 e 9 graus de liberdade e nível de significância de 0,05. Verifica-se assim que para ambos os casos os valores calculados foram bem maiores que os tabelados, estando esses dados a indicar que os erros introduzidos nos resultados analíticos, devidos a fatores de amostragem e de laboratório, não são significativamente importantes, sendo desprezíveis quando comparados com aqueles devidos a fatores regionais.

A precisão analítica foi calculada a partir de 9 replicatas de laboratório, a um nível de confiança de 95%, segundo a fórmula (Garrett, op. cit.):

$$P = \frac{1,98 \cdot D_{PAR}}{\bar{X}} \cdot 100\% , \text{ sendo:}$$

D_{PAR} : desvio padrão do conjunto de 18 amostras;

\bar{X} : média do conjunto.

Obteve-se para P o valor de 21%, caracterizando uma boa precisão para os dados fornecidos pelo tratamento analítico.

9.1.2.3 - Distribuição de Cobre, Chumbo e Zinco

As amostras coletadas fora da influência da zona mineralizada determinaram para o cobre valores de 37 e 210 ppm, respectivamente para *background* e limiar, em solos formados sobre as rochas andesíticas do Membro Hilário do Grupo Bom Jardim.

Em todos os perfis geoquímicos, o Cu apresentou picos bem definidos sobre o filão mineralizado e sobre algumas fraturas, sendo que nestas não observou-se no campo nenhuma evidência de mineralização. Esta caracterização é mais acentuada para amostras do horizonte C, mas se repete notoriamente para o horizonte A em todos os perfis de amostragem. Desse modo, verifica-se que no perfil 1 foram detectados valores de Cu maiores que 1000 ppm no horizonte C e 380 ppm no A (fig. 25), em amostras coletadas sobre o filão cuprífero. O perfil 3 revelou valores de Cu maiores que 1000 ppm sobre o horizonte C e 750 ppm para o A (fig. 31). Nos demais perfis ocorreram

diferenças semelhantes.

O padrão de dispersão secundária evidenciado pelo Cu nos perfis é do tipo superjacente, sendo o controle topográfico quase inexpressivo na sua distribuição, embora os declives sejam muito acentuados e os solos bem drenados junto aos perfis (figuras 25, 28, 31, 34 e 37). Nos perfis 2, 3 e 4 verificou-se valores relativamente elevados de Cu, por vezes muito maiores que o limiar estabelecido para esse elemento em solos derivados de andesitos, em locais topograficamente acima do filão mineralizado. Provavelmente esses valores elevados estejam relacionados às fraturas existentes nas rochas andesíticas, preenchidas com possíveis oxidados de cobre. A respeito ainda da dispersão, constatou-se que os teores anômalos de Cu distribuem-se para cada lado do filão mineralizado por uma distância de aproximadamente 3 metros, a partir da qual os valores decrescem acentuadamente, situando-se dentro da faixa de *background*.

O Pb apresentou valores de 44 e 86 ppm, respectivamente para *background* e limiar, enquanto que para o Zn esses valores foram de 106 e 460 ppm.

Nos perfis geoquímicos, o Pb e o Zn revelaram um comportamento de modo geral inverso ao do Cu, apresentando em alguns casos teores mais baixos em solos sobre o filão cuprífero do que naqueles afastados dessa mineralização. Esse comportamento verifica-se tanto no horizonte A como no C e indica provavelmente a inexistência de minerais de Pb e Zn associados aos minerais de cobre e à barita nos filões estudados.

Os valores relativamente altos de Pb e Zn constatados em algumas fraturas (fig. 25 e 28), alguns francamente anômalos, estão possivelmente relacionados à presença de minerais plumbo-zincíferos, não identificados durante a fase de campo. Pela informação verbal do geólogo Vitor H.S. de Castro sabe-se da presença de galena em amostras provenientes do rejeito da galeria central do Cerro dos Martins. Leinz e Barbosa (1941) indicaram a presença de esfalerita entre os minerais associados à mineralização cuprífera.

O Cu, o Pb e o Zn apresentaram sobre fraturas um comportamento semelhante (fig. 25), refletido por picos situados entre os valores de alto *background*, alguns anômalos, sendo que sobre os filões somente o Cu apresentou comportamento anômalo.

9.1.2.4 - Distribuição de Ferro, Manganês, Prata e Bário

O Fe e o Mn apresentaram, de um modo geral, um comportamento bastante errático ao longo dos perfis. Os valores mais altos desses elementos, acima de 8% para o Fe e 4000 ppm para o Mn, registram-se em amostras ora do horizonte A, ora do horizonte C, na maioria das vezes próximas do filão mineralizado.

O controle topográfico também não parece ser importante na distribuição do Fe e do Mn, uma vez que observam-se teores elevados tanto encosta acima como encosta abaixo, estando algumas vezes os valores mais altos relacionados aos fraturamentos existentes nas rochas (fig. 26, 29, 32, 35 e 38).

Deste modo, parece evidente que o Fe e o Mn, embora seus minerais secundários hidratados possuam grande capacidade de sorção em determinadas condições, não interferiram no processo de distribuição e concentração dos elementos discutidos no item anterior.

A prata foi detectada com valores muito elevados em solos localizados sobre o filão mineralizado, tratando-se de uma ocorrência pela primeira vez registrada em Cerro dos Martins. As concentrações mais altas se verificaram no horizonte A, mais de 30 ppm no perfil 1 (fig. 27) e 10 ppm no perfil 3 (fig. 33), estando também presente de um modo menos notável no horizonte C.

A ausência de minerais de Pb junto aos filões cupríferos, conforme observou-se no item anterior, leva a supor que a Ag não esteja ligada à estrutura da galena. É bem provável que os teores elevados de Ag sejam devidos à presença de minerais primários ou secundários desse elemento, ainda não identificados na área do Cerro dos Martins. Tais minerais, após submetidos aos processos de oxidação e meteorização, teriam sofrido uma concentração preferencial no material orgânico encontrado no horizonte A. Robertson e Johnson (1966) comprovaram a existência de Ag nativa na ocorrência cuprífera do Seival, sob forma de diminutas palhetas ao longo das fraturas, sugerindo algum tipo de concentração secundária, com derivação incerta.

O bário está representado nos filões mineralizados pela barita, mineral de ganga que ocorre com a maior frequência e abundância em Cerro dos Martins. Os teores de Ba encontrados (fig. 38) sobre os filões variam

desde 2000 ppm (fig. 29) a maiores de 6000 ppm, sendo na maioria das vezes superiores a 4000 ppm, valor que ultrapassa o limiar de 2700 ppm estabelecido para esse elemento na área. Tanto o horizonte A como o C revelaram um comportamento semelhante em termos de distribuição geoquímica do Ba, caracterizando com precisão o posicionamento dos corpos mineralizados.

9.1.3 - Rochas

9.1.3.1 - Generalidades

A amostragem de rocha restringiu-se às litologias do Grupo Bom Jardim, nas quais estão contidas as mineralizações cupríferas do Cerro dos Martins, sendo a maioria das amostras de rochas andesíticas do Membro Hilário do referido grupo. As amostras foram coletadas junto aos perfis de amostragem de solo e fora da zona de influência da zona mineralizada, estas visando a determinação dos valores de *background*.

Os elementos usados para interpretação foram o Cu, Pb, Zn, Co, V e o Mn (fig. 17 a 22). A presença de Ba restringiu-se à zona mineralizada e para esse elemento efetuou-se apenas um mapa de distribuição geoquímica na área que abrange os perfis de amostragem de solo 1, 2 e 3 (fig. 22).

9.1.3.2 - Distribuição de Cobre, Chumbo e Zinco

Na tabela VII, a seguir apresentada, pode-se comparar os valores de média mundial (Turekian & Wedepohl, 1961; Taylor, 1964; Cox et alii, 1973; e Wedow et alii, 1973) com os valores médios do Cerro dos Martins para os elementos Cu, Pb e Zn nas duas principais litologias do Grupo Bom Jardim dessa área. Verifica-se que os valores comparados são significativamente diferentes, evidenciando-se para os andesitos do Cerro dos Martins valores médios de Cu e Pb bem superiores àqueles estabelecidos como média mundial para a mesma litologia.

Elemento	Rocha	Média Mundial	Média/Cerro dos Martins
Cu	Andesito	35	45
	Siltito	45	20
Pb	Andesito	5	28
	Siltito	20	20
Zn	Andesito	130	126
	Siltito	95	80

TABELA VII - Teores médios de Cu, Pb e Zn (ppm) para rochas em Cerro dos Martins comparados com a média mundial.

Com relação ao Cu, os valores considerados anômalos, superiores a 120 ppm, localizam-se na zona mineralizada, devendo-se salientar a existência de quatro outros pontos com teores também anômalos em locais

bem afastados dessa zona, todos em rochas andesíticas. Junto aos filões mineralizados (fig. 20), a maioria dos pontos amostrados em andesitos revelou teores em Cu superiores a 120 ppm, enquanto as poucas amostras de siltitos mostraram valores baixos, em geral menores que 30 ppm.

O histograma da figura 17 evidencia uma distribuição bimodal para o Cu, decorrente da existência de duas populações, uma proveniente dos resultados da porção mineralizada e outra das zonas consideradas estêreis.

O Pb e o Zn apresentaram um comportamento bastante semelhante em quase todos os pontos de amostragem, revelando na maioria dos casos valores dentro da faixa de *background* e baixo *background*.

Para as rochas andesíticas foram determinados valores de *background* para o Pb e o Zn, respectivamente de 30 e 100 ppm.

Foram detectados somente dois pontos anômalos, um para o Pb, com teor maior que 120 ppm, e outro para o Zn, com mais que 400 ppm, ambos situados nas proximidades da porção mineralizada do Cerro dos Martins (fig. 18).

Com referência ao Pb, destaca-se o fato que os valores obtidos na área de amostragem em andesitos são cerca de seis vezes maiores que aqueles estimados como média mundial para esse elemento (tabela VII).

9.1.3.3 - Distribuição de Cobalto, Vanádio e Manganês

A distribuição do cobalto em rochas andesíticas apresenta apenas teores normais de *background*, em torno de 30 ppm, aparecendo somente um valor levemente anômalo junto à porção mineralizada (fig. 19). Esses valores relativamente baixos de Co em andesitos reforçam a idéia de que os altos teores desse elemento em sedimentos de corrente devem estar realmente associados aos metamorfitos do Subgrupo Vacacaí, nos quais não coletou-se amostras de rocha.

O vanádio não apresentou nenhum interesse como possível indicador de mineralização na área, sendo seu valor de *background* fixado em torno de 120 ppm para as rochas andesíticas. A maioria dos resultados variou em torno desse valor, observando-se alguns teores de alto *background* e apenas um anômalo (amostra 14) junto à porção mineralizada (fig. 17 e 20).

O manganês não revelou nenhum valor anômalo, estando quase todos os teores dentro da faixa normal da oscilação do *background*, com raros locais na zona mineralizada e fora apresentando resultados que podem ser considerados de alto *background*.

9.2 - Área do Cerro Mantiqueiras

9.2.1 - Sedimentos de Corrente

9.2.1.1 - Generalidades

Os elementos usados para interpretação em sedimentos de corrente na área do Cerro Mantiqueiras foram o Cu, Co, Ni e o Cr. Na fração menor que 80 mesh, o Cu foi analisado por espectrofotometria de absorção atômica e os demais três por espectrografia de emissão.

O Fe e Mn foram representados em um mapa de distribuição geoquímica (fig. 43), mas todos os seus valores estão abaixo dos limiares desses elementos, fixados em 3.500 ppm para o Mn e 10% para o Fe. Em vista disso, não foram estudados separadamente e muito provavelmente não tiveram qualquer importância como causadores das concentrações anômalas de outros elementos da área.

Os intervalos de classe utilizados na confecção dos histogramas foram determinados pela fórmula de Sturges para o Cu, e por *six-steps* do método espectrográfico para o Co, o Ni e o Cr. Todos os elementos apresentaram um comportamento lognormal, confirmados pelos testes estatísticos. Da mesma forma, todos os elementos mostraram valores definidos, à exceção do Co, que revelou dois valores abaixo do limite de sensibilidade, sendo os seus parâmetros calculados pela técnica de Cohen.

Para o estabelecimento dos valores de *background* e limiar considerou-se a influência exercida pela mistura de materiais provindos das rochas gnáissicas, das rochas ultrabásicas e dos metamorfitos associados, a qual é capaz de modificar substancialmente os valores determinados.

As medidas de pH em cada local de amostragem revelaram valores compreendidos entre 6,5 e 7,0, para os quais os íons de Cu, Co, Ni e Cr estariam precipitados nos sedimentos de drenagem (Britton, 1955).

Não foram determinados os *trains* de dispersão dos elementos em questão, em virtude da elevada diluição causada pela dominante presença de sedimentos provenientes das rochas migmáticas, em relação à diminuta quantidade de material derivado do corpo ultrabásico.

Da análise do comportamento dos elementos de interesse da área, o Cr aparece destacadamente, revelando alguns valores anômalos em sedimentos de corrente e, com maior frequência, em solos e rochas.

9.2.1.2 - Distribuição de Cobre, Cobalto, Níquel e Cromo

A relação do comportamento dos padrões geoquímicos dos elementos com a geologia é evidente na área do Cerro Mantiqueiras, onde o Ni e o Cr são os que melhor caracterizam a presença do corpo de ultrabásitos e metamórficas associadas, apresentando teores relativamente altos junto a esse conjunto litológico (fig. 3). Por outro lado, o Cu e o Co mostram uma distribuição mais

homogênea do que o Ni e o Cr, em parte devido a terem uma mobilidade maior do que esses elementos (fig.8).

O cobre apresentou uma faixa de variação entre 5 e 35 ppm, uma média de 10 ppm e um limiar estabelecido em 40 ppm. Alguns pontos amostrados junto e à jusante do corpo ultrabásico revelaram teores relativamente altos para Cu, na faixa de alto *background*, enquanto que amostras coletadas em bacias que drenam somente gnaisses migmatíticos apresentaram valores em geral pouco expressivos, na faixa de baixo *background* a *background* (fig. 41).

A faixa de variação para o cobalto situa-se entre 5 e 70 ppm, considerando-se como baixo *background* os valores entre 5 e 14 ppm, os quais refletem a concentração desse elemento nas áreas de drenagem das rochas migmatíticas regionais. O limiar do Co estabelecido para essas áreas é de 38 ppm. Por sua vez, os valores de *background* relacionados às bacias de captação que possuem materiais de características mistas, provenientes dos gnaisses migmatíticos e das rochas ultrabásicas e metamorfitos associados, situam-se entre 14 e 65 ppm, sendo esse último valor fixado como limiar. O valor mais elevado de Co, de 70 ppm, o único considerado anômalo, localiza-se em uma drenagem de 1^a ordem, junto ao contato das litologias acima citadas (fig. 41).

O níquel apresentou em sedimentos de corrente localizados sobre as rochas migmatíticas teores variando entre 10 e 35 ppm, considerados de baixo *background*, e alguns pontos com teores na faixa de *background*, entre 35 e 115 ppm. Os valores maiores que 115 ppm são re-

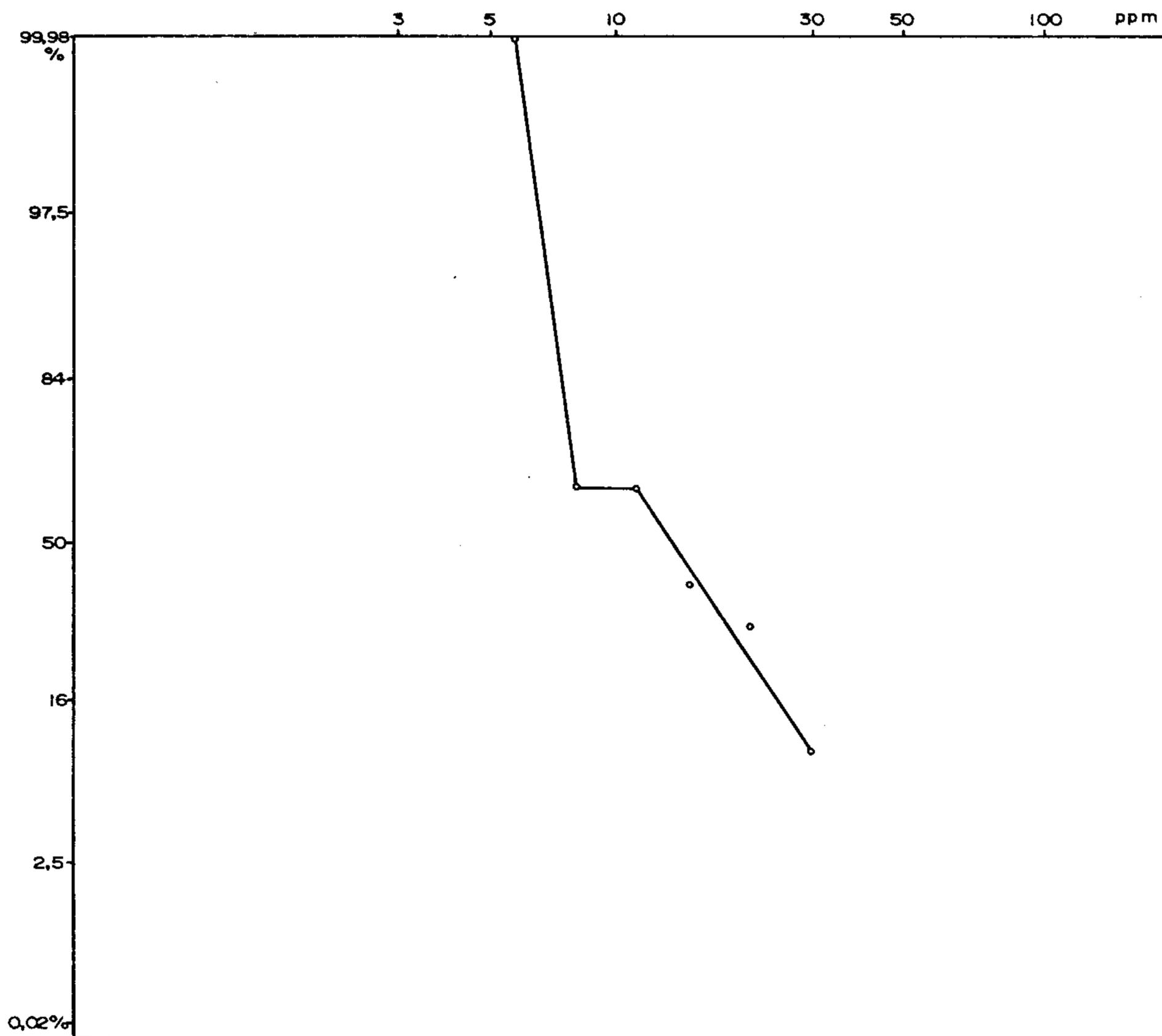


Gráfico de Probabilidade
Cobre
SEDIMENTO DE CORRENTE
Cerro Mantiqueiras
figura 8

presentativos das bacias de captação existentes sobre os migmatitos e também sobre as rochas ultrabásicas e metamórficas associadas. Para as áreas sob influência direta do corpo ultrabásico estabeleceu-se uma faixa de 115 a 200 ppm como sendo de *background* e fixou-se um valor de 380 ppm como o limite a partir do qual os teores de Ni são considerados francamente anômalos. Esta condição de anomalia para o Ni ocorre somente na amostra 35, a mesma que apresentou valores anômalos de Co e Cr.

O cromo revelou teores de até 200 ppm, considerados de *background*, em áreas de afloramento das rochas migmáticas. A faixa de valores entre 200 e 900 ppm representa a mistura de materiais decorrente das diversas litologias drenadas pelos cursos d'água na área de amostragem, enquanto os teores superiores a 900 ppm indicam provavelmente uma contribuição mais acentuada dos ultrabásitos e metamórficas associadas. O limiar foi estabelecido em 3.900 ppm, verificando-se em três locais de amostragem teores francamente anômalos de Cr, de 5.000 ppm ou mais, situados em drenagens de 1ª ordem, à sua jusante e bem próximos do contato com as rochas ultrabásicas e xistos associados (fig. 42).

A tabela VIII apresenta os teores médios de Co, Cr, Cu, Mn e Ni em sedimentos de corrente derivados de rochas ultrabásicas e dioríticas da Sierra Leone (Nichol et alii, 1966) e aqueles encontrados em drenagens contendo material misto do Cerro Mantiqueiras. Esta tabela evidencia que os valores determinados para Cerro Mantiqueiras coincidem razoavelmente com aqueles mostrados pelas rochas dioríticas de Sierra Leone, com exceção do Cr, cujo valor é bem mais elevado na área em estudo. Es-

tes dados caracterizam uma contribuição predominante nos sedimentos de drenagem dos materiais derivados dos gnais-ses migmatíticos em relação à pequena influência dos ultrabásitos. O teor médio elevado de Cr, mesmo nessas condições, evidencia sua grande abundância nas rochas ultrabásicas, pois, apesar da diluição sofrida em razão da maior contribuição das rochas migmatíticas, esse elemento ainda se faz presente de modo expressivo nos sedimentos de drenagem em Cerro Mantiqueiras, diferentemente dos demais elementos relacionados na tabela VIII.

Local	Elemento					
	Tipo de Rocha	Co	Cr	Cu	Mn	Ni
Sierra Leone	Ultrabásito	110	2000	70	1625	660
	Diorito	18	25	9	812	40
Cerro Mantiqueiras	Ultrabásito (e xistos) + migmatito	14	200	10	1100	35

TABELA VIII - Teores médios em ppm do Co, Cr, Cu, Mn e Ni em sedimentos de corrente das áreas do Cerro Mantiqueiras e Sierra Leone

9.2.2 - Solos

9.2.2.1 - Generalidades

Para o estudo da distribuição geoquímica dos elementos em solos foram executados dois perfis transversais ao corpo de rochas ultrabásicas e metamórficas associadas, atingindo nas suas extremidades os solos formados sobre os gnaisses migmatíticos (fig. 46).

Os horizontes amostrados foram o A e o C nos solos desenvolvidos sobre migmatitos e xistos. Nos solos restritos às rochas ultrabásicas amostrou-se somente o horizonte A, em razão do escasso desenvolvimento do horizonte C.

Os elementos usados para interpretação foram o Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Cr, Fe e o Mn, sendo que o Cu, Co, Ni e o Cr apresentaram valores mais significativos. O Pb, Zn, Fe e o Mn não revelaram valores contrastantes que caracterizassem as diferentes litologias definidas na área.

Para os solos formados sobre as rochas migmáticas, em ambos os horizontes, todos os elementos anteriormente referidos revelaram uma distribuição lognormal, quando examinados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Para esses mesmos solos, a aplicação do teste Chi-quadrado mostrou uma distribuição também lognormal para o Cu no horizonte A e para o Fe e o Cr no horizonte C, sendo que os demais elementos não foram testados por insuficiência de dados. O mesmo teste Chi-quadrado, quando

usado para o horizonte A dos solos derivados de ultrabásitos e metamórficas associadas, mostrou que o Fe, Mn, Cr, Ni, Pb e Zn não estão distribuídos lognormalmente, o mesmo ocorrendo com o Cu e o Zn em amostras do horizonte C de solos de rochas xistosas.

Para determinação do *background* dos elementos para os horizontes A e C de solos derivados de migmatitos utilizou-se os valores de média geométrica, enquanto que o limiar foi determinado pelo exame direto dos teores nos perfis. O mesmo procedimento foi adotado para estabelecer os parâmetros estatísticos básicos dos elementos para os horizontes A e C dos solos das rochas xistosas e horizonte A dos solos de ultrabásitos.

9.2.2.2 - Distribuição de Cobre, Chumbo e Zinco

A faixa de valores correspondente ao *background* do cobre para o horizonte A dos solos existentes sobre as rochas ultrabásicas situa-se entre 10 e 30 ppm, enquanto que para o mesmo horizonte, sobre os xistos, o Cu mostra valores da ordem de 10 a 50 ppm. Para o chumbo e o zinco foram estabelecidos valores de *background*, respectivamente de 10 a 20 ppm e 30 a 50 ppm, correspondentes ao horizonte A dos solos das rochas ultrabásicas e metamórficas associadas.

O cobre apresentou valores bem mais elevados nos solos existentes sobre os xistos e também sobre os gnaisses migmatíticos, atingindo nestes casos teores de 80 ppm (fig. 47) e 175 ppm (fig. 50), do que nos

solos de rochas ultrabásicas, onde os valores máximos não alcançaram 25 ppm. Esta diferença de comportamento do Cu é notável nos perfis geoquímicos, com picos sobre os solos de xistos e, às vezes, de migmatitos, e valores apenas normais de *background* nos solos derivados de rochas ultrabásicas.

O Cu, o Pb e o Zn apresentam coeficientes de correlação relativamente elevados para o horizonte C dos solos provenientes de xistos, a saber:

- Cu e Zn: 0,81;
- Pb e Zn: 0,63; e
- Cu e Pb: 0,56.

Para o horizonte A de solos provenientes de ultrabásitos e xistos associados apenas o Pb e o Zn se correlacionam razoavelmente, sendo o coeficiente de correlação calculado em 0,68.

9.2.2.3 - Distribuição de Níquel, Cobalto e Cromo

Para a interpretação dos elementos níquel, cobalto e cromo, face à ausência do horizonte C em alguns locais e ao comportamento bastante semelhante dos três elementos em ambos os horizontes, achou-se conveniente utilizar somente os resultados fornecidos pelo horizonte A, embora tenha-se determinado, em alguns casos, os valores para limiar provenientes do horizonte C.

O *background* do Ni, Co e Cr em so-

los derivados das rochas xistosas apresentou uma faixa de variação, respectivamente de 150 a 200 ppm, 50 a 100 ppm e de 1000 a 5000 ppm. Para o horizonte A dos solos formados sobre as rochas ultrabásicas o Ni revelou teores superiores a 1000 ppm, estabelecendo-se um *background* de 1500 ppm e um limiar de 2000 ppm. Ainda para o horizonte A dos solos de ultrabásitos, foram determinados valores de 100 a 150 ppm e 200 para o *background* e o limiar do Co. Tais parâmetros não foram calculados para o Cr, uma vez que esse elemento apresenta invariavelmente teores muito elevados, superiores a 5000 ppm, sobre os solos formados diretamente sobre as rochas ultrabásicas (fig. 48 e 51).

O Ni caracteriza notavelmente o contato entre os ultrabásitos e os xistos associados, mostrando valores muito contrastantes na passagem de um conjunto litológico para outro. Sobre os metamorfitos, os valores chegam a 200 ppm no contato, atingindo sobre as ultrabásicas valores superiores a 2000 ppm, no perfil 1 (fig. 48), e superiores a 5000 ppm, no perfil 2 (fig. 51). Sobre os gnaisses migmatíticos, o Ni apresenta o mesmo comportamento evidenciado sobre as rochas xistosas, revelando valores baixos e sem variações notáveis.

O comportamento do Cr, por sua vez, marca com bastante nitidez o contato dos xistos com os migmatitos, especialmente no perfil 2, sendo que nos solos derivados dos migmatitos os valores de Cr são em geral baixos e sem maior significação.

A anomalia de Cr localiza-se sobre o

conjunto litológico formado pelos xistos e pelas rochas ultrabásicas, iniciando nos xistos e culminando nos ultrabásitos, onde os teores são superiores a 5000 ppm. Goñi (1962, p. 70 e fig. 3) constatou fato idêntico na mesma área do Cerro Mantiqueiras, concluindo tratar-se de uma prova geoquímica da origem da seqüência metamórfica a partir do complexo ultrabásico, uma vez que a presença anômala de Cr nos ultrabásitos não é estranha ao ambiente geológico que a cerca. Da mesma forma poderia se argumentar, contrariando a conclusão de Goñi, que o comportamento do Ni e, de certo modo o do Cu, anteriormente descritos, estão a indicar uma possível quebra geológica entre esses dois conjuntos litológicos, parecendo não haver entre xistos e ultrabásitos nenhuma afinidade genética. Esta observação tem importantes conotações de natureza estratigráfica e econômica, podendo modificar substancialmente a coluna estratigráfica do Escudo Sul-Riograndense no que se refere ao Subgrupo Vacacaí e à Formação Cerro Mantiqueiras.

A distribuição do Co não trouxe luz à questão anteriormente apresentada. Em linhas gerais pode-se dizer que os teores de Co encontrados nos solos derivados de ultrabásitos excedem em cerca de duas vezes aqueles registrados sobre os xistos, decrescendo ainda mais sobre os gnaisses migmatíticos.

A análise comparativa dos teores de Co, Ni e Cr em amostras de solo, considerando os altos teores de Cr e os relativos baixos teores de Co, estaria a indicar a ausência de minerais sulfetados de Ni nas rochas ultrabásicas (Levinson, 1974). Este comportamento se repetiu para o Cr e o Co em amostras de rocha nas quais o

Ni aparece com valores inexpressivos, em geral na faixa de baixo *background* (fig. 45).

9.2.2.4 - Distribuição de Ferro e Manganês

O ferro e o manganês apresentaram um comportamento bastante homogêneo ao longo dos perfis de solos, principalmente o manganês, sem grandes contrastes. A única exceção refere-se ao ponto 77 do perfil 1 (fig. 49), localizado sobre gnaisses migmatíticos, que revelou altos teores de Fe (10%) e de Mn (5000 ppm). Essa mesma amostra apresentou alta concentração de Ni, Co e Cr e baixa de Cu, indicando possivelmente a existência de uma lente de natureza ultrabásica, encaixada nos migmatitos do Subgrupo Cambaí.

O Fe apresentou teores mais elevados nos solos derivados dos ultrabasitos, refletindo provavelmente uma liberação desse elemento a partir da hidrólise dos silicatos ferromagnesianos, com a posterior fixação nas partículas do solo ou formando óxidos hidratados.

9.2.3 - Rochas

9.2.3.1 - Generalidades

As rochas amostradas na área do Cerro Mantiqueiras correspondem a uma série de tipos litológicos

cos que fazem parte exclusivamente do corpo ultrabásico. Algumas análises petrográficas feitas pelo LAMIN indicaram a presença de metabasito, peridotito, anfibolito, dunito e serpentinito.

A maioria das amostras enviadas para análise química estavam parcialmente decompostas, sendo que oito mostraram-se frescas, sem indícios evidentes de alteração.

Foram elaborados mapas de distribuição geoquímica para o Cu, Co (fig. 44) e o Ni (fig. 45), o mesmo não acontecendo para o Cr, uma vez que esse elemento apresentou em quase todas as amostras valores muito altos, em geral superiores a 5000 ppm.

Os valores de Pb e Zn nos diferentes tipos litológicos definidos na área (tabela IX) se aproximam razoavelmente dos teores normais desses elementos em folhelhos e calcários (Levinson, 1974). Esses dados vem ao encontro da hipótese aventada por Goñi (1962), segundo a qual as rochas ultrabásicas seriam produto da evolução metamórfica de uma seqüência sedimentar carbonatada.

9.2.3.2 - Distribuição de Cobre, Cobalto e Níquel

A tabela IX apresenta os teores médios de Cu, Co, Ni, Pb e Zn para algumas das rochas existentes em Cerro Mantiqueiras, verificando-se que esses valores, à exceção do Cu, são aproximadamente iguais ou pouco menores que aqueles estabelecidos como média mundial

para os mesmos elementos em rochas básicas e ultrabásicas (Levinson, 1974), podendo serem aceitos como valores de *background* para as litologias dessa área-teste. Para o Cu, entretanto, obteve-se valores relativamente baixos, comparados com a média mundial estabelecida para esse elemento (Hawkes & Webb, 1962) em 80 ppm em rochas ultrabásicas.

Elemento \ Rocha	Cu	Co	Ni	Pb	Zn
Metabasito	5	100	500	5	5
Dunito	20	150	2.000	20	20
Peridotito	5	100	1.500	30	15
Serpentinito	5	100	2.000	25	20

TABELA IX - Valores médios (ppm) de Cu, Co, Ni, Pb e Zn para algumas rochas do Cerro Mantiqueiras.

A simples observação dos mapas de distribuição geoquímica (fig. 44 e 45) evidencia que o Cu e também o Ni apresentaram teores em geral baixos, sem maior expressão, variando dentro de uma pequena faixa de valores:

Acredita-se que a presente prospecção, apesar do número relativamente pequeno de amostras de rocha, possa ser considerada conclusiva para o Cu e o

Ni em rochas do complexo ultrabásico do Cerro Mantiqueiras.

O Co revelou um comportamento um pouco mais significativo, apresentando alguns valores anômalos, especialmente no sentido da extremidade leste do corpo ultrabásico, onde também o Cu mostrou teores um pouco maiores.

9.3 - Área de Pinheiro-Cerro da Árvore

9.3.1 - Sedimentos de Corrente

9.3.1.1 - Generalidades

Os elementos representados nos mapas de distribuição geoquímica (fig. 54 a 58) foram o Sn, F, Cu, Pb, Zn, Ba, Be, B, Fe e o Mn, merecendo destaque na interpretação os dois primeiros e mais o W. Os demais elementos apresentaram resultados apenas razoáveis, sem maior interesse. Para o W não foi elaborado mapa de distribuição e histograma, uma vez que grande parte dos seus valores são inferiores ao limite de sensibilidade (20 ppm) do método colorimétrico e outra parte mostrou valores iguais e constantes.

Os intervalos de classe usados na elaboração dos histogramas foram determinados pela fórmula de Sturges para o Cu, Pb e o Zn, e por *six-steps* do método espectrográfico para os demais elementos.

A aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov comprovou a lognormalidade de distribuição somente para o B e o Ba, enquanto que a aplicação do teste de Chi-quadrado revelou que nenhum elemento apresenta uma distribuição lognormal.

O pH foi medido em todos os locais de amostragem de sedimentos de corrente, revelando quase sempre valores da ordem de 6,5 e raramente um pouco mais ácidos, em torno de 6,0.

9.3.1.2 - Distribuição do Estanho, Flúor e Tungstênio

A presença de alguns poucos valores muitíssimo elevados de estanho, em torno de 700 a 1000 ppm, provocou um aumento substancial dos valores fixados para a média e o desvio padrão desse elemento em sedimentos de corrente na área de Pinheiro - Cerro da Árvore. Koch e Link (1971) chamam à atenção para o efeito distorsivo que alguns valores elevados exercem sobre um conjunto de dados, gerando resultados inadequados para uma determinada situação. Por essa razão escolheu-se para o Sn o valor de 130 ppm como limiar, o qual está indicando o início de uma segunda população, de natureza anômala (fig. 54), ao invés do valor de 400 ppm determinado pelo processamento eletrônico. Regionalmente, entretanto, fixou-se o limiar do Sn em 60 ppm, com base na figura 9 e no histograma da figura 54, uma vez que os valores superiores a 130 ppm situam-se exclusivamente nas cabeceiras do arroio das Pedras, junto da Mina Sanga Negra, onde localiza-se a ocorrência de cassiterita, em graisens, mais importante da região. Ainda ao longo desse arroio, onde situam-se os principais depósitos aluvionares de cassiterita de Pinheiro-Cerro da Árvore, aparecem os valores mais altos de Sn dessa área de amostragem. O mesmo não acontece com as amostras obtidas no arroio que drena as ocorrências ligadas à Mina Velha, onde a cassiterita aparece apenas na salbanda graisenizada de delgados veios verticalizados de quartzo, com o Sn revelando valores relativamente baixos em sedimentos de drenagem. A diferença de comportamento do Sn numa situação e noutra se deve quase certamente à abundância e à forma de ocorrência da cassiterita nas minas citadas, propiciando condições muito mais favoráveis de ser lixiviada em graisens do que em finos veios verticalizados de quartzo.

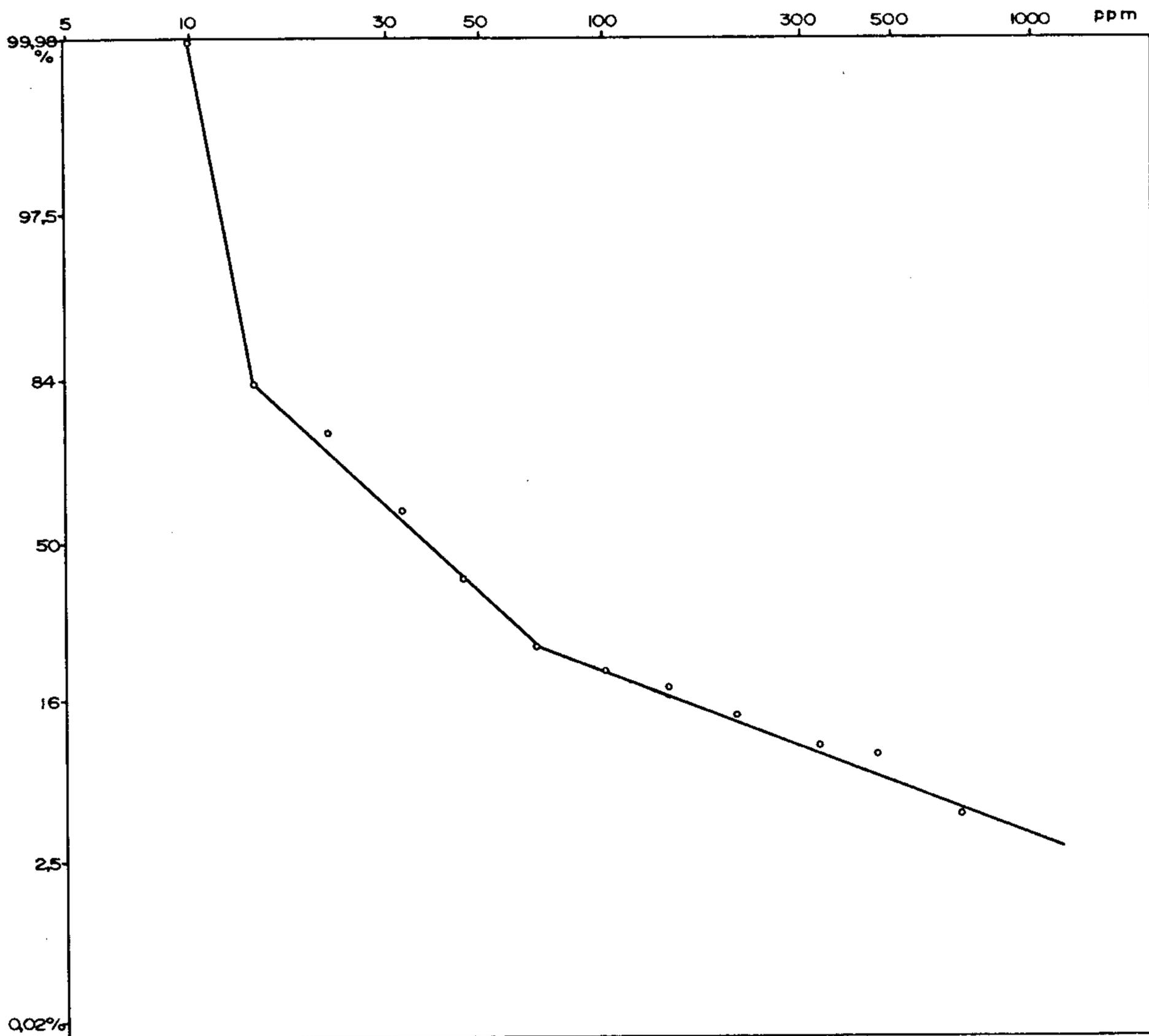


Gráfico de Probabilidade
 Estanho
 SEDIMENTO DE CORRENTE
 Pinheiro-Cerro da Árvore
 figura 9

A sistemática de amostragem adotada para esta área-teste, com maior detalhe nos cursos d'água que drenam as ocorrências conhecidas de Sn e W, através da coleta de uma amostra a cada 700 m de intervalo, refletiu amplamente a mineralização primária de Sanga Negra e os depósitos aluvionares a ela relacionados, não evidenciando, porém, a presença de depósitos menores, primários ou não, como são os da Mina Velha. Deduz-se daí que esse intervalo ou maiores, em torno de 1000 m, poderá ser usado com total segurança em áreas de interesse, objetivando a identificação de depósitos de Sn, especialmente associados às zonas graisenizadas de representação areal.

Na parte sul da área de Campinas-Figueiras, onde as ocorrências de Sn situam-se predominantemente em graisens, com uma densidade de amostragem de 1 amostra para cada 7 km² detectou-se pequenas ocorrências de cassiterita (fig. 87).

Para maior segurança e objetivando uma prospecção de caráter regional, pode-se indicar como recomendável a densidade de 1 amostra por 4 km² para a identificação de jazidas de Sn de representação areal, como são os graisens e os depósitos aluvionares a eles ligados. Já para a detecção de mineralizações primárias de características filonares, esses parâmetros são inadequados, exigindo-se maior detalhe em sedimentos de corrente ou preferencialmente o uso conjunto de solos e/ou rochas.

Para o flúor estabeleceu-se valores de 200 e 450 ppm, respectivamente para o *background* e o limiar.

Quase todos os valores anômalos de F

situam-se nas cabeceiras de dois arroios, de cada lado do divisor d'água sobre o qual localiza-se uma ocorrência de fluorita estudada também através de amostras de solo e rocha (perfil 5, fig. 71 e 82).

A fluorita ocorre abundantemente em finos veios, preenchendo fissuras de uma brecha granítica, ao longo de uma crista da falha Cerro da Árvore, nas proximidades da localidade de Pinheiro.

Um dos valores anômalos de F localiza-se na drenagem que se dirige para NE, logo após a ocorrência já mencionada da fluorita de Pinheiro, a partir do qual constatou-se teores apenas na faixa de alto *background*, decrescendo até valores de *background*. Já na drenagem que se forma para SW, verificou-se a presença de cinco pontos anômalos que devem estar ligados a outras ocorrências de fluorita, ainda ao longo da falha Cerro da Árvore. Três outros pontos anômalos de F foram constatados em locais diversos mas todos caracteristicamente sobre falhas com evidentes sinais de brechação.

Nas proximidades da ocorrência de cassiterita de Sanga Negra constata-se que os valores anômalos de F localizam-se nos mesmos pontos onde o Sn também apresentou anomalias (fig. 54). Acredita-se que essa correspondência se deve unicamente à localização contígua da ocorrência de cassiterita, em graissens, e da fluorita, em brechas de falha, embora em solos tenha se verificado a presença anômala de F sobre os filões mineralizados a W e Sn da Mina Velha.

O *train* de dispersão do F em todos os pontos anômalos mostrou-se bastante limitado, não ultrapassando 1 km.

O tungstênio apresentou valores definidos em 44 amostras e nas restantes teores iguais ou menores que 20 ppm, que é o limite de sensibilidade do método colorimétrico para esse elemento. Alguns poucos valores de 40 ppm foram registrados para o W em sedimentos de corrente do arroio que drena às ocorrências da Mina Velha, muito provavelmente relacionados aos veios de quartzo mineralizados a wolframita e cassiterita.

9.3.1.3 - Outros Elementos

Foram elaborados mapas de distribuição geoquímica para o Cu, Pb, Zn, Ba, Be, B, Fe e o Mn (fig. 55 a 58).

O Cu apresentou três valores anômalos junto à ocorrência de cassiterita de Sanga Negra, outros de alto *background* bem próximos da Mina Velha e os demais distribuídos por toda área, relativamente baixos e sem interesse. Leinz e Pinagel (1945) chamam à atenção para o fato de que todos os vieiros da região são suspeitos de conter calcopirita, embora a maioria deles não apresente em superfície qualquer vestígio macroscópico. Afirmam esses autores que a calcopirita atinge cerca de 1,5% da massa do vieiro, aparecendo intimamente intercrecida com a pirita e se infiltrando nas diáclases finas da wolframita.

O Pb e o Zn apresentaram na maioria das amostras teores situados na faixa de baixo *background*. Em alguns poucos pontos observou-se valores anômalos e de alto *background*, todos junto à ocorrência de Sanga Negra, um sobre ela, um abaixo e dois arroio acima.

O Ba, Be e o B revelaram um comportamento pouco expressivo, sem nenhum dado digno de maior destaque. O Be apresentou quatro valores anômalos e o B apenas um (fig. 56 e 57). Esse último elemento mostrou alguns valores elevados ao longo do arroio das Pedras, nos mesmos pontos aproximadamente em que o Sn também evidenciou valores altos.

O Fe apresentou três valores anômalos junto à Mina Sanga Negra, sendo que o Mn apresentou nos mesmos locais valores de alto *background*. Três outros valores anômalos de cada um desses elementos distribuem-se nos cursos d'água que drenam especialmente as áreas mineralizadas.

O Mo foi quase sempre detectado com valores constantes, iguais ou menores que 5 ppm, razão pela qual não efetuou-se mapa de distribuição geoquímica para esse elemento. Em apenas duas amostras localizadas no Arroio das Pedras (570 e 576) constatou-se teores de 10 ppm, sendo que nesses locais o Sn também apresentou teores elevados.

9.3.2 - Concentrados de Bateia

9.3.2.1 - Generalidades

Para concentrados de bateia foram elaborados mapas de distribuição geoquímica do Sn, B e Ba (fig. 59 e 60), mapas de distribuição mineralógica da cassiterita, ilmenita, calcopirita, scheelita e fluorita (fig. 64, 65 e 66) e uma representação gráfica, através de

círculos de diferentes tamanhos, da abundância relativa dos principais minerais identificados neste meio natural na área de Pinheiro-Cerro da Árvore (fig. 67, 68 e 69).

A seguir é apresentada uma análise da distribuição de alguns minerais, escolhidos em razão da maior importância econômica que apresentam na área de amostragem, acompanhada sempre que possível do estudo comparativo do elemento químico correspondente.

9.3.2.2 - Distribuição de Cassiterita, Ilmenita, Calcopirita, Scheelita e Fluorita

A cassiterita foi detectada em cerca de 70% das amostras, com uma distribuição mais ou menos homogênea por toda área de amostragem, em percentagens inferiores a 5%. Em apenas um local, junto à Mina Sanga Negra, verificou-se percentagens entre 5 e 20% de cassiterita.

O estanho apresentou em concentrados de bateia grande número de valores anômalos, superiores a 1000 ppm, distribuídos por toda área-teste, inclusive em locais considerados estêreis pelos mapeamentos geológicos.

A análise conjunto dos mapas de distribuição do estanho (fig. 59) e da cassiterita (fig. 64) evidencia uma boa correspondência entre os teores anômalos ou de alto *background* de estanho com os pontos onde detectou-se cassiterita. Alguns poucos resultados discrepantes são devidos provavelmente à preparação das amostras no laboratório.

Por outro lado, os mesmos mapas de distribuição do Sn e da cassiterita em concentrados de bateia, quando comparados com o mapa de distribuição do Sn em sedimentos de corrente (fig. 54), não revelam uma boa analogia, a não ser no arroio das Pedras, nas proximidades da Mina Sanga Negra. Parece evidente que o comportamento do Sn em sedimentos de corrente reflete com maior fidelidade a grandeza e a localização das mineralizações conhecidas desse elemento na área. Fornece também uma visão bastante boa do *train* de dispersão do Sn em sedimentos de drenagem, diferentemente da dispersão observada em concentrados de bateia, onde os valores anômalos de Sn são muito freqüentes e dispostos alternadamente com valores mais baixos.

A ilmenita merece destaque pela abundância com que aparece em quase todas as amostras (fig. 67, 68 e 69). O mapa de distribuição da ilmenita (fig. 65) revela que esse mineral aparece predominantemente com valores entre 20 e 60% e, em alguns locais, superiores a 60%. Observa-se ainda que essas concentrações elevadas ocorrem nas áreas com mineralizações conhecidas de Sn e W e também naquelas consideradas estéreis.

A calcopirita aparece em quatro pontos subseqüentes ao longo do arroio que drena as mineralizações filonares de wolframita e cassiterita da Mina Velhe (fig. 66). Exatamente nestes quatro locais verificaram-se elevados teores de Cu, dentro da faixa de alto *background* (18 e 35 ppm), em sedimentos de corrente (fig. 55). Para esses mesmos pontos, a análise espectrográfica para Cu em concentrados de bateia revelou a existência de interferência.

A presença de calcopirita em concentrados de bateia, numa extensão superior a 2 km, é um fato altamente expressivo, uma vez que esse mineral é facilmente alterável em condições supergênicas. Leinz e Pinagel (1945) relatam a presença microscópica de calcopirita associada às mineralizações de W e Sn da área, sendo entretanto, quase totalmente lixiviada até 10 m de profundidade, sem formar nenhuma zona de enriquecimento secundário.

O mineral scheelita foi registrado unicamente na parte inferior do arroio que drena as ocorrências de wolframita e cassiterita da Mina Velha, após cortar os veios mineralizados (fig. 66), sugerindo esse fato uma associação da scheelita com as mineralizações de natureza hidrotermal desses veios.

Os teores de W, quando detectados, revelaram-se sempre inferiores ao limite de sensibilidade (50 ppm), com exceção da amostra 269 que mostrou um teor de 500 ppm. Este ponto e o maior número de valores de W detectados localizam-se na porção norte da área, onde não é conhecida nenhuma mineralização desse elemento.

A fluorita foi identificada em concentrados de bateia somente na drenagem à jusante da ocorrência desse mineral, onde o mesmo aparece cimentando uma brecha granítica. A amostra coletada imediatamente após a ocorrência revelou uma percentagem de 5 a 20% de fluorita, enquanto que os pontos subsequentes contendo esse mineral possuem quantidades menores que 5%. Este comportamento caracteriza uma distância de dispersão da fluorita de cerca de 3 km, a partir da ocorrência conhecida de Pinheiro, ou indica a existência de novas ocorrências mais a nordeste, ao longo da Falha Cerro da Árvore.

9.3.2.3 - Distribuição de Boro, Berílio e Bário

O boro apresentou alguns valores anômalos, maiores que 500 ppm, no arroio das Pedras, após a Mina Sanga Negra, e ao norte da área, nas proximidades do Cerro do Gancho e do Cerro da Dona Clara (fig. 60). Nestes locais, em algumas amostras, verificaram-se também altos valores de berílio, especialmente na 480, com 70 ppm. Nos demais pontos, os teores de B e Be são relativamente baixos e a boa correlação entre eles é satisfatoriamente mantida.

O bário revelou na maioria das amostras teores dentro de uma faixa de alto *background* (100 a 300 ppm) e pouquíssimos valores anômalos, um deles junto à Mina Sanga Negra e outro junto da ocorrência de fluorita de Pinheiro (fig. 60).

9.3.3 - Solos

9.3.3.1 - Generalidades

Na área de Pinheiro-Cerro da Árvore foram implantados quatro perfis de amostragem de solo, três situados transversalmente aos filões quartzosos, mineralizados a wolframita e cassiterita, da Mina Velha (perfis 1, 2 e 3), e um perpendicularmente à crista lenticular, brechada e cimentada por fluorita, de Pinheiro (perfil 5).

Fora das zonas mineralizadas foram coletadas amostras, objetivando a determinação dos níveis de *background* regional dos elementos de interesse em solos existentes sobre as rochas graníticas do Complexo Encruzilhada.

Nos perfis 1, 2 e 3, o espaçamento inicial entre as amostras foi de 0,5 m a partir das ocorrências filonares, aumentando com uma razão geométrica 2 para cada lado do filão até uma distância máxima de 127,5 m (fig. 70 e 71). No perfil 5, a amostragem sobre a crista foi realizada ao longo de toda a sua largura que é de 90 m, a intervalos iguais e constantes de 10 m. De cada lado da crista, a amostragem foi feita em progressão geométrica de razão 2, iniciando-se a 2 m da mesma até atingir uma distância de 120 m (fig. 71).

Os horizontes amostrados foram o A e o C, sendo que na maioria das vezes os resultados provenientes de amostras do horizonte C revelaram teores mais elevados e contrastantes, razão pela qual foram escolhidos para fins interpretativos. Uma exceção notável verifica-se no perfil 3 (fig. 79), onde o Sn no horizonte A atinge 700 ppm e no horizonte C apenas 50 ppm. Exceções também são o Mn e o Ba, pois em todos os perfis apresentaram teores mais elevados para o horizonte A do que para o C.

Para interpretação foram utilizados os elementos W, Sn, F, Cu, Pb, Zn, Fe, Mn e Ba.

9.3.3.2 - Distribuição de Tungstênio, Estanho e Flúor

O tungstênio apresentou um *background* regional de 29 ppm e um limiar de 72 ppm. Nos perfis de amostragem, esse elemento mostrou valores contrastantes apenas no 1 e 3, com valores de 40 e 80 ppm sobre os filões e em torno de 20 ppm nas demais amostras.

Os resultados de amostras obtidas em áreas consideradas estéreis revelaram para o Sn valores de 17 e 42 ppm, respectivamente para o *background* e o limiar e, para o F, valores de 280 e 340 ppm para esses parâmetros estatísticos.

O estanho e o flúor revelaram ao longo de todos os perfis de solos valores quase sempre anômalos, quando encarados sob o ponto de vista regional.

O Sn apresentou teores de 50 e 70 ppm no horizonte C dos solos formados sobre os filões no perfil 1 (fig. 72), 300 ppm no perfil 2 (fig. 75) e 700 ppm no perfil 3 (fig. 79). Lateralmente aos filões, nestes três perfis, o Sn mostrou teores médios da ordem de 20 e 30 ppm, atingindo excepcionalmente 70 ppm no perfil 2 até uma distância de 40 m do filão.

No perfil 5 (fig. 82), os teores mais elevados de Sn localizam-se nos solos existentes sobre a ocorrência de fluorita, alcançando fora dela teores médios de 20 e 30 ppm.

O F revelou teores médios entre 400 e 600 ppm nos perfis 1, 2 e 3. Os valores mais elevados

registraram-se no perfil 1, verificando-se nas suas extremidades teores da ordem de 800 e 900 ppm de F. Nos solos existentes sobre as mineralizações de W e Sn, os teores de F aumentaram sensivelmente até 1200 ppm, com os valores mais freqüentes localizados na faixa de 800 e 900 ppm.

O perfil 5 apresentou um valor extremamente alto de 22.500 ppm de F, detectado no solo desenvolvido sobre a ocorrência de fluorita. Os demais valores variaram entre 400 e 1600 ppm (fig. 82).

9.3.3.3 - Distribuição de Cobre, Chumbo e Zinco

A presença de cobre em solos nos perfis 1, 2 e 3, caracteristicamente sobre os filões mineralizados a W e Sn, vem comprovar sua associação com essas mineralizações, embora não se tenha identificado nenhum mineral de cobre em amostras de superfície. Saliente-se que o Cu também está presente em sedimentos de corrente e concentrados de bateia, em amostras coletadas nas proximidades de filões e graisens mineralizados a W e Sn, os quais devem ser com toda certeza os hospedeiros primários desse elemento Cu.

O Cu apresentou teores elevados no horizonte C, quando localizado imediatamente acima do filão D, de 150 e 200 ppm, respectivamente no perfil 2 (fig. 77) e 3 (fig. 80). Nos demais pontos dos perfis, o teor de Cu foi igual ou pouco maior ao teor médio desse elemento estabelecido para as áreas consideradas estéreis, em torno de 15 ppm.

O chumbo e o zinco apresentaram um comportamento bastante semelhante ao longo de todos os perfis de solo.

De modo geral, os teores médios regionais estabelecidos para o Pb e o Zn, respectivamente de 50 e 65 ppm, foram maiores que os teores verificados para esses elementos nos perfis de solo.

Os teores mais altos de Pb detectados foram 70 ppm, em um ponto afastado do filão, no perfil 2 (fig. 76), e 60 ppm, locado sobre o filão, no perfil 3 (fig. 80). Para o Zn, os valores mais elevados, de 80 e 90 ppm, registraram-se nos perfis 1 e 3 (fig. 73 e 80); no perfil 5 (fig. 83) verificou-se um valor de 140 ppm de Zn, situado fora da zona mineralizada a fluorita e numa área rebaixada topograficamente, onde aparecem também valores elevados de Pb e Cu.

9.3.3.4 - Distribuição de Ferro, Manganês e Bário

O teor médio de ferro em solos derivados de rochas graníticas de Pinheiro-Cerro da Árvore, em áreas estêreis, é de 6,2%, sendo os teores superiores a 10% considerados anômalos.

Os perfis 1, 2 e 3 (fig. 74, 78 e 81) apresentaram algumas amostras do horizonte C com teores de 10 e 15% de Fe, principalmente sobre os filões mineralizados, mas também fora deles. No perfil 5 (fig. 84), os teores de 10% de Fe foram encontrados com maior frequência nos solos dos granitos adjacentes ao material brechado contendo fluorita, sendo que nos solos existentes so-

bre o corpo mineralizado, os teores de ferro são em geral bem mais baixos, em torno de 2%.

O manganês e o bário não apresentaram resultados significativos que permitissem uma interpretação mais segura dos seus comportamentos nos diversos perfis de solo. Merece destaque apenas o fato de que esses dois elementos, ao contrário dos demais, mostraram maiores concentrações no horizonte A do que no C em todos os perfis de solo estudados.

Em amostras de solos de áreas consideradas estéreis, estabeleceu-se para o Ba valores de *background* e limiar para o horizonte A, respectivamente de 750 e 1800 ppm.

Nos perfis 1, 2 e 3 não se verificou nenhum valor anômalo de Ba, quase todos iguais ou inferiores a 1000 ppm. Apenas em uma amostra do solo formado sobre o filão D, no perfil 3 (fig. 81), registrou-se um teor de 1500 ppm.

No perfil 5 (fig. 84) detectou-se alguns teores anômalos de Ba de até 3000 ppm nos solos desenvolvidos sobre a brecha granítica contendo fluorita, decrescendo a partir de 1500 ppm nos demais pontos do perfil.

9.3.4 - Rochas

9.3.4.1 - Generalidades

As amostras de rochas da área de Pinheiro-Cerro da Árvore pertencem quase exclusivamente ao Complexo Granítico Encruzilhada, sendo que apenas quatro amostras foram coletadas na pequena área de afloramento dos metamorfitos do Subgrupo Vacacaí.

Algumas poucas amostras de rocha foram obtidas ao longo ou próximas dos perfis 1, 2, 3 e 5 de amostragem de solo, visando estabelecer possíveis comparações entre os resultados desses dois materiais.

Os perfis 4 e 6 são exclusivamente de amostragem de rocha, estando o primeiro localizado na extremidade sul do filão D na Mina Velha e o segundo perpendicularmente aos veios de quartzo mineralizados a Pb, Zn e Cu do Cerro do Gancho (fig. 4).

Os teores de Sn, Cu, Pb, Zn, F, Ba e Be das amostras de rocha dos perfis 4 e 6 estão representados nos mapas de distribuição desses elementos para toda a área de amostragem (fig. 61, 62 e 63). A distribuição geoquímica do Pb, Zn, Cu e Ag, ao longo do perfil 6, está representada na figura 85.

Foram usados para interpretação os elementos Sn, W, Cu, Pb, Zn, Ag e Mo. O F, Ba e Be estão representados conjuntamente em um mapa de distribuição geoquímica (fig. 63), o qual evidencia para esses elementos valores sem maior significação, variando em geral dentro da faixa de *background*.

9.3.4.2 - Distribuição de Estanho e Tungstênio

Os teores de estanho constatados em rochas obtidas em áreas estêreis estão compreendidos entre 10 e 20 ppm, com algumas amostras situadas nas imediações dos filões revelando teores mais elevados de 100, 200, 300 e 500 ppm e outras atingindo o limite superior de sensibilidade do método analítico (1000 ppm).

O *background* de Sn para os granitos de Pinheiro-Cerro da Árvore foi estabelecido em 14 ppm e o limiar fixado em 30 ppm, usando-se somente os valores inferiores a 70 ppm. Admitindo-se o valor de 10 ppm, estabelecido por Barsukov (1967, in Flinter, 1971), como o limite entre granitos pobres e ricos em Sn, as rochas pertencentes ao Complexo Granítico Encruzilhada seriam consideradas ricas em Sn, constituindo certamente uma província estanífera. Desse modo, a simples detecção de valores de *background* para o Sn na área já é indicativa da presença de granitos estaníferos, enquanto que os teores realmente anômalos seriam encontrados somente nas vizinhanças de corpos mineralizados a cassiterita (fig. 61).

O tungstênio foi analisado por colorimetria em 77 amostras, das quais 14 apresentaram valores iguais a 20 ppm, correspondente ao limite de detecção do método, 13 inferiores a esse limite, em geral de rochas graníticas, e em 48 não foi detectado. Duas outras amostras ainda, uma de quartzito e outra de graisen, apresentaram teores elevados de W, respectivamente 40 e 20 ppm.

9.3.4.3 - Distribuição de Cobre, Chumbo, Zinco, Prata e Molibdênio

O mapa de distribuição de cobre, chumbo e zinco (fig. 62) evidencia que a totalidade dos seus valores situa-se na faixa de *background*, com teores um pouco mais altos para o zinco.

As amostras coletadas sobre o filão mineralizado a galena, esfalerita e provavelmente calcopirita, no perfil 6 (fig. 85), revelaram teores anômalos de Pb, Zn, Cu e também de Ag (90 ppm), Cd (500 ppm) e Bi (200 ppm), decrescendo abruptamente para ambos os lados do perfil.

A Ag foi detectada também em amostras de solo, junto aos perfis de amostragem, com teores de 0,5 e 1 ppm, por espectrografia de emissão. Já a análise por absorção atômica não detectou a presença de Ag em muitas dessas amostras.

O Mo mostrou-se um elemento de pouco interesse na área, revelando dois valores de 30 ppm e um de 50 ppm. Nas demais amostras não foi detectado ou apresentou teores menores que 10 ppm.

9.4 - Área de Campinas - Figueiras

9.4.1 - Sedimentos de Corrente

9.4.1.1 - Generalidades

Foram elaborados mapas de distribuição geoquímica para o Sn, F, Be, Cu, Pb, Zn e Ba, sendo usados para interpretação somente os três primeiros. Os demais elementos não apresentaram nenhum resultado de maior significação, com apenas um ou dois valores anômalos e a maioria variando dentro da faixa de *background* (fig. 87 a 90).

O W não foi detectado em nenhuma das amostras de sedimentos de corrente, tampouco a wolframita em concentrados de bateia e em trabalhos anteriores de mapeamento e prospecção realizados na área.

Os histogramas que acompanham os mapas de distribuição geoquímica representam a totalidade de amostras da área, não havendo distinção entre as provenientes das áreas de afloramento dos metamorfitos do Subgrupo Vacacaí e aquelas de rochas graníticas.

O pH medido em diferentes drenagens revelou sempre valores de 6,5, caracterizando ambientes levemente ácidos, nos quais todos os elementos abordados deveriam estar normalmente precipitados nos sedimentos de corrente.

9.4.1.2 - Distribuição de Estanho, Flúor e Berílio

A observação do histograma construído para o Sn (fig. 87) mostra uma distribuição polimodal, não evidenciada no gráfico de probabilidade (fig. 10). No histograma, os valores superiores a 60 ppm caracterizam a população das áreas mineralizadas em lavra (Mina Campinas e Mina Cerro Branco) e os valores entre 30 e 60 ppm referem-se às áreas de simples ocorrências estaníferas.

A média geométrica de 43 ppm para o Sn, calculada pelo processamento eletrônico que usou todos os valores, revelou-se muito alta, em razão de ter incluído valores excessivamente elevados provenientes de amostras obtidas em um mesmo arroio que drena a área mineralizada da Mina Campinas. Em vista disso e com base na análise visual do histograma e na distribuição dos valores de Sn na área, estabeleceu-se para esse elemento um *background* de 10 ppm e um limiar de 30 ppm.

Ao sul do rio Camaquã, onde a densidade de amostragem foi de apenas uma amostra para cada 7 km², foram detectadas duas ocorrências conhecidas de cassiterita, através das amostras 94 e 95, que revelaram teores da ordem de 50 ppm. Da mesma forma, a amostra 101, a sudoeste da área, apresentou um teor francamente anômalo de 150 ppm, indicando uma provável ocorrência de cassiterita, não assinalada no mapa geológico.

O train de dispersão do Sn é variável de acordo com a expressão em superfície das ocorrências de cassiterita. Assim, a dispersão anômala do Sn, a

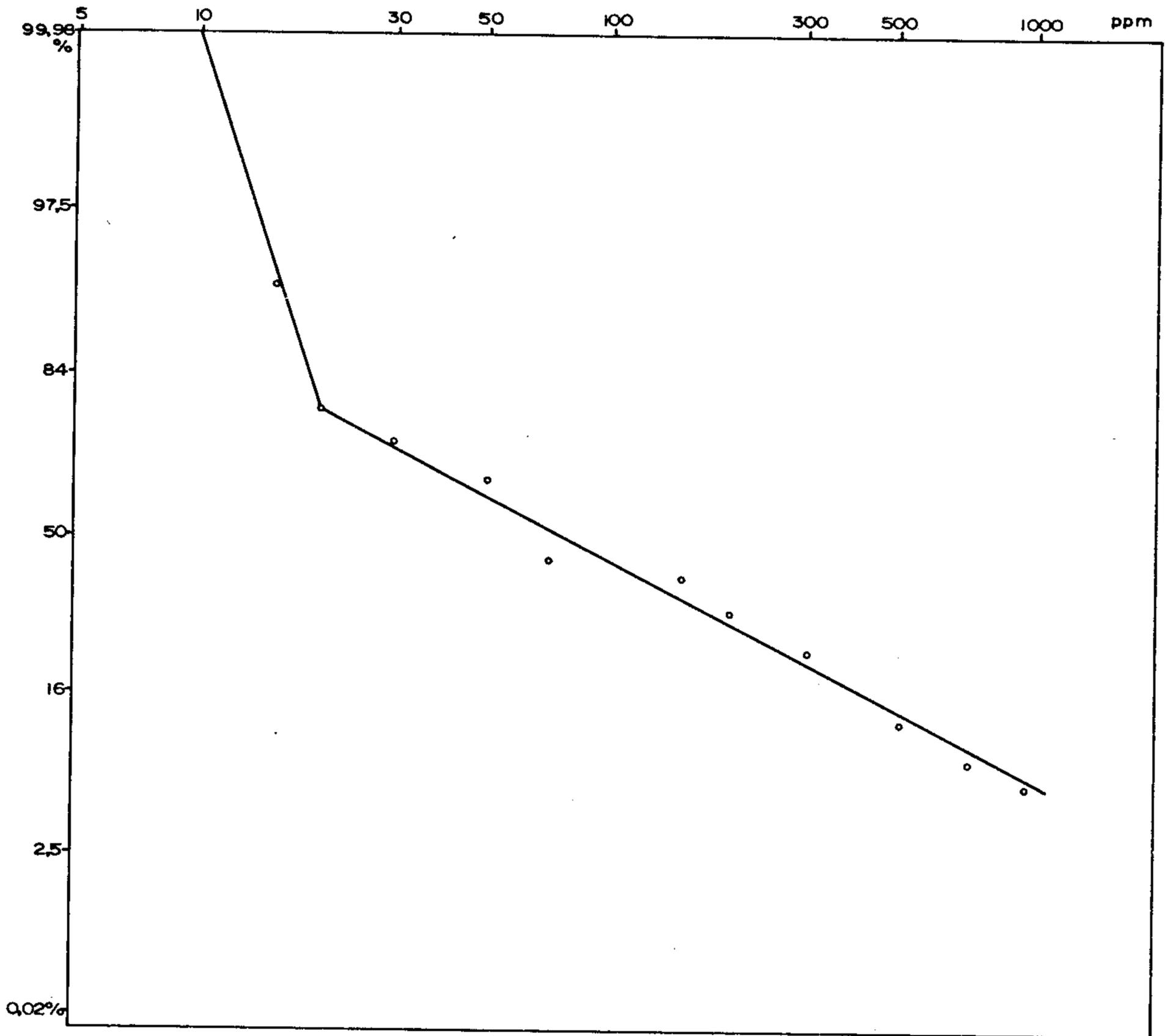


Gráfico de Probabilidade
Estanho

SEDIMENTO DE CORRENTE
Campinas-Figueiras

figura 10

partir da Mina Campinas, onde ocorrem em superfície dezenas de veios graisenizados com cassiterita, é de aproximadamente 3 km. Com relação às ocorrências de Cerro Branco e outras ao sul da área, de pequena expressão em superfície, o train de dispersão é menor, da ordem de 1 a 2 km.

Para o flúor estabeleceu-se valores de 370 a 1330 ppm, respectivamente para o *background* e o limiar.

O F apresentou apenas um valor anômalo e alguns valores na faixa de alto *background*, localizados quase todos junto à mina de cassiterita de Campinas (fig. 90), onde localmente a fluorita aparece como acessório.

O *background* do berílio foi fixado em 5 ppm e o seu limiar em 30 ppm, baseando-se na estimativa visual do histograma (fig. 90).

O mapa de distribuição geoquímica do Be (fig. 90) registra oito valores anômalos e muitos valores na faixa de alto *background*, todos em drenagens sob influência dos granitos Campinas e Figueiras, mas sem nenhuma relação direta com as ocorrências estaníferas.

9.4.2 - Concentrados de Bateia

9.4.2.1 - Generalidades

Para concentrados de bateia foram e-

laborados mapas de distribuição geoquímica do Sn, B e Ba (fig. 91 e 92), mapa de distribuição mineralógica da cassiterita e ilmenita (fig. 95) e uma representação gráfica da abundância relativa dos principais minerais presentes neste meio natural na área de Campinas-Figueiras (fig. 96).

9.4.2.2 - Distribuição de Cassiterita

A cassiterita foi detectada em quase todas as amostras de concentrados de bateia, na maioria das vezes com percentagens inferiores a 5%, parte entre 5 e 20% e, em um único local, próximo à Mina Campinas, entre 20% e 60% (fig. 95).

O estanho revelou em concentrados de bateia grande número de valores anômalos, maiores que 1000 ppm, localizados em geral junto às ocorrências estaníferas conhecidas (fig. 91).

A análise conjunta da distribuição da cassiterita e do Sn em concentrados de bateia revela uma boa correspondência entre os pontos onde detectou-se cassiterita e os teores anômalos ou de alto *background* de Sn. A mesma boa correspondência não se verifica quando são comparados os valores de cassiterita e Sn em concentrados de bateia com os teores de Sn em sedimentos de corrente (fig. 87). De um modo geral, constata-se um número bem maior de valores anômalos e de alto *background* para o Sn em concentrados de bateia do que aqueles revelados em sedimentos de corrente, estes mais restritos às ocorrências conhecidas de cassiterita de maior envergadura. Assim, da mesma forma que ocorreu na área de Pinhei-

ro-Cerro da Árvore, o comportamento do Sn em sedimentos de corrente indica com maior fidelidade a localização e o porte das ocorrências conhecidas de cassiterita de Campinas-Figueiras, fornecendo também com maior evidência o traço de dispersão desse elemento em sedimentos de drenagem.

9.4.2.3 - Outros Minerais

A análise mineralógica qualitativa detectou em quase todas as amostras de concentrados de bateia quantidades apreciáveis de turmalina, estaurolita, ilmenita, granada e outros minerais menos comuns (fig. 96).

A turmalina, a estaurolita e a granada são principalmente minerais formadores dos xistos do Subgrupo Vacacaí, com o primeiro chegando a formar xistos a turmalina e mesmo turmalinitos, especialmente no contato com veios de quartzo mineralizados a cassiterita. Neste caso, os xistos encaixantes sofrem intensa turmalinização, podendo a turmalina estar presente também como acessório nas mineralizações estaníferas do Granito Campinas (Picada e Pinto, 1966).

A presença de boro em concentrados de bateia é um fato notável, certamente relacionado à abundância de turmalina na área.

O B apresentou nove valores anômalos, superiores a 2000 ppm, e um maior número de valores na faixa de alto *background* (1000 a 2000 ppm), quase todos localizados no contato do Granito Campinas com os metamorfitos do Subgrupo Vacacaí (fig. 92).

A ilmenita está presente em todas as amostras, em geral com percentagens inferiores a 5%, algumas entre 5 e 20% e duas entre 20 e 60%, sendo detectada tanto em drenagens sob influência de granitos, como de xistos e quartzitos do Subgrupo Vacacaí (fig. 95).

9.4.3 - Solos

9.4.3.1 - Generalidades

Na área de Campinas-Figueiras foram executados dois perfis de amostragem de solo. O perfil 1 em grande parte realizado sobre os solos do Granito Campinas e em parte nos solos derivados dos xistos do Subgrupo Vacacaí e, o perfil 2, totalmente desenvolvido nos solos dessas rochas xistosas (fig. 97).

Ambos os perfis atravessaram algum filão de quartzo e cassiterita e vários filonetes de quartzo mineralizados ou não a cassiterita.

Os solos encontrados ao longo dos perfis são essencialmente do tipo litossolo, especialmente sobre o Granito Campinas, onde a intemperização atingiu níveis bastante profundos.

Foram amostrados os horizontes A e C, mas usou-se para interpretação os dados fornecidos pelo horizonte C, por serem mais representativos e contrastantes que aqueles do horizonte A.

Não foram coletadas amostras de solos em parte do perfil 1, em virtude de estarem muito revolvidos pelos trabalhos de garimpagem.

Todos os elementos em ambos os perfis revelaram uma distribuição lognormal, com exceção do estanho no horizonte C desenvolvido sobre os xistos, cuja distribuição lognormal não foi aceita pelos testes estatísticos empregados.

Os elementos usados na interpretação foram o Sn, F e o Mo. O W apresentou apenas vinte valores definidos, com teor máximo de 20 ppm, com os demais 93 resultados revelando teores menores que 20 ppm. Foram construídos perfis de distribuição geoquímica também para o Cu, Pb, Zn, Be, Ba, Fe e Mn (fig. 98 a 103), os quais não apresentaram valores significativos e contrastantes que justificassem uma abordagem à parte.

9.4.3.2 - Distribuição de Estanho, Flúor e Molibdênio

A análise visual da distribuição do estanho nos perfis de solos revela valores de *background* para esse elemento como sendo 100 ppm em solos derivados do Granito Campinas, no perfil 1, e 25 ppm em solos formados sobre os xistos do Subgrupo Vacacaí, no perfil 2. Em áreas afastadas das mineralizações estaníferas, os valores do Sn variaram entre 20 e 150 ppm em solos graníticos e foi da ordem de 10 ppm em solos derivados das rochas metamórficas.

O flúor em solos de rochas graníticas apresentou um *range* de 300 a 1600 ppm, em áreas bem afastadas das zonas mineralizadas, e de 500 a 3000 ppm, ao longo do perfil 1 (fig. 98). O exame conjunto desses valores e a análise visual do comportamento do F no perfil 1 permite estabelecer para esse elemento na área de Campinas-Figueiras uma faixa de *background* de 300 a 2000 ppm para o horizonte C dos solos desenvolvidos sobre rochas graníticas, fixando-se o último valor como limiar do F nestas condições. Adotando-se o mesmo procedimento, estabeleceu-se para o F em solos derivados de xistos e quartzitos a faixa de *background* de 200 a 1000 ppm, sendo esse último valor considerado limiar.

A análise conjunta dos perfis de distribuição do Sn e do F nos perfis 1 e 2 (fig. 98 e 101), tanto em solos do Granito Campinas como em solos dos metamorfitos Vacacaí, salienta de imediato a muito boa correspondência existente entre os comportamentos desses dois elementos, havendo uma superposição quase completa de suas curvas de distribuição, especialmente para os resultados do horizonte C. Essa correspondência é confirmada pelos elevados coeficientes de correlação entre o Sn e o F, da ordem de 0,56 em solos de granitos e 0,85 em solos derivados das rochas metamórficas.

O molibdênio foi detectado em apenas quatro amostras de solos derivados de granitos e em quinze amostras de solos de rochas metamórficas, revelando valores, respectivamente de 5 ppm e entre 5 e 10 ppm. Desse modo, para essas amostras, constata-se que o Mo apresenta teores médios mais elevados em solos formados sobre os metamorfitos do Subgrupo Vacacaí do que em solos de procedência granítica, contrariamente ao que aconteceu com o Sn e o F.

9.4.4 - Rochas

9.4.4.1 - Generalidades

Uma grande parte das amostras de rocha da área de Campinas-Figueiras pertence aos granitos Campinas e Figueiras e uma menor parte aos metamorfitos do Subgrupo Vacacaí. Entretanto, os histogramas que acompanham os mapas de distribuição geoquímica (fig. 93 e 94) representam apenas as populações derivadas das rochas graníticas.

Foram usados para interpretação o Sn, que é o principal elemento de interesse da área e o Cu. Outros elementos não se mostraram importantes nesse meio natural, embora a distribuição do Pb, Zn, Ba e do Be tenha sido apresentada em mapas geoquímicos (fig. 93 e 94). Merecem referência ainda o Mo, que apresentou apenas seis valores definidos, a Ag, detectada por espectrografia de emissão em algumas amostras de xistos e granitos, e o W. Esse apresentou em oito amostras valores iguais ou menores que 20 ppm e, em outras duas, valores de 80 e 120 ppm.

9.4.4.2 - Distribuição de Estanho e Cobre

O teor médio de estanho nas rochas graníticas situou-se numa faixa de 10 a 50 ppm, com três valores superiores a 50 ppm, estando o maior, de 300 ppm, localizado junto aos filões estaníferos da Mina Campinas. Para esses valores, os granitos Campinas e Figueiras, a

exemplo do que ocorreu com os granitos do Complexo Encruzilhada, na área de Pinheiro-Cerro da Árvore, podem ser considerados estaníferos, conforme o limite de 10 ppm estabelecido por Barsukov (1967, in Flinter, 1971) para separar granitos pobres e ricos em Sn.

A presença de Sn em rochas xistosas do Subgrupo Vacacaí também é marcante, com teores entre 10 e 150 ppm, embora a maioria situe-se na faixa de 10 a 50 ppm (fig. 94).

O Cu apresentou caracteristicamente teores mais elevados nos metamorfitos do Subgrupo Vacacaí do que nas rochas graníticas, conforme pode-se concluir da análise conjunta do mapa geológico da área (fig. 5) e do mapa geoquímico desse elemento (fig. 93). Desse modo, nas rochas metamórficas o *range* do Cu foi de 5 a 15 ppm, verificando-se quatro valores anômalos, os maiores de 50 e 100 ppm. Nos granitos, o *range* do Cu foi mais restrito, da ordem de 5 a 10 ppm.

9.5 - Área de Palmas

9.5.1 - Sedimentos de Corrente

9.5.1.1 - Generalidades

Os elementos representados nos mapas de distribuição geoquímica foram o Cu, Mo, Au, Pb, Zn, Ba, B, Fe e Mn (fig. 105 a 109), sendo utilizados para interpretação apenas os três primeiros por apresentarem resultados mais significativos e por serem os principais elementos de interesse da área. O Pb e o Zn (fig. 107) apresentaram alguns valores de alto *background* e mesmo anomalous, mas aparentemente sem nenhuma ligação direta com as mineralizações molibdeno - cupríferas objetos de interesse dessa área.

Nas amostras de sedimentos de corrente, o Cu apresentou 46 valores definidos; o Mo, 10 valores definidos, 10 inferiores ao limite de sensibilidade e em 9 não foi detectado; e o Au, 7 valores definidos, 4 inferiores ao limite de sensibilidade e em 27 não foi detectado.

Para o Au foram adotados diferentes limites de sensibilidade, resultantes de diferentes graus de diluição sofridos pelas amostras no laboratório, em razão de algumas delas apresentarem quantidade de material, na fração menor que 80 mesh, inferior ao requerido para a análise padrão do método de absorção atômica.

O Mo foi analisado por espectrografia

de emissão, embora fosse mais conveniente, dada a importância desse elemento na área, o uso do método colorimétrico, o qual possui menor limite de detecção para o referido elemento.

O pH foi medido em todos os locais de amostragem, verificando-se valores entre 6,5 e 7,0. Nestas condições, possivelmente a maioria dos elementos estariam precipitados nos sedimentos de corrente, à exceção do Mo, que nas condições de pH acima de 6,0 tende a tornar-se móvel na forma de íon molibdato.

9.5.1.2 - Distribuição de cobre, molibdênio e ouro

O *background* regional do cobre foi estabelecido em 18 ppm, de acordo com o histograma (fig. 105) e o gráfico de probabilidade (fig. 11) construídos para esse elemento a partir dos resultados da totalidade das amostras.

As amostras com teores maiores que 18 ppm de Cu e menores que 30 ppm localizam-se à jusante do arroio que drena as mineralizações molibdeno-cupríferas da Fazenda Cerro Verde, diferentemente das amostras com valores menores que 18 ppm, situadas exclusivamente em drenagens sem nenhuma influência dessas mineralizações.

Merece registro especial o fato de que não foi constatado nenhum valor anômalo de Cu em sedimentos de corrente, mesmo junto aos filões e lentes de quartzo mineralizados a Cu e Mo, em razão, muito provavelmente, da diminuta expressão em superfície dessas estruturas primárias. Os poucos valores de alto *background*, entre 30 e



CPRM

133

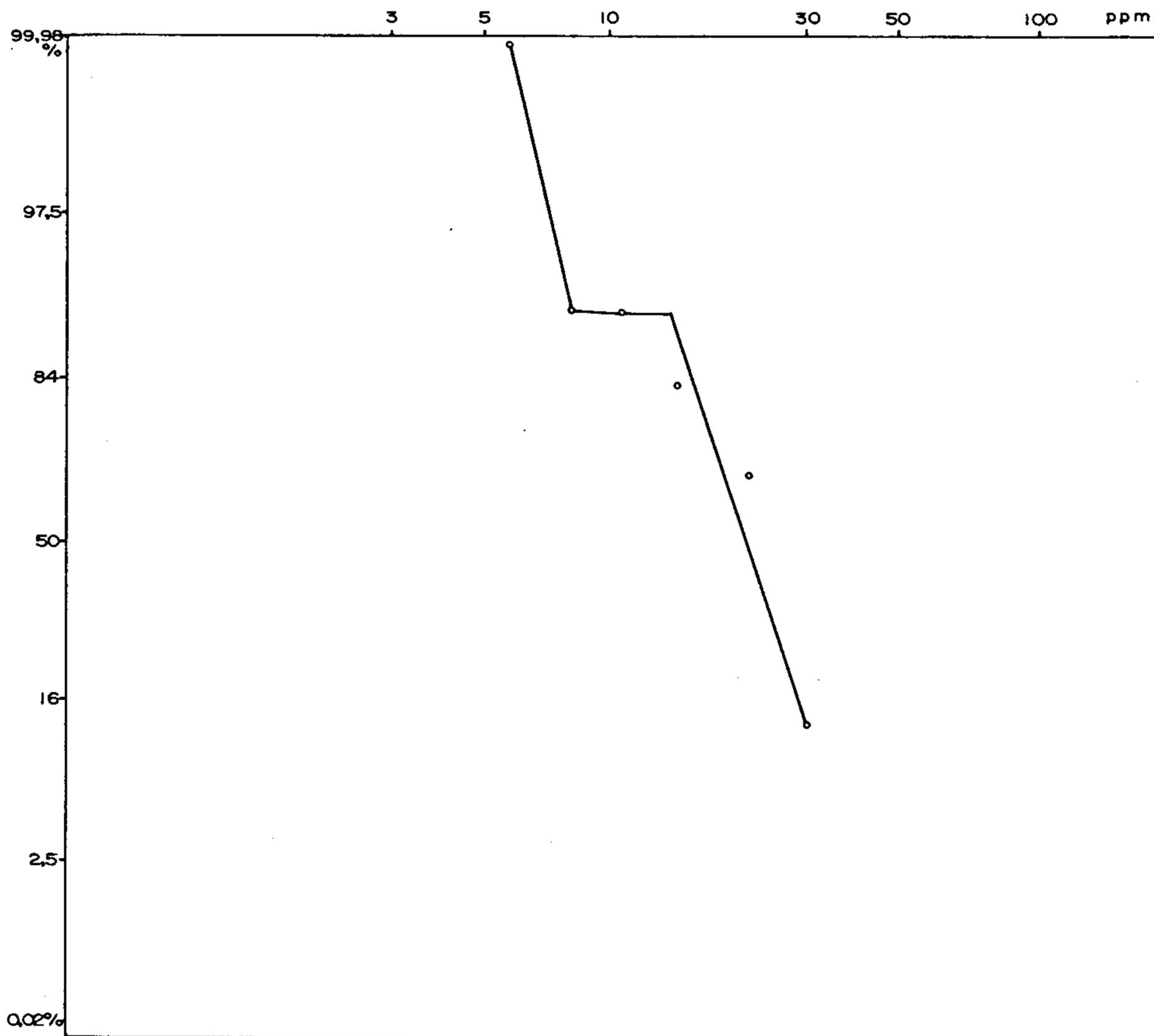


Gráfico de Probabilidade
Cobre
SEDIMENTO DE CORRENTE
Palmas
figura II

46 ppm, registraram-se em áreas de afloramento dos xistos do Subgrupo Vacacaí e das rochas metamórficas da Formação Cerro Mantiqueiras (fig. 105).

O molibdênio apresentou os valores de 3,5 e 12 ppm para o *background* e limiar, os quais foram estabelecidos a partir do programa eletrônico, usando o método de Cohen e computando os valores menores que 5 ppm, que é o limite de detecção desse elemento pela análise espectrográfica. Esses valores de *background* e limiar do Mo refletem com bastante realismo a situação geológica da área de Palmas, conforme evidenciam o histograma e o mapa de distribuição geoquímica desse elemento (fig. 105).

Saliente-se que a simples detecção do Mo por espectrografia de emissão, a partir do limite de sensibilidade de 5 ppm, já é interessante sob o ponto de vista de prospecção, pois representa um valor 1,4 vezes maior que o *background* de 3,5 ppm, determinado para esse elemento.

Os valores anômalos de Mo, superiores a 12 ppm, foram detectados em duas amostras coletadas na drenagem que secciona a área mineralizada. Uma delas, a amostra 144, localizada junto aos filões, revelou um teor extremamente anômalo de Mo de 50 ppm, o qual caracteriza o *cut-off* desse elemento na referida drenagem. Desse ponto até a amostra 154, à jusante da drenagem, o teor de Mo decresce até 10 ppm e, a distância entre esses dois pontos, de aproximadamente 800 m, representa a dispersão supergênica indicativa de mineralizações molibdeníferas na área.

Diferentemente do Mo, o Cu apresentou teor variando dentro de uma estreita faixa, entre 20 e 30

ppm, evidenciando uma dispersão mais regular, compreendida apenas na faixa de *background*.

Por estas razões, o Mo poderia ser usado com vantagem como farejador de mineralizações molibdeno-cupríferas em áreas de características semelhantes às de Palmas. O Cu exige maiores cuidados, pois pequenas variações de teor podem transformar um valor de *background* em anômalo, havendo a possibilidade de passarem despercebidos valores levemente anômalos que indiquem uma ocorrência cuprífera.

O ouro foi detectado em 11 amostras de sedimentos de corrente, com teores que variam de 0,05 a 2,0 ppm, em locais esparsamente distribuídos nas drenagens da área. O teor mais elevado, de 2 ppm, foi encontrado na amostra 187, localizada no extremo nordeste da área, em uma drenagem estreita e encaixada ao longo do contato de rochas metamórficas e ultrabásicas (fig. 106).

Nas proximidades da ocorrência de Cu, Mo e Au da Fazenda Cerro Verde, esse último elemento foi detectado em cinco pontos, sendo que dois à montante dessa ocorrência. Os demais locais onde detectou-se Au situam-se em cursos d'água que drenam tanto os metamorfitos do Subgrupo Vacacaí, as rochas da Formação Cerro Mantiqueiras, como os granitos do Complexo Jaguari-Lavras do Sul.

A análise da distribuição do Au em sedimentos de corrente evidencia que a sua presença neste material não se deve unicamente a mineralização primária da Fazenda Cerro Verde, indicando a possibilidade da existência de outras mineralizações auríferas, ainda não identificadas na área. Pode-se deduzir também que o controle

litológico não é importante, havendo um condicionamento geológico mais amplo que afetou todas as litologias e ao qual os filões primários devem estar relacionados. Para Villwock e Jost (1967), a intrusão do Granito Jaguari e a conseqüente tectônica de bordo, provocaram um grande número de falhas e zonas de cisalhamento, onde se estabeleceram os veios de quartzo mineralizados ou não.

9.5.2 - Concentrados de bateia

9.5.2.1 - Generalidades

Para concentrados de bateia foram elaborados mapas de distribuição geoquímica do Cu, Mo, Au, Ag e Sn (fig. 110, 111 e 112), mapas de distribuição mineralógica do ouro, calcopirita, scheelita e cassiterita (fig. 113 e 114) e uma representação gráfica da abundância relativa dos principais minerais presentes neste meio natural (fig. 115).

9.5.2.2 - Distribuição de cobre, molibdênio e ouro

O *background* e o limiar do Cu e do Mo foram estimados visualmente com auxílio dos seus histogramas, obtendo-se valores respectivamente de 10 e 30 ppm para o Cu e 5 e 20 ppm para o Mo.

A calcopirita foi detectada em quatro amostras no arroio que drena a ocorrência da Fazenda Cerro Verde e à sua jusante, em percentagens inferiores a 5%

evidenciando uma correspondência apenas razoável com os teores elevados de Cu (fig. 114).

O comportamento do Mo é bastante semelhante ao do Cu, revelando cinco valores anômalos, maiores que 45 ppm, nas proximidades da porção mineralizada, e a grande maioria dos demais valores na faixa de baixo *background* (fig. 110).

A boa correlação verificada entre o Cu e o Mo em sedimentos de corrente se manifesta também em concentrados de bateia, caracterizando a íntima associação dos minerais desses elementos nas mineralizações primárias.

Constata-se também que os resultados obtidos a partir de sedimentos de corrente para o Cu e o Mo apresentam boa correlação com aqueles de concentrados de bateia para esses elementos.

Merece destaque o fato de que o Cu apresentou valores de *cut-off* bem mais característicos do que o Mo em concentrados de bateia, verificando-se que a razão entre o teor maior e o menor de Cu é da ordem de 30, três vezes maior que essa razão para o Mo, da ordem de 10.

O Au foi detectado por absorção atômica em cinco amostras de concentrados de bateia, com teores de 10 a 50 ppm. Três foram coletadas nas proximidades dos filões da Fazenda Cerro Verde, drenagem acima, e os outros dois no extremo noroeste da área de amostragem (fig. 111).

A análise mineralógica qualitativa de concentrados de bateia registra a presença de ouro metá-

lico, com percentagens inferiores a 5%, em 13 locais, o que representa 42% do número total dos pontos amostrados (fig. 113 e 115). Destes locais, doze situam-se no arroio que drena a ocorrência da Fazenda Cerro Verde, sendo três drenagem acima. Em nenhuma das amostras coletadas em drenagens provenientes do Granito Jaguari detectou-se a presença de Au em concentrados de bateia (fig. 111 e 113).

A análise conjunta dos mapas de distribuição geoquímica e mineralógica do Au em concentrados de bateia e do mapa de distribuição geoquímica do Au em sedimentos de corrente evidencia uma correspondência apenas razoável entre os locais em que esse elemento foi detectado nestes dois materiais.

Da mesma forma como ocorreu em sedimentos de corrente, o comportamento do Au em concentrados de bateia, sendo detectado também fora da influência da ocorrência da Fazenda Cerro Verde, está indicando a existência de outras mineralizações auríferas, ainda desconhecidas.

9.5.2.3 - Outros Elementos

A presença de estanho em concentrados de bateia, com grande número de valores anômalos, superiores a 700 ppm, constitui um fato notável na área de Palmas, uma vez que não se conhece nenhuma mineralização primária desse elemento nesta área (fig. 112). Da mesma forma, merece destaque a presença de cassiterita, detectada em cerca de 50% das amostras de concentrados de bateia, em percentagens inferiores a 5% e, em uma amostra de 5 a 20% (fig. 114), em locais quase sempre coincidentes com aque-

les em que o Sn revelou valores anômalos ou de alto *background*. Outra coincidência significativa refere-se à presença de scheelita, em percentagens inferiores a 5%, nas mesmas amostras onde detectou-se cassiterita.

Ambos minerais foram constatados unicamente ao longo do principal curso d'água da área, na parte onde ele drena exclusivamente as rochas metamórficas do Grupo Porongos. Nas drenagens existentes somente sobre as rochas graníticas do Complexo Jaguari - Lavras do Sul, com as quais a scheelita e especialmente a cassiterita deveriam ter maior afinidade, não detectou-se em nenhuma amostra a presença desses minerais. Também o Sn apresentou teores baixos nas drenagens ligadas ao Complexo Granítico Jaguari - Lavras do Sul, com uma única exceção na amostra 126, que revelou um teor anômalo desse elemento.

A prata foi detectada em cinco locais, sendo três nas proximidades da ocorrência da Fazenda Cerro Verde, drenagem acima, com teores de 0,5 a 10 ppm (fig. 111), onde detectou-se também Au. Um valor elevado de Ag, de 50 ppm, verificou-se em um ponto (126) da drenagem sob influência direta dos granitos do Complexo Jaguari - Lavras do Sul.

9.5.3 - Solos

9.5.3.1 - Generalidades

Na área de Palmas foram implantados dois perfis de amostragem de solo, perpendicularmente aos veios de quartzo mineralizados a Cu, Mo e Au, que ocorrem encaixados ao longo da xistosidade das rochas epibolíti-

cas do Subgrupo Cambaí (fig. 116).

Em ambos os perfis, a amostragem foi realizada somente no horizonte A, em virtude das dificuldades criadas pelo proprietário das terras e da conseqüente urgência em realizar a coleta das amostras.

Para interpretação utilizou-se os elementos Cu, Mo, Au e F, os quais evidenciaram um comportamento bastante significativo no horizonte A de ambos os perfis. O Au foi representado somente no perfil 2, uma vez que os teores detectados no perfil 1 foram muito baixos e em pequeno número de amostras.

Foram construídos perfis de distribuição geoquímica também para o Pb, Zn, Ba, Sr, Mn e Fe (fig. 117 a 123), os quais não apresentaram valores significativos que justificassem uma abordagem à parte.

9.5.3.2 - Distribuição de Cobre, Molibdênio, Ouro e Flúor

O cobre apresentou no horizonte A dos solos derivados de rochas xistosas da Formação Cerro Mantiqueiras, em locais sem influência da zona mineralizada, um teor médio de 17 ppm. Considerando-se o desvio padrão de 1,4 para esses solos, fixou-se o limiar regional para o Cu em 35 ppm.

Nos solos dos perfis 1 e 2, derivados de migmatitos heterogêneos do Subgrupo Cambaí, calculou-se para o Cu a média geométrica de 100 ppm, somente com valores inferiores a 300 ppm, a qual corresponde ao *background*

para essa situação particular. O limiar estabelecido para o Cu, baseado principalmente no comportamento desse elemento nos perfis 1 e 2, foi de 150 ppm.

O comportamento do Cu em amostras de solo do horizonte A sobre o filão revelou teores 7 vezes maiores do que o *background* no perfil 1 e 5 vezes no perfil 2 (fig. 117 e 121).

A anomalia de Cu no perfil 1 é do tipo superjacente e no perfil 2 mostra um razoável deslocamento no sentido do declive do terreno, refletindo provavelmente o transporte mecânico das partículas do solo.

A amplitude dos valores anômalos restringe-se ao filão, com picos bem definidos, ou mais ampla, quando o Cu aparece sob a forma disseminada observando-se ainda, neste caso, uma acentuação da anomalia (fig. 117).

O molibdênio evidenciou nos perfis 1 e 2 um comportamento em tudo semelhante ao do Cu, havendo quase uma superposição de seus perfis de distribuição (fig. 118 e 122). Desse modo, os solos refletem amplamente a íntima associação que esses elementos mantem nas rochas.

Os parâmetros estatísticos foram determinados para o Mo a partir da análise visual do comportamento desse elemento nos perfis 1 e 2, desprezando-se os valores provenientes do processamento eletrônico. Desse modo, estabeleceu-se os valores 9 e 15 ppm para o *background* e o limiar.

O *background* do Au foi estabelecido em

0,10 ppm, com base na sua média geométrica e o limiar fixado em 0,15 ppm, a partir do exame visual do perfil 2 (fig. 120). Os valores superiores ao limiar situam-se sobre o filão, atingindo teores de até 0,6 ppm, os quais refletem com grande nitidez a presença de Au. De cada lado do filão os valores decrescem vertiginosamente, caracterizando a baixíssima mobilidade do Au nesse meio natural.

O F revelou nos perfis 1 e 2 um *background* da ordem de 100 ppm, constatando-se nos solos existentes sobre os veios mineralizados teores de 250 a 300 ppm, considerados anômalos para área. Entretanto, nos solos formados sobre uma zona fraturada do perfil 1, onde o Cu e o Mo aparecem sob forma disseminada, verificou-se apenas valores de *background* para o F.

9.5.4 - Rochas

9.5.4.1 - Generalidades

As amostras de rocha coletadas na área de Palmas refletem amplamente a sua complexidade litológica, compreendendo xistos a clorita e a sericita, granitos, gnaisses migmatíticos, metabasitos, serpentinitos, filitos e dunitos.

Foram coletadas 20 amostras de rocha, sendo 10 próximas ou ao longo do perfil 1 de amostragem de solo. As demais amostras foram obtidas em áreas afastadas da zona mineralizada, objetivando estabelecer o *background* dos elementos analisados. Entretanto, em face da grande variedade litológica e do relativo pequeno número de amos-

tras, o *background*, quando estabelecido, não tem valor estatístico, devendo ser considerado como estimativo e sujeito a modificações.

Foram elaborados perfis de distribuição geoquímica em rocha, no perfil 1, para os elementos Cu, Pb, Zn, F, Mo, Mn e Ba (fig. 124 e 125). O comportamento desses elementos e mais o do Au, Ag, Sn e W é analisado sumariamente a seguir.

9.5.4.2 - Distribuição de cobre, molibdênio e ouro

O cobre apresentou teores elevados somente ao longo do perfil 1, com um *range* de 10 a 1000 ppm. Os valores mais altos foram constatados em rochas localizadas sobre uma fratura com disseminações de Cu e Mo, sobre um veio de quartzo também mineralizado e em um local, mais a SW, onde não se verificou, macroscopicamente, qualquer evidência de mineralização cuprífera (fig. 124).

As amostras coletadas em áreas afastadas da porção mineralizada revelaram um *background* para o Cu da ordem de 30 ppm e um *range* de 5 a 50 ppm.

O molibdênio mostrou no perfil 1 (fig. 125) um comportamento muito semelhante ao do Cu, havendo uma coincidência de valores altos para ambos os elementos nas mesmas amostras e ocasionando perfis de distribuição geoquímica muito parecidos para os mesmos.

Diferentemente do Cu, o Mo não foi detectado em amostras de rocha coletadas fora da porção mi-

neralizada. Uma única exceção verificou-se na amostra 164, pertencente ao granito Jaguari, a qual revelou 5 ppm de Mo e ainda 1 ppm de Ag e 7000 de F.

O ouro foi detectado exclusivamente por absorção atômica em seis amostras, sendo quatro no perfil 1 e duas em locais afastados da porção mineralizada, nas amostras 147 e 164.

Foram constatados teores de Au inferiores a 0,05 ppm em quatro amostras e teores de 0,3 ppm em duas. Uma dessas amostras (158) revelou ainda teores elevados de Cu (1000 ppm), Mo (300 ppm) e Ag (50 ppm).

A simples detecção de Au, Mo e também de Ag, em rochas da área de Palmas, já é um fato potencialmente favorável. O Au e a Ag pela sua importância econômica e o Mo por apresentar em espectrografia de emissão um limite de detecção de 5 ppm, o qual já pode ser considerado interessante em termos de prospecção.

9.5.4.3 - Outros elementos

A Ag foi detectada em cinco amostras, com teores entre 0,5 e 3 ppm e, excepcionalmente, 50 ppm na 158, todas coletadas ao longo do perfil 1.

Merece destaque o fato da Ag apresentar boa correspondência com o F, pois em quase todas as amostras em que a Ag foi detectada, o F revelou teores superiores a 350 ppm. Aliás, o F apresentou boa analogia também com o Mo e o Cu no perfil 1, o que não é de estranhar, uma vez que a fluorita é um dos minerais de ganga da mi-

neralização molibdeno - cuprífera da Fazenda Cerro Verde (fig. 125).

O Sn foi detectado em duas amostras de rocha, com teores de 50 e 10 ppm, respectivamente um epibolito encaixante da mineralização da Fazenda Cerro Verde e um muscovita - clorita - xisto bastante distante dessa mineralização.

Nos granitos do Complexo Jaguari - Lavras do Sul não foi constatado nenhum indício de Sn, possivelmente em razão da fraca sensibilidade do método espectrográfico para esse elemento, uma vez que o teor médio de Sn em granitos considerados estéreis é de 3 ppm (Levinson, 1974).

O W apareceu somente em rochas do perfil 1, revelando em cinco amostras teores inferiores a 50 ppm.

O Ba apresentou valores elevados, entre 1500 e 5000 ppm, ao longo do perfil 1, em rochas epibolíticas do Subgrupo Cambaí (fig. 125).

O Pb, Zn e o Mn não apresentaram nenhum resultado significativo no perfil 1 (fig. 124 e 125) e tampouco em amostras coletadas fora da porção mineralizada.

10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1. O estudo geológico é da maior importância como conhecimento prévio para qualquer prospecção geoquímica e deve ser compatível com o detalhe da mesma. A diferença de grau de detalhe entre os trabalhos de geologia e geoquímica em algumas áreas-teste não permitiu, em alguns casos, uma interpretação mais segura dos resultados analíticos. Com vistas aos projetos Granitos de Encruzilhada do Sul e Cobre nos Corpos Básico-ultrabásicos e Efusivas do Rio Grande do Sul é necessário que se considere algumas questões de natureza geológica, cujo equacionamento é fundamental para interpretação geoquímica posterior. O mapeamento faciológico (fácies fina, média, grosseira, pegmatóide, porfiróide, graisens) dos granitos anisótropos de Encruzilhada do Sul e seu relacionamento com as mineralizações de estanho, indicadas pela prospecção geoquímica, poderão permitir a individualização de granitóides estéreis, estaníferos e mineralizados, além de outros tipos geoquímicos de granitos. Com relação ao Projeto Cobre, o planejamento da amostragem geoquímica e a interpretação dos resultados analíticos exigem uma definição segura dos limites da Formação Cerro Mantiqueiras, do seu posicionamento estratigráfico correto, bem como da determinação de seus componentes básicos, ultrabásicos e metamórficos associados.

2. Os resultados de sedimentos de corrente, refletindo com maior fidelidade o porte e a localização das ocorrências minerais estudadas, confirmaram a utilização desse meio natural como o mais indicado para uma prospecção geoquímica regional. Também o *train* de dispersão dos elementos de interesse mostrou-se mais evidente em sedi-

mentos de corrente, diferentemente dos resultados de concentrados de bateia, nos quais os valores anômalos são em geral muito freqüentes e dispostos alternadamente com valores baixos.

3. Os resultados obtidos nas áreas de Pinheiro - Cerro da Árvore e Campinas - Figueiras recomendam como adequada a densidade de uma amostra por 4 km² para uma prospecção geoquímica regional de *follow-up* por sedimentos de corrente em áreas semelhantes às citadas, objetivando detectar ocorrências de estanho e flúor de expressão superficial, como são os graisens mineralizados a cassiterita, as brechas graníticas com fluorita e os depósitos aluvionares estaníferos. Saliente-se que na porção sul da área de Campinas - Figueiras, com uma densidade de 1 amostra por 7 km², detectou-se todas as ocorrências conhecidas de cassiterita e mais uma provável ocorrência desse mineral não assinalada pelos mapeamentos anteriores. Entretanto, para a detecção de mineralizações de características filonares, como são os filões cupríferos do Cerro dos Martins, os filões a wolframita e cassiterita da Mina Velha e os veios molibdeno-cupríferos de Palmas, esses parâmetros são inadequados, exigindo-se maior detalhe em sedimentos de corrente ou preferencialmente o uso conjunto de solos e/ou rochas.

4. Nos perfis de solos foram amostrados os horizontes A e C, sendo que os valores mais elevados e contrastantes registraram-se no C. As únicas exceções ocorreram com a prata na área do Cerro dos Martins e com o bário e o manganês na área de Pinheiro - Cerro da Árvore que apresentaram concentrações mais elevadas no horizonte A. Entretanto, o mesmo comportamento revelado pela grande maioria dos elementos de um modo mais expressivo no hori-

zonte C se repetiu no horizonte A, permitindo os resultados desse horizonte quase sempre as mesmas interpretações que aqueles do horizonte C. Por essa razão e por ser ainda mais simples e rápida, a amostragem unicamente do horizonte A pode ser recomendada para levantamentos regionais, sem prejuízo do nível das informações técnicas e com sensível diminuição dos custos da prospecção.

5. A fração menor que 80 mesh, utilizada neste estudo, mostrou-se eficiente para assinalar todas as ocorrências conhecidas de estanho, flúor, cromo, molibdênio e ouro em sedimentos de corrente e solos. Os baixos valores de cobre em sedimentos de corrente em torno das áreas cupríferas do Cerro dos Martins e Palmas são atribuídos principalmente à forma filonar das mineralizações cupríferas e a fenômenos de diluição, acreditando-se que a utilização de outras frações granulométricas não seria suficiente para realçar os valores desse elemento.

6. Recomenda-se que o limite inferior de detecção do cobre pelo método de absorção atômica para sedimentos de corrente seja diminuído de 5 para 1 ppm, com intervalos de leitura de 1 ppm até 6 ppm e 2 ppm até 20 ppm. Essa proposição se baseia no fato de que a precisão analítica tende a diminuir para pequenas concentrações de elementos e resultou da constatação de que o limite inferior de detecção (5 ppm) e os intervalos de leitura atualmente adotados pelo LAMIN para o cobre impediram o registro correto de pequenos teores desse elemento nos sedimentos de corrente das áreas do Cerro dos Martins e Palmas, acarretando sérias imprecisões nos cálculos estatísticos. Semelhantemente ocorreu com o molibdênio na área de Palmas, cujo teor médio (3,5 ppm) estabelecido pelo método de Cohen em sedimentos de corrente foi menor que

o limite inferior de detecção pelo método espectrográfico de emissão semiquantitativo (5 ppm) desse elemento. Em vista disso, recomenda-se o uso do método colorimétrico, o qual possui menor limite de detecção para o molibdênio, em áreas em que esse elemento for um dos principais objetos de interesse.

7. Embora a detecção de pequenas concentrações de ouro pelo método de absorção atômica em sedimentos de corrente, concentrados de bateia, solos e rochas na área de Palmas possa ser considerada satisfatória para os objetivos do projeto, sugere-se o uso da abertura por fusão quando da realização de pesquisas mais detalhadas que requeiram maior exatidão na determinação de pequenos teores desse elemento.

8. A análise de variância de um conjunto de 46 amostras de solos da área do Cerro dos Martins revelou que os erros introduzidos nos resultados analíticos, por fatores de amostragem e de laboratório, não são significativamente importantes, permitindo um elevado grau de confiabilidade nos dados analíticos quando da fase interpretativa. Da mesma forma, a precisão analítica calculada (21%) mostrou que os dados fornecidos pelo tratamento analítico tem uma boa precisão.

Área do Cerro dos Martins

9. A Associação geoquímica mais comum constatada em solos da área mineralizada é Cu, Ba e Ag, especialmente nos filões cupríferos. Em algumas fraturas de importância secundária aparecem o Pb e o Zn associados ao Cu, estando a Ag ausente.

10. O fato mais notável dessa área é a constatação de valores baixos de cobre em sedimentos de corrente em torno da área cuprífera, onde seria de se esperar valores bem mais elevados. Admite-se como hipótese mais viável para explicar tal fato que os íons de cobre até o presente não alcançaram a drenagem em quantidades significativas, em razão da forma de ocorrência do cobre nesta área, em finos filões verticais, e a conseqüente pequena extensão dos solos anômalos, minimizando a disponibilidade dos íons cupríferos para serem lixiviados. Para realçar os valores desse elemento em sedimentos de corrente e possibilitar interpretações mais seguras sugere-se a amostragem em drenagens de primeira ordem, para minimizar a influência da diluição, e a diminuição do seu limite inferior de detecção pelo método de absorção atômica de 5 ppm para 1 ppm, com a utilização de menores intervalos de leituras.

11. As rochas metamórficas do Subgrupo Vacacaí apresentaram em sedimentos de corrente valores para o cobre de média e limiar (20 e 75) bem mais elevados que aqueles verificados em áreas de rochas do Grupo Bom Jardim (10 e 40).

12. Em áreas de afloramentos de rochas andesíticas e xistos, o cobalto evidenciou um elevado coeficiente de correlação (0,67) com o cobre em sedimentos de corrente, sendo por isso e devido à sua grande mobilidade em ambiente supergênico indicado como possível farejador desse elemento em áreas semelhantes.

Área do Cerro Mantiqueiras

13. A associação geoquímica das rochas ultrabásicas, verificada em amostras de solos e rochas, está representada pelo Cr, Ni e o Co. A presença de Cu restringe-se aos xistos associados, nos quais aparece também o Cr.

14. O cobre apresentou valores bem mais elevados nos solos formados sobre os xistos (80 e 175 ppm) e também sobre os gnaisses migmatíticos do que nos solos de rochas ultrabásicas (< 25 ppm). Esta diferença de comportamento do cobre é notável nos perfis geoquímicos, com picos sobre os solos de xistos e migmatitos e valores normais de *background* nos solos derivados de ultrabásitos.

15. O cromo aparece destacadamente na área, revelando alguns valores anômalos em sedimentos de corrente, apesar da forte diluição sofrida em razão da maior contribuição das rochas migmatíticas, e extremamente anômalos em solos e rochas.

16. A análise comparativa dos teores de cromo, cobalto e níquel em solos, considerando os altos teores de cromo e os relativos baixos teores de cobalto, estaria a indicar a ausência de minerais sulfetados de níquel nas rochas ultrabásicas (Levinson, 1974). Este comportamento do cromo e do cobalto em solos se repetiu em amostras de rochas, nas quais o níquel revela valores inexpressivos, em geral na faixa de baixo *background*.

17. A utilização de sedimentos de corrente permitiu definir a presença do corpo de rochas ultrabásicas e metamórficas associadas, evidenciando uma notável correspondência entre os padrões geoquímicos dos elementos e as

características litológicas das unidades aflorantes na área. Por outro lado, a maior contribuição das rochas migmatíticas nos sedimentos de corrente, provocando uma forte diluição nos materiais provenientes do corpo ultrabásico, mascarou os resultados geoquímicos e minimizou a dispersão dos elementos de interesse. Em vista disso, recomenda-se que em áreas de corpos básicos e ultrabásicos, de pequena extensão e descontínuos em superfície, seja dispensado o uso de sedimentos de corrente, quando tais corpos já estejam delimitados pelos mapeamentos geológicos, empregando-se na prospecção geoquímica somente a amostragem de solos e/ou rochas.

18. O cromo e o níquel apresentaram comportamentos diferentes em perfis de solos, com possíveis conotações de naturezas genética e estratigráfica relacionadas ao Subgrupo Vacacaí e à Formação Cerro Mantiqueiras. O cromo apresentou valores anômalos sobre as rochas ultrabásicas e xistos associados e valores baixos sobre os migmatitos, caracterizando notavelmente o contato entre esses dois conjuntos litológicos. Este fato também foi constatado por Goñi (1962) que o considerou como prova geoquímica da origem da seqüência metamórfica a partir do complexo ultrabásico. O níquel, diferentemente, revelou valores muito contrastantes na passagem dos ultrabásitos para os xistos associados, evidenciando nitidamente uma quebra geoquímica entre essas rochas.

Área de Pinheiro - Cerro da Árvore

19. A associação geoquímica das mineralizações tungsteno-estaniíferas é Sn, W, Cu e F. A ocorrência plumbozincífera do Cerro do Gancho apresentou teores anômalos de Pb, Zn, Cu, Ag, Cd e Bi, em rochas coletadas nos veios mineralizados.

20. O comportamento do estanho em sedimentos de corrente na fração menor que 80 mesh refletiu com grande fidelidade a abundância e a forma das ocorrências de cassiterita das mineralizações primárias. O grau de dispersão de valores anômalos de estanho, a partir da Mina Sanga Negra, onde a cassiterita aparece em graisens com grande expressão em superfície, é muito acentuado, contrariamente ao que acontece com as mineralizações da Mina Velha, onde a cassiterita ocorre apenas na salbanda graisenizada de finos veios verticalizados de quartzo.

21. A presença de cobre em perfis de solos, caracteristicamente sobre os filões mineralizados a W e Sn, em sedimentos de corrente e, de calcopirita, em concentrados de bateia, nas proximidades das zonas mineralizadas, vem comprovar a associação desse elemento com as mineralizações tungsteno-estaniíferas da área, embora não se tenha constatado macroscopicamente nenhum mineral de cobre nos filões e graisens das minas Velha e Sanga Negra.

22. O flúor apresentou uma dezena de valores anômalos em sedimentos de corrente, a maioria em amostras coletadas nas proximidades da ocorrência conhecida de fluorita de Pinheiro, e os demais em locais diversos, mas todos caracteristicamente em drenagens encaixadas em falhas com notáveis efeitos de brechação.

Área de Campinas - Figueiras

23. A associação geoquímica das mineralizações estaniíferas está representada pelo Sn, F e o B.

24. Os resultados de estanho em sedimentos de corrente

refletiram amplamente todas as ocorrências conhecidas de cassiterita, mesmo em áreas de baixa densidade de amostragem, e evidenciaram o *train* de dispersão desse elemento nos sedimentos de drenagem.

25. O tungstênio não foi detectado em nenhuma das amostras de sedimentos de corrente (provavelmente devido à fraca sensibilidade do método analítico usado), tampouco a wolframita em concentrados de bateia e em trabalhos anteriores de mapeamento e prospecção realizados na área.

26. A análise mineralógica de concentrados de bateia revelou a presença destacada de turmalina em todas as amostras coletadas, da mesma forma, o boro apresentou grande número de valores anômalos e de alto *background* neste material, especialmente nas proximidades das ocorrências de cassiterita.

Área de Palmas

27. A associação geoquímica presente em todos os meios naturais amostrados é Mo, Cu e Au. O F e a Ag aparecem secundariamente em solos e rochas dos veios molibdeno-cupríferos da ocorrência da Fazenda Cerro Verde.

28. O ouro foi detectado por absorção atômica em locais esparsamente distribuídos na área de amostragem, sob influência ou não da mineralização aurífera da Fazenda Cerro Verde, em 36% das amostras de sedimentos de corrente (0,05 - 2,0 ppm), 18% de concentrados de bateia (10 - 50 ppm), 22% de rochas (0,05 - 0,3 ppm) e em 42% de concentrados de bateia analisados mineralogicamente (< 5%).

29. A simples detecção de ouro, prata e molibdênio em sedimentos de corrente pode ser considerada interes-

sante em termos de prospecção. O ouro e a prata pela sua importância econômica e o molibdênio por apresentar em espectrografia de emissão um limite de detecção de 5 ppm, ou seja, 1,4 vezes maior que o *background* (3,5 ppm) estabelecido para esse elemento nesse meio natural.

30. O molibdênio apresentou em sedimentos de corrente uma dispersão anômala de aproximadamente 800 m com uma ampla faixa de variação (10 a 50 ppm), diferentemente do cobre que revelou valores apenas de *background*, variando dentro de uma estreita faixa (20 a 30 ppm). Em vista disso, o molibdênio poderia ser usado com vantagem como indicador de mineralizações molibdeno-cupríferas em áreas semelhantes à de Palmas.

A presente pesquisa possibilitou ainda:

31. A detecção dos seguintes elementos inéditos nas áreas estudadas:

- prata (mais de 30 ppm no perfil 1) em solos sobre os filões cupríferos do Cerro dos Martins;
- cobalto em sedimentos de corrente de áreas de metamorfitos do Subgrupo Vacacaí, em Cerro dos Martins;
- prata (90 ppm), cádmio (500 ppm) e bismuto (200 ppm) em rochas coletadas no veio mineralizado a Pb, Zn e Cu da ocorrência do Cerro do Gancho, ao norte de Pinheiro - Cerro da Árvore;
- boro em concentrados de bateia, com valores anômalos (> 2000 ppm) e de alto *background* (1000 - 2000 ppm), em Campinas - Figueiras;
- prata (0,5 - 50 ppm) em rochas coletadas no veio

mineralizado a Mo, Cu e Au da Fazenda Cerro Verde, em Palmas; e

- estanho, com grande número de valores anômalos (> 700 ppm) e cassiterita, em cerca de 50% das amostras de concentrados, em Palmas.

32. A determinação da provável existência de novas ocorrências, a saber:

- cobre em áreas de metamorfitos do Subgrupo Vacacaí, a NW da área do Cerro dos Martins, indicadas por valores de alto *background* em sedimentos de corrente;
- flúor em diversos locais da área de Pinheiro-Cerro da Árvore, todos em brechas de falhas, indicados por valores anômalos em sedimentos de corrente;
- estanho na porção norte da área de Pinheiro - Cerro da Árvore, indicadas por valores anômalos em concentrados e de alto *background* em sedimentos de corrente;
- berílio na porção sul da área de Pinheiro-Cerro da Árvore, indicadas por valores anômalos em sedimentos de corrente;
- estanho a SW da área de Campinas - Figueiras (amostra 101), indicada por sedimentos de corrente; e
- ouro em litologias do Grupo Porongos, em Palmas, indicadas por sedimentos de corrente, concentrados e rochas.

33. A conclusiva determinação do comportamento geoquímico de alguns elementos com vistas à geologia econômica:

- do estanho na área de Pinheiro - Cerro da Árvore, onde a malha de amostragem de sedimentos de corrente, concentrados e rochas, cobrindo praticamente toda superfície dessa área-teste, possibilitou a indicação quase certamente de todas as ocorrências, conhecidas ou não, desse elemento nesta área;
 - do cobre nas rochas ultrabásicas da área do Cerro Mantiqueiras, cujos teores em amostras de solos e rochas, normais de *background*, não se mostraram animadores com relação às possibilidades dessas litologias abrigarem concentrações significativas desse elemento; e
 - do níquel nas rochas ultrabásicas da área do Cerro Mantiqueiras, cujos valores inexpressivos em amostras de rochas e os resultados comparativos de cromo e cobalto em solos e rochas, estariam a indicar a inexistência de minerais sulfetados desse elemento nas referidas litologias (Levinson, 1974).
34. A indicação de outros elementos a serem pesquisados, não previstos no presente projeto:
- do rubídio, lítio, potássio, sódio (e bário), com vistas ao Projeto Granitos de Encruzilhada do Sul, objetivando a identificação de tipos geoquímicos de granitos, em especial, de variedades potencialmente mineralizadas, através da razão entre esses elementos. Conforme Tauson e Kozlov (1972, in Levinson, 1974), o emprego particularmente das razões Ba/Rb e (Li X 1000)/K pode definir a potencialidade de mineralizações de estanho, flúor, nióbio e elementos traços em rochas graníticas; e
 - dos elementos do grupo da platina em rochas ultra-

básicas, com vistas ao Projeto Cobre nos Corpos Básico-ultrabásicos e Efusivas do Rio Grande do Sul, em razão dos resultados pouco animadores revelados pelos elementos Cu, Ni, Co e Cr nestas litologias, na área do Cerro Mantiqueiras, através dos métodos geoquímicos usados no presente estudo.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRADSHAW, P.M.D. - Research and applied methods in exploration geochemistry aplicable to the residual soil areas of Brasil. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 27, Aracaju, SE, 1973. Soc. Bras. Geol., An., p. 461 - 486.
- BRITTON, H.T.S. - *Hydrogen Ions*. London, Chapman and Hall, 1955. 4 th Edition.
- CANNEY, F.C. & WING, L.A. - Cobalt: useful but neglected in geochemical prospecting. *Economic Geology*, Connecticut, 61: 198 - 203, 1966.
- COX, D.P. et alii - Copper. In: United States Mineral Resources. *U.S. Geol. Survey Prof. Paper*, Washington, 820: 163 - 190, 1973.
- DAVIS, J.C. - *Statistical and data analysis in geology*. New York, John Wiley, 1973, 550p.
- ECKERT, R.M. & FABRICIO, J.A.C. - *Prospecção Final da jazida cuprífera do Cerro dos Martins, RS*. 1º Distrito Dep. Nac. Prod. Min., Relat. Inédito, Porto Alegre, 1970.
- FISCHER, R.P. & FISCHER, F.S. - *Interpreting Pan-concentrate analysis of stream sediments in geochemical exploration for gold*. Geological Survey Circular 592, Washington, 1968. 9p.

FLINTER, B.H. - Tin in acid granitoids: the search for a geochemical scheme of mineral exploration. *Geochemical Exploration*, Canadian Inst. of Mining and Metallurgy, 11: 323 - 30, 1971.

————— et alii - Selected geochemical, mineralogical and petrological features of granitoids of the New England complex, Australia, and their relations to Sn, W, Mo and Au mineralization. *Economic Geology*, Connecticut, 67: 1241 - 62, 1972.

GARRETT, R.G. - The determination of sampling and analytical errors in exploration geochemistry. *Economic Geology*, Connecticut, 64: 568 - 569, 1969. ils.

GOÑI, J.C. - Origine des roches ultrabasiques et serpentineuses du précambrien de Rio Grande do Sul (Brésil). Mode de gisement et minéralisations. Escola de Geologia da UFRGS, 12, Bol., Porto Alegre, 1963. 89p.

HANSULD, J.A. - Behavior of Molybdenum in Secondary Dispersion media. *Mining Engineering*, dez. 1966, 73 - 77.

HAWKES, H.E. & WEBB, J.S. - *Geochemistry in Mineral exploration*. New York, Harper & Row, 1962. 415p.

HORSNAIL, R.F.; NICHOL, I. & WEBB, J.S. - Influence of variations in secondary environment on the metal content of drainage sediments. Colorado School of Mines, Denver, 64: 307 - 22, 1969.

- HUFF, L.C. - Abnormal copper, lead and zinc content of soil near metalliferous veins. *Economic Geology*, Connecticut, 47: 517 - 542, 1952.
- JACKSON, V.N. et alii - *Projeto Aerogeofísico Camaquã, Estado do Rio Grande do Sul*. Convênios DNPM/CPRM/CNEN, Texas Instruments Inc., Relat. Inédito, Porto Alegre, 1973, 22lp., mapas.
- JOST, H. - *Esboço geológico da folha "Cabeceiras do Rio Vacacaí", São Gabriel, RS.*, 16, Escola de Geologia da UFRGS, Bol., Porto Alegre, 1970, 1 mapa.
-
- _____ & WILLWOCK, J.A. - Mineralizações de cobre, molibdênio e ouro das Cabeceiras do Rio Vacacaí, São Gabriel, RS. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 21, Curitiba, PR, 1967, Soc. Bras. Geol., An., p.80 - 102. |s.d.| 1 mapa.
- KOCH, G.S. Jr. & LINK, R.F. - The coefficient of variation - a guide to the sampling of ore deposits. *Economic Geology*, Connecticut. 66: 293 - 301, 1971.
- KRUMBEIN, W.C. & GRAYBILL, F.A. - *An introduction to statistical models in geology*. New York, Mc Graw Hill, 1965, 475p.
- LEINZ, V. & BARBOSA, A.F. - A jazida de cobre "Cerro dos Martins", Caçapava, Rio Grande do Sul - sua geologia, mineralização e prospecção. *Mineração e Metalurgia*, 30, Rio de Janeiro, 1941.

- _____ & PINAGEL, H. - *Estanho e Tungstênio no Rio Grande do Sul, RS, 70, Dep. Nac. Prod. Min., Bol., Rio de Janeiro, 1945, 83p.*
- LEMOS, R.C. et alii - *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, Ministério da Agricultura, 1973, 431p., 1 mapa.*
- LEPELTIER, C. - A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. *Economic Geology, Connecticut, 64: 538 - 50, 1969.*
- LEVINSON, A.A. - *Introduction to exploration geochemistry. Calgary, Applied Publishing, 1974. 612p.*
- MAZZUCHELLI, R.H. - Secondary Geochemical Dispersion Patterns Associated with the Nickel Sulphide Deposits at Kambalda, Western Austrália. *J. Geochem. Exploration, Amsterdam 1: 103 - 116, 1972.*
- MIESCH, A.T. - *Sampling problems in trace element investigations of rocks. Annals of the New York Academy of Sciences, 199: 95 - 104, junho, 1972.*
- MORENO, J.A. - *Clima do Rio Grande do Sul. Seq. Geogr. Secr. Agric., Porto Alegre, 1961, 42p.*
- NICHOL, I.; GARRETT, R.J. & WEBB, J.S. - The role of some statistical and mathematical methods in the interpretational of regional geochemical data. *Economic Geology, Connecticut, 64: 204 - 20, 1969.*

- ; JAMES, L.D. & VIEWING, K.A. - Regional Geochemical Reconnaissance in Sierra Leone. Inst. of Min. Metal., Trans. Sec. B, 75, 146 - 161, 1966.
- PICADA, R.S. - *Estudos preliminares sobre a evolução geoquímica e mineralógica do Maciço Granítico Encruzilhada (R.G.S.)*, 14, Esc. Geol. UFRGS, Porto Alegre, 1967, 87p.
- - Ensaio sobre a tectônica do Escudo Sul-Riograndense. Caracterização dos Sistemas de Falhas. In: "*Congresso Brasileiro de Geologia*", 25, São Paulo, SP, 1971. Soc. Bras. Geol., An., p.167 - 191., mapas.
- & PINTO, P. da S. - *Geologia da Folha de Figueiras, Município de Encruzilhada do Sul, RS*. 1º Distr. Dep. Nac. Prod. Min., Relat. Inédito, Porto Alegre, 1966, 98p., 1 mapa.
- & TESSARI, R.I. - *Geologia da Folha de Pinheiro, Encruzilhada do Sul, R.G.S. (notícia explicativa)*, 15, Esc. Geol. UFRGS, Porto Alegre, 1970, 41p.
- PLANT, J. - Orientation Studies on Stream-sediment sampling for a Regional geochemical survey in northern Scotland. Inst. of Min. Metal., Trans. Sec. B, 80, 324 - 345, 1971.
- RIBEIRO, M.; BOCCHI, P.R.; FIGUEIREDO Fº, P. M. & TESSARI, R.I. - *Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul, RS*, 127, Dep. Nac. Prod. Min., Bol., Rio de Janeiro, 1966, 232p., 1 mapa.

ROBERTSON, J.F. & JOHNSON, R.F. - Cooper Deposits of the Caçapava do Sul - Lavras do Sul Region, State of Rio Grande do Sul. U.S. Geological Survey, *Technical Letter Brasil Investigation BR - 8*, Rio de Janeiro, 1966. 36p.

TAYLOR, S.R. - Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. *Geochim. Cosmochim. Acta*, London, 28: 1273 - 1284, 1964.

TESSARI, R.I. & PICADA, R.S. - *Geologia da Quadrícula de Encruzilhada do Sul, RS*, 124, Dep. Nac. Prod. Min., Bol. Rio de Janeiro, 1966, 147p., 1 mapa.

TUREKIAN, K.K. & WEDEPOHL, K.L. - Distribution of the elements in some major units of the Earth's Crust. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 72: 641 - 664, 1961.

WEDOW, H. Jr. et alii. - Zinc. In United States Mineral Resources. *U.S. Geol. Survey Prof. Paper*, Washington, 820: 697 - 711, 1973.

WILLIG, C.D. et alii - *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Folha Porto Alegre e Folha Lagoa Mirim*. Dep. Nac. Prod. Min., Brasília, 1974, 99p., 2 mapas.