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

PROJETO GEOQUÍMICA NA ÁREA DE CASTRO-PIRAÍ

RELATÓRIO FINAL

GEOQUÍMICA REGIONAL - TEXTO

VOLUME I

Idio Lopes Jr.

Kenichi Yamamoto

Winston Addas

Gilberto José Machado

I96 PHL
SUREMI 012941
2007
885
4 1-5

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
DIRETORIA DA ÁREA DE PESQUISAS
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO

Junho. 1979

PROJETO GEOQUÍMICA
NA ÁREA DE CASTRO PIRAÍ

Chefe do projeto: *Idio Lopes Jr.*

Equipe executora: *Kenichi Yamamoto*
Idio Lopes Jr.

Participação parcial: *Deocleciano Bittencourt Rosa*
Carlos Roberto Zacarias
Gilberto José Machado

Supervisão técnica: *Winston Addas*

Colaboração especial: *Wilson Dias de Pinho Filho*
Antonio Juarez M. Martins

PROJETO GEOQUÍMICA
NA ÁREA DE CASTRO-PIRAÍ

RELATÓRIO FINAL

ÍNDICE DE VOLUMES

VOLUME I

GEOQUÍMICA REGIONAL — RESUMO; ABSTRACT; INTRODUÇÃO; DESCRIÇÃO DA ÁREA; TÉCNICA DE AMOSTRAGEM; PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E TÉCNICAS ANALÍTICAS; INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS; CONCLUSÕES; RECOMENDAÇÕES; BIBLIOGRAFIA.

VOLUME II

GEOQUÍMICA REGIONAL — ANEXOS I A XVII — MAPAS DE LOCALIZAÇÃO DE AMOSTRAGEM; MAPAS DE TEORES; MAPAS DE ANOMALIAS.

VOLUME III

FILL-IN — RESUMO; ABSTRACT; INTRODUÇÃO; ÁREAS SELECIONADAS PARA FILL IN; TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM; PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E TÉCNICAS ANALÍTICAS; INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS; CONCLUSÕES; RECOMENDAÇÕES; BIBLIOGRAFIA; ANEXOS (FICHAS COM OS RESULTADOS OBTIDOS; MAPAS DE LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS SELECIONADAS).

VOLUME IV

ARQUIVO GERAL — GEOQUÍMICA REGIONAL; FILL IN

CPRM

APRESENTAÇÃO

Este volume faz parte do relatório final do Projeto Geoquímica na Área de Castro-Piraí, executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), através de convênio, para o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), e diz respeito as pesquisas geoquímicas levadas a efeito na fase regional.

Nele estão contidos os estudos prospectivos dos elementos alvos em sedimentos de corrente *in natura* e fração pesada, relacionados a cobertura pedológica e ao *bedrock*. Possui além do texto, 25 tabelas, 21 figuras e 33 fotografias. Os mapas de localização de amostragem, de teores e de anomalias que estão aqui mencionados, encontram-se no volume II constituindo os anexos de I a XVII.

Os dados referentes a etapa subsequente, *fill in*, encontram-se no volume III, enquanto que o arquivo geral, contendo todos os parâmetros analíticos e descritivos de campo, acham-se no volume IV.

SUMÁRIO

1 - RESUMO 1

2 - ABSTRACT 2

3 - INTRODUÇÃO 3

3.1 - Histórico 3

3.2 - Objetivos do trabalho 4

3.3 - Localização e acesso 5

3.4 - Trabalhos anteriores 8

4 - DESCRIÇÃO DA ÁREA 9

4.1 - Clima 9

4.2 - Vegetação 9

4.3 - Hidrografia 11

4.4 - Geomorfologia 13

4.4.1 - Primeiro Planalto Paranaense 13

4.4.2 - Segundo Planalto Paranaense 16

4.5 - Solos 16

4.5.1 - Considerações iniciais 16

4.5.2 - Critérios descritivos 17

4.5.3 - Sumário da cobertura pedológica 19

4.5.3.1 - Afloramento de rocha - AF .. 19

4.5.3.2 - Solos hidromórficos - HID .. 19

4.5.3.3 - Latossol vermelho amarelado - LVA 28

4.5.3.4 - Litólicos - LIT e Podzólicos vermelho - PV 28

4.5.3.5 - Lateritos 45

4.6 - Geologia Regional 45

4.6.1 - Estratigrafia 49

4.6.1.1 - Grupo Açungui 49

4.6.1.2 - Rochas graníticas 53

4.6.1.3 - Grupo Castro 54

4.6.1.4 - Grupo Campos Gerais 56

4.6.1.5 - Grupo Tubarão 59
4.6.1.6 - Intrusivas básicas 61
4.6.1.7 - Depósitos aluvionares 61
4.6.2 - Tectônica 62
4.6.3 - Recursos minerais 62
5 - TÉCNICA DE AMOSTRAGEM 64
5.1 - Considerações iniciais 64
5.2 - Registro dos dados de campo 64
5.3 - Planejamento da amostragem 64
5.4 - Desenvolvimento da amostragem 68
5.5 - Estudo da variância de amostragem 71
6 - PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E TÉCNICAS ANALÍTICAS 74
6.1 - Considerações gerais 74
6.2 - Preparação das amostras 74
6.3 - Espectrofotometria de absorção atômica 74
6.4 - Espectrografia de emissão 75
6.5 - Colorimetria 76
6.6 - Análise mineralógica qualitativa 76
6.7 - Avaliação da qualidade das análises de Cu, Pb, Zn, Ni e Co por AA 76
6.8 - Precisão dos resultados analíticos 77
7 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS 82
7.1 - Considerações gerais 82
7.2 - Critérios para interpretação 82
7.2.1 - Populações alvos 82
7.2.2 - Processamento eletrônico 83
7.2.3 - Programas de aplicação utilizados ... 84
7.2.3.1 - Sumário das estatísticas e teste de distribuição 84
7.2.3.2 - Matriz de correlação simples 86
7.3 - Apresentação gráfica 87
7.4 - Sedimento de corrente 88
7.4.1 - Considerações preliminares 88

7.4.2 - Cobre 89

7.4.2.1 - Parâmetros estatísticos ... 89

7.4.2.2 - Associação com outros elementos 96

7.4.2.3 - Distribuição dos teores de cobre na área 99

7.4.2.4 - Anomalias 100

7.4.3 - Chumbo 104

7.4.3.1 - Parâmetros estatísticos ... 104

7.4.3.2 - Associação com outros elementos 111

7.4.3.3 - Distribuição dos teores de chumbo na área 111

7.4.3.4 - Anomalias 114

7.4.4 - Zinco 117

7.4.4.1 - Parâmetros estatísticos ... 117

7.4.4.2 - Associação com outros elementos 124

7.4.4.3 - Distribuição dos teores de zinco na área 126

7.4.4.4 - Anomalias 128

7.4.5 - Cobalto 130

7.4.5.1 - Parâmetros estatísticos ... 130

7.4.5.2 - Associação com outros elementos 134

7.4.5.3 - Distribuição dos teores de cobalto na área 138

7.4.5.4 - Anomalias 140

7.4.6 - Níquel 142

7.4.6.1 - Parâmetros estatísticos ... 142

7.4.6.2 - Associação com outros elementos 146

7.4.6.3 - Distribuição dos teores de

níquel na área 150
7.4.6.4 - Anomalias 152
7.4.7 - Arsênio 154
7.4.7.1 - Parâmetros estatísticos ... 154
7.4.7.2 - Associação com outros elementos 158
7.4.7.3 - Distribuição dos teores de arsênio na área 158
7.4.7.4 - Anomalias 162
7.4.8 - Molibdênio 165
7.4.8.1 - Considerações preliminares 165
7.4.8.2 - Anomalias 168
7.5 - Concentrado de bateia 170
7.5.1 - Considerações gerais 170
7.5.2 - Ferro 171
7.5.3 - Magnésio 171
7.5.4 - Cálcio 171
7.5.5 - Manganês 173
7.5.6 - Boro 173
7.5.7 - Bário 174
7.5.8 - Cobalto 174
7.5.9 - Cromo 174
7.5.10 - Cobre 175
7.5.11 - Lantânio 175
7.5.12 - Molibdênio 176
7.5.13 - Nióbio 176
7.5.14 - Níquel 177
7.5.15 - Chumbo 177
7.5.16 - Escândio 177
7.5.17 - Estanho 178
7.5.18 - Vanádio 178
7.5.19 - Ytrio 179
7.5.20 - Zinco 179
7.5.21 - Zircônio 179

7.5.22 - Ouro 180
7.5.23 - Análise mineralógica qualitativa ... 180
7.5.24 - Discussão dos resultados de concentrado de batela e análises mineralógicas 182
8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 185
9 - BIBLIOGRAFIA 188

1 - RESUMO

A Geoquímica Regional constou da coleta de 700 amostras de sedimento de corrente e 49 de concentrado de bateia, cobrindo uma superfície de 4.213 km^2. Foram analisadas 1445 amostras das quais, 696 pertenciam ao Projeto Castro-Piraí do Sul, executado pela CPRM em 1971, através de convênio com a CNEN. Com isso, a densidade média obtida foi da ordem de 1 amostra/2,91 km^2.

As amostras de sedimento de corrente foram analisadas para Cu, Pb, Zn, Co, Ni e Mo por espectrofotometria de absorção atômica e para As por colorimetria. Nas de concentrado de bateia, as análises foram para 30 elementos por espectrografia de emissão.

Obtidos os resultados analíticos e distribuidos segundo populações alvos previamente definidas, procedeu-se o tratamento estatístico por computação eletrônica. A partir daí, para cada elemento foi realizada uma análise dos parâmetros estatísticos resultantes, comentada a distribuição do mesmo na área e interpretadas as anomalias detectadas.

Os resultados mais promissores, em função de mineralizações sulfetadas, conseguidos na fase regional, foram de Pb e Zn em rochas vulcânicas intermediárias, predominantemente andesíticas. Também foram detectados *trends* anômalos de As que confirmaram, através dos resultados dos concentrados de bateia, ainda que fracamente, a presença de Au na área do projeto.

2 - ABSTRACT

The regional geochemistry covered an area of 4.213 km^2, were 700 samples of stream sediments and 49 of pan concentrates were collected. Other 696 samples collected in 1971 by Projeto Castro-Piraí do Sul (Agreement CPRM - CNEN) were analised, giving an average of 1 sample/2,91 km^2 for the 1445 samples.

The stream sediment samples were analised for Cu, Pb, Zn, Co, Ni and Mo by atomic absortion spectrophotometry and for As by colorimetry. The pan concentrates were analised for 30 elements by emission espectrography.

Statistical treatment using a computer of analytical results was done after the definition of the target populations. For each element was made an analysis of statistical parameters, distribution and interpretation of the detected anomalies.

The more prospective results, regarding sulphide mineralizations obtained on the regional work, were for Pb and Zn on volcanic rocks, mainly andesitic. Also anomalous trends for As were detected, which confirmed, through the results of pan concentrates, the presence of Au on the project area, although very discrete.

3 - INTRODUÇÃO

3.1 - Histórico

Baseado no estudo de viabilidade econômica das áreas de Castro, Guaratubinha, Pien e Campo Alegre, realizado, em 1976, pelos geólogos Winston Addas (CPRM) e Clóvis Celestino de Sá (DNPM), além da semelhança geológica com outras áreas comprovadamente mineralizadas, no Brasil (Grupo Bom Jardim - Escudo Sul Riograndense) e no exterior (Kuroko no Japão, Mac Arthur River na Austrália, etc.), foi aprovado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), a execução do presente projeto.

O início operacional deu-se em 01.06.77 com a etapa de estudos preliminares que constou das seguintes atividades: preparação de bases-fotográficas e cartográficas, revisão e análise bibliográfica, computação e interpretação de 896 amostras de sedimento de corrente das quais 696 coletadas pelo antigo Projeto Castro-Piraí do Sul, executado pela CPRM em convênio com a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Também fez parte desta fase, um período de campo (1 mês - 200 amostras coletadas), adicional a programação original. Tal procedimento, tornou-se imperativo no momento em que se constatou o extravio de 304 amostras (todas em áreas do Grupo Castro) pertencentes àquele antigo projeto. Os geólogos Kenichi Yamamoto, Deocleciano Bittencourt Rosa e o técnico de mineração Carlos Roberto Zacarias participaram, o primeiro totalmente, e os demais parcialmente, desta etapa.

Seguiu-se a geoquímica regional com planejamento e trabalho de campo, análise das amostras coletadas, computação dos dados, análise estatística e interpretação, finalizando com a reavaliação e seleção de áreas. As coletas de campo, iniciadas a 01.12.77 e encerrados a 19.03.78, ficaram a cargo dos geólogos Idio Lopes Jr. e Kenichi Yamamoto. As amostras foram preparadas (secagem e peneiramento) na SUREG/SP, pela SECLAB, sob responsabilidade do geólogo Nelson de Almei

da Fernandes e analisadas no LAMIN, Secção de métodos rápidos, pelos técnicos Cecile Starck Mayer, Célia Maria Tinoco Aride, Ivonete Pedroso Arraes, Marisa Damasceno Raposo e Gerda Pierre Marques de Gouvêa. Na seção de espectrografia de emissão os analistas foram: Gloria Berenice C.T.C. Brazão da Silva, Elisabeth de Barros B. Winter e Maria Lucia de Miranda Lemos. Os geólogos Maria Auxiliadora T. Belo e José Kopiler da secção de sedimentologia encarregaram-se das análises mineralógicas qualitativas.

O *fill in* de anomalias, terceira e última etapa foi iniciada em 01.10.78 com os trabalhos de campo, tendo a frente os geólogos Idio Lopes Jr. e Kenichi Yamamoto. Após a análise das amostras coletadas e da computação, integração e interpretação final dos dados, executou-se a redação deste relatório. As amostras desta fase foram secadas e peneiradas no laboratório de preparação de amostras da SUREG/SP, sob a responsabilidade do auxiliar José Francisco de Paula. No LAMIN, onde foram analisadas, participaram os mesmos técnicos que analisaram as amostras da geoquímica regional.

A implantação dos dados de campo e analíticos, bem como a criação do arquivo geral do projeto, foi realizada no SEPRO e estiveram a cargo dos técnicos da DIGEOQ. O processamento eletrônico e a aplicação dos programas da SEAG (Sistema Estatístico de Amostragem Geoquímica) foram realizados pelos geólogos Gilberto José Machado e José Miguel de Trindade Gomes Galvão.

As interpretações dos dados geoquímicos, da fase regional e do *fill in*, foram levadas a efeito pelos geólogos Idio Lopes Jr. e Kenichi Yamamoto supervisionados pelo geólogo geoquímico Winston Addas, Chefe da SECQUI/SP.

3.2 - Objetivos do trabalho

Verificar a potencialidade da sequência vulcanoclástica do Grupo Castro, em conter mineralizações de sulfetos. Os principais elementos visados foram: ouro, cobre, chum

bo, zinco, cobalto e molibdênio. Além das vulcânicas e sedimentos molássicos a elas associados, rochas sedimentares da Bacia do Paraná, rochas graníticas e metassedimentos do Grupo Açungui que figuram na área do projeto constituiram outro enfoque, já que essas populações eram passíveis de conter outros tipos de mineralizações.

3.3 - Localização e acesso

A região do presente estudo está situada no Estado do Paraná, compreendida entre os paralelos 24°15' e 25° 00' de latitude sul e os meridianos 49°45' e 50°15' de longitude oeste de Greenwich, englobando a quase totalidade dos municípios de Castro e Piraí do Sul, além de pequena parte dos de Arapoti, Jaguariaíva, Ponte Grossa e Sengés (figura 1).

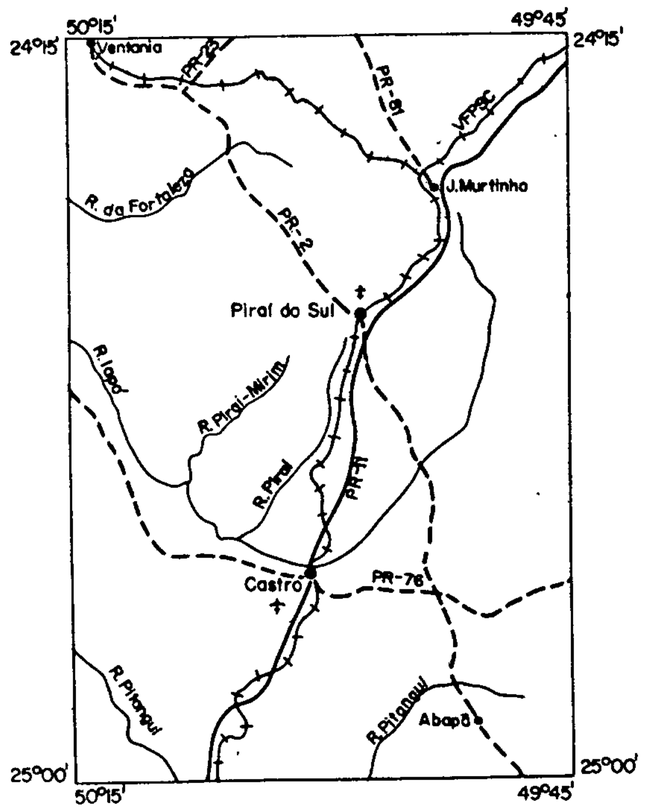
Abrange uma superfície aproximada de 4.213 km^2, correspondente a seis quadrículas de 15' x 15' (escala 1:50.000), cuja distribuição e denominação estão expressas na figura2.

A principal via de acesso é a rodovia PR-11, cortando a área em direção nordeste-sudoeste e passando por Castro, Piraí do Sul e Joaquim Murtinho. É a única estrada pavimentada.

Os demais meios de circulação terrestre estão representados por estradas de terra, geralmente ligando municípios, e entre estas as mais importantes referem-se a: Ventania - Piraí do Sul - Abapã (PR-2), Joaquim Murtinho - Arapoti (PR-81), Arapoti - PR-2 (PR-23) e Tibagi - Castro - Socavão (PR-76).

O tráfego ferroviário é efetuado pela Viação Férrea Paraná - Santa Catarina, servindo as localidades de Castro, Piraí do Sul, Joaquim Murtinho e Ventania.

Apenas as cidades de Castro e Piraí do Sul são providas de aeródromos, utilizáveis somente por aviões de pequeno porte.



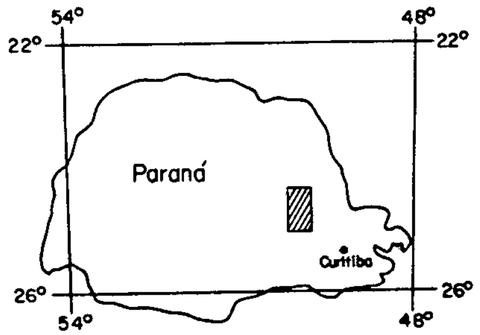
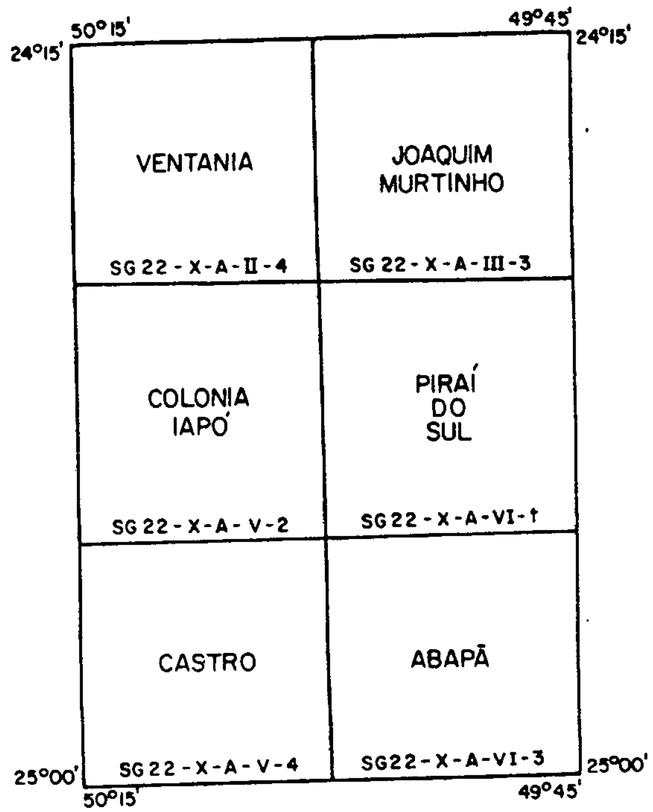


Figura 1 – Mapa de localização da área do projeto



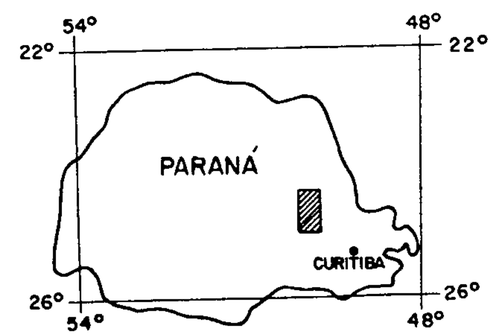


Figura 2-Articulação das quadrículas de 15'x 15' (escala 1:50.000) da área do projeto

3.4 - Trabalhos anteriores

Entre as diversas publicações que versam a respeito da geologia da área da presente investigação, apenas duas são especificamente de cunho geoquímico e pertencem a W. D. de Pinho Filho e A. J. M. Martins (inédito), e a W. Addas e C. C. de Sá (inédito).

Aqueles autores expõem os estudos de uma prospecção geoquímica em sedimento de corrente, acompanhada de medições cintilométricas, visando selecionar áreas mais favoráveis às mineralizações de urânio. Em conclusão, apresentam o comportamento radiométrico das diversas litologias encontradas na região, bem como assinalam as anomalias radiométricas, sendo duas detectadas em rochas graníticas e uma no filito grafitoso do Grupo Açungui.

Por sua vez, W. Addas e C.C. de Sá apresentam os resultados do reconhecimento geoquímico preliminar nas regiões de Castro, Guaratubinha, Pien e Campo Alegre, através de amostragem de sedimento de corrente, solos e rochas. Diversos parâmetros estatísticos de comportamento geoquímico são estabelecidos, bem como definidas as anomalias geoquímicas.

Por fim, os autores recomendam para a região, uma prospecção geoquímica de maior detalhe, em função dos resultados obtidos e do fato de que tais áreas apresentam características geológicas semelhantes ao Grupo Bom Jardim ocorrente no Escudo Sul Riograndense, cuja formação Arroio dos Nobres é portadora, muitas vezes, de mineralizações cupríferas.

4 - DESCRIÇÃO DA ÁREA

4.1 - Clima

O clima da área em questão, segundo a classificação fornecida por E. Nimer (1977), está inserida no domínio mesotérmico, brando, superúmido e sem seca. Este tipo climático é caracterizado por um inverno muito sensível, possuindo um mês com temperatura média inferior a 15°C. Todavia em razão das variações de latitude e de altitude, principalmente deste último fator, existem grandes diferenciações no que se relaciona a temperatura, quer no verão quer no inverno.

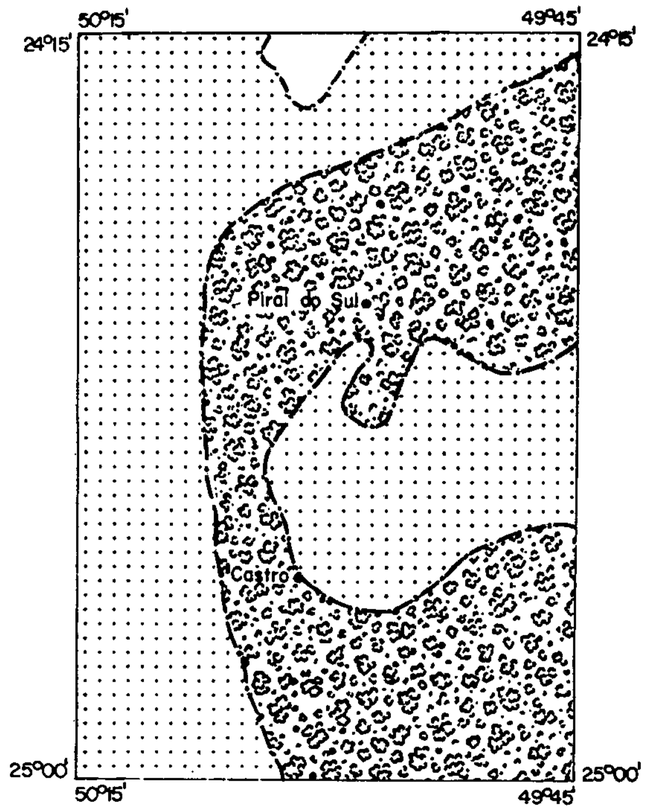
A temperatura média anual da região, situa-se entre 14 e 18°C, com a média térmica do mês mais frio variando de 10 a 15°C, enquanto a do mês mais quente de 20 a 22°C.

Trata-se de uma região bem regada por chuvas, sendo que na cidade de Castro a altura média da precipitação anual é da ordem de 1414 mm. A concentração máxima de precipitação em três meses consecutivos é verificada durante o verão, correspondente aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. De abril a setembro diminui consideravelmente o volume de chuvas, sendo que os três meses menos chuvosos são abril, julho e agosto.

4.2 - Vegetação

Fitofisionômicamente, a área pode ser caracterizada, principalmente, por duas regiões com aspectos bem distintos (figura 3). A primeira, corresponde ao domínio das rochas sedimentares da Bacia do Paraná, e a segunda ao das que compõem a geologia restante. A escarpa devoniana serve como limite geográfico entre elas.

Nos sedimentos paleozóicos e em boa parte do granito Cunhaporanga, ocorrem os campos limpos, capões e matas de galeria ao longo dos rios. Constituem na região, um aspecto singular, caracterizando-se por extensas áreas de gramineas baixas, desprovida de arbustos. Os capões estão locali



campo limpo

mata secundária

cerrado

Figura 3 - Mapa de vegetação

CPRM

zados em torno das nascentes e as árvores e arbustos crescem ao longo dos rios e córregos, formando as pseudo matas de galeria.

Variações de campo sujo, degradado ou não, a campo cerrado, ocorre em menor escala, notadamente nas zonas em que predominam as rochas do Sub-Grupo Itararé.

O outro tipo de grandes proporções é a mata secundária, assim chamada por substituir a floresta primitiva. Neste tipo de mata, distinguem-se espécies vegetais como: paineiras, pau-marfim, pinheiro bravo, guabiroba, caviúna, jacarandá e vários tipos de canela. A vegetação rasteira é composta por arbustos e ervas. Não se poderia deixar de registrar, a devastação que vem sendo realizada pelo homem, nos últimos anos, desfigurando e reduzindo de forma acelerada, as áreas pertencentes a este tipo de mata.

Por outro lado, predominantemente na região do granito Cunhaporanga, é notável o desenvolvimento da agricultura no que se refere ao plantio de trigo, soja, cenoura e batata.

4.3 - Hidrografia

A área em pesquisa, no âmbito regional, é drenada por duas bacias hidrográficas, sendo a primeira do rio Paranapanema e a segunda do rio Ribeira, compreendendo respectivamente 90% e 10% da superfície total. O divisor de águas destas bacias é a serra de Paranapiacaba.

A bacia hidrográfica do rio Paranapanema, faz-se representar pelos seus afluentes, rios Laranjinha ou do Peixe e das Cinzas; pelos rios da Barra e Capivari, afluentes do rio Jaguariaíva, e também pelos rios Pitangui e Iapó, afluentes do Tibaji. Os dois primeiros drenam a a porção norte da área, fluindo respectivamente nos sentidos sul-norte e sudeste-noroeste. O rio das Cinzas nasce na serra das Furnas e tem por tributários os rios Arrozal, Redomona, da Carreira e das Perdizes.

Os rios da Barra e Capivari também tem as nascentes na serra das Furnas, de onde seguem para nordeste, indo de encontro ao rio Jaguariaíva (este fora da área estudada).

O rio Pitangui, nasce no morro do Mastro e segue em sentido nordeste-sudoeste, passando nas proximidades de Abapã, infletindo para sudeste-noroeste, já fora dos limites do projeto, na falda meridional da serra São Joaquim, a nordeste de Ponta Grossa. É o coletor de água dos rios São João e Jotuba, pela margem direita.

O rio Iapó, cuja cabeceira encontra-se na serra das Furnas, drena a maior parte da área do projeto, fluindo inicialmente na direção nordeste-sudoeste, desvia-se a norte da cidade de Castro, pelas faldas setentrionais das serras São Joaquim e de Campos Gerais, para sudeste - noroeste. Aspecto notável deste rio é a sua extensa planície aluvionar, principalmente no trecho de ocorrência de rochas graníticas. Seus afluentes principais são os rios do Tigre, do Anselmo, Tucum, Taquara e Maracanã, pela margem esquerda, o Piraí, Piraí-Mirim e Fortaleza, pela margem direita.

Os afluentes da margem direita do Iapó, salientam-se dentro do sítio do projeto pela sua importância na fisiografia da área, assim como na dispersão clasto-química dos elementos traços dos minerais de rocha, ou então concentrados nos vulcanitos e clastitos da bacia intermontana agora dissecada.

É notável a influência tectogeológica na disposição destas drenagens, sendo comum a observação de muitos desses cursos d'água em diques de rochas básicas, intrusivas na sequência vulcano-clástica a partir do Arqueamento Ponta Grossa. Exemplos típicos são os rios Piraí-Mirim e Piraí, visivelmente orientados por falhamentos regionais de direção NE e seus tributários distribuidos, quase que perpendicularmente, para NW, acompanhando ou encaixados nas intrusivas.

A disposição dos cursos de água de todos estes rios pertencentes ao alto Paranapanema é predominantemente do ti

po dendrítico, às vezes, disposto dicotomicamente. Exemplo deste padrão de drenagem é apresentado pelos tributários do rio da Barra, em região de rochas graníticas, a sudeste de Piraí do Sul.

Alguns rios com cursos encaixados em zonas de falhas, diaclasamentos, soleiras e diques de rochas básicas e intermediárias, formam uma rede de drenagem retangular. Exemplo deste padrão é notadamente exposto pelos afluentes da margem esquerda do rio Fortaleza, a noroeste de Piraí do Sul.

A bacia hidrográfica do rio Ribeira, compreende os rios Queimado, das Areias, do Morcego e do Palmito, todos tributários da margem esquerda do alto Ribeira. Estão situados na porção sudeste da área, fluindo na direção noroeste-sudeste, quase que paralelamente, possuindo suas cabeceiras no espigão composto pela serra Boa Vistinha e pelos morros do Amola Faca e do Mastro.

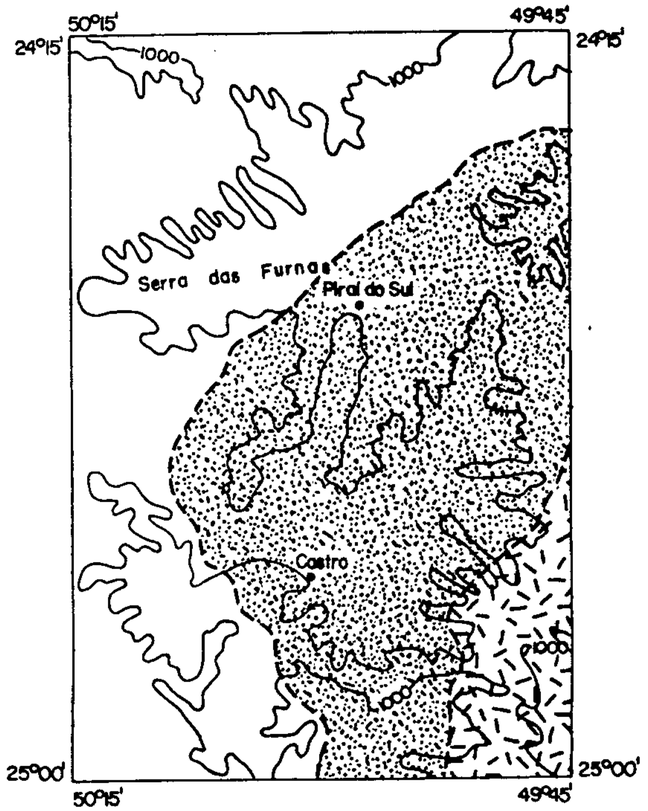
Todos estes rios mostram também um padrão de drenagem do tipo dendrítico. Seus cursos apresentam forte gradiente hidráulico, motivando restritos e descontínuos depósitos aluvionares em suas margens.

4.4 - Geomorfologia

Na região de Castro-Piraí do Sul, estão presentes duas compartimentações fisiográficas claramente distintas. Separados pela escarpa devoniana, acham-se o Primeiro e o Segundo Planalto Paranaense. Aquele, representado por rochas graníticas, metasedimentares e vulcano-sedimentares e este pelos sedimentos paleozóicos da Bacia do Paraná (figura 4).

4.4.1 - Primeiro Planalto Paranaense

O Primeiro Planalto Paranaense, refere-se a uma extensa zona de eversão escavada entre a serra do Mar e a escarpa formada, a oeste, pelos sedimentos da Bacia do Paraná (R. A. Fuck et alii, 1969). Compreende 55% da totalidade da área estudada e está decomposta em duas compartimentações me



Primeiro Planalto Paranaense:

Subzona do Alto Paranapanema

Subzona do Vale do Ribeira

Segundo Planalto Paranaense

Segundo Planalto Paranaense:

Figura 4-Mapa geomorfológico

nores: a Subzona do Vale do Ribeira e a Subzona do Alto Paranapanema, limitadas pelo divisor de águas entre as bacias hidrográficas do Ribeira e do Paranapanema.

A Subzona do Vale do Ribeira, corresponde a região situada entre as serras de Paranapiacaba e do Mar, apresentando um relevo bastante movimentado, cujas altitudes variam entre 400 a 1.400 metros. É percorrida pelos rios do Morcego, do Palmito, Queimado e das Areias, todos afluentes da margem esquerda do alto Ribeira, através de vales preferencialmente estreitos e profundos, com restritos depósitos aluvionares.

Nesta faixa, afloram os metamorfitos do Grupo Açungui e o granito Três Córregos, havendo distinções no modelado em função destas rochas. As rochas metamórficas, condicionam uma topografia alinhada segundo NE-SW, com as maiores elevações sustentadas por quartzitos compondo espigões finos e alongados, ou então por metassedimentos com cimos de forma arredondada. As elevações menores, estão formadas por rochas calcárias apresentando um relevo cárstico, onde são características as dolinas e os sumidouros. Já os granitos compõem uma morraria mais isótropa.

A Subzona do Alto Paranapanema é a feição geomórfica que abrange uma estreita faixa situada entre a serra de Paranapiacaba e a escarpa do arenito Furnas. É um planalto onde as altitudes oscilam entre 950 a 1.300 metros, sendo drenado pelos rios Iapó, Pitangui, alguns afluentes do rio da Barra, todos subtributários do alto Paranapanema.

Neste modelado, predominam as rochas graníticas, as variedades vulcano-sedimentar do Grupo Castro e, subordinadamente, quartzitos e migmatitos, conferindo um relevo pouco variável e bastante arrasado, excetuando-se a serra das Pedras que se salienta, estruturada segundo NNE-SSW. A região de ocorrência de rochas graníticas exibe uma topografia extremamente arrasada, constituída de colinas extensas e baixas, e de vales amplos, assimétricos e normalmente atu-

lhados de sedimentos recentes. Já o relevo desenvolvido em rochas do Grupo Castro, tende a ser apenas colinoso e as planícies de aluvião são raras.

4.4.2 - Segundo Planalto Paranaense

O Segundo Planalto Paranaense, corresponde a feição geomorfológica esculpida em sedimentos paleozóicos. É drenado principalmente pelos rios Iapó, Pitangui, Fortaleza, Capivari, das Cinzas e do Peixe, todos sub-afluentes do Alto Paranapanema. As maiores altitudes são mantidas pelo arenito Furnas, atingindo cotas de até 1.250 metros, ao longo da serra das Furnas. Esta é, indubitavelmente, a porção do modelado mais típica geomorfologicamente, apresentando um relevo de colinas amplamente suavizadas e de chapadas aplainadas, como feições mais típicas.

Algumas feições são características regionalmente, principalmente nas rochas do Grupo Tubarão que ressaltam-se dos folhelhos Ponta Grossa, os quais lhes são sotopostos, ocasionando uma pequena escarpa e alguns morros típicos.

Outros tipos de feições, referem-se a inúmeras fraturas de direção noroeste, originadas do tectonismo mesozóico e, em sua maioria, preenchidas por diques de natureza básica e semi-básica, nas quais muitos rios encaixaram os seus cursos.

4.5 - Solos

4.5.1 - Considerações iniciais

A inexistência de publicações de caráter pedológico, na área do projeto, tornou obrigatório um estudo *in loco* dos solos ali existentes. Essa pesquisa rápida e superficial, visou exclusivamente uma melhor compreensão desses materiais e suas implicações na prospecção geoquímica desenvolvida. Sem pretender entretanto, substituir trabalhos de especialistas em pedologia ou edafólogos que venham executar

serviços nessa região.

O levantamento foi fundamentado em bases quase que puramente geológicas, partindo-se de perfis bem representativos executados nas principais sequências estratigráficas.

O clima exerce forte influência no desenvolvimento de um solo, mas ela é praticamente homogênea dentro dos limites do projeto, pois, a amplitude das latitudes norte e sul é muito pequena, sendo de apenas 45'. Além disso, são pequenas as variações de altitude, com a maior diferença de cota não chegando atingir 300 m. Assim sendo, a atuação do clima na pedogênese da área em questão é muito constante, ficando com os diferentes litotipos e a modelagem do relevo, a responsabilidade pelas variações pedológicas encontradas.

O solo residual é um arquivo superficial dos elementos químicos do substrato rochoso, sendo uma das principais fontes de elementos traços para as aluviões, principal população amostral desta pesquisa.

4.5.2 - Critérios descritivos

Os principais critérios adotados na descrição dos perfis de solo, foram os seguintes:

a) Delimitação dos horizontes - sob a ação de um conjunto de fenômenos biológicos, físicos e químicos, o solo começa a formar-se, organizando-se em camadas de aspecto e constituição diferentes, aproximadamente paralelas à superfície, que são denominadas horizontes. Na delimitação dos horizontes, foram observadas as seguintes características: diferenças de cor, textura, estrutura e consistência.

b) Classificação dos horizontes - a luz dos dados de campo, tentou-se enquadrar as camadas delimitadas, dentro dos *horizontes principais* convencionalmente identificados pelas letras maiúsculas A, B e C. Esses horizontes por sua vez, foram subdivididos em subhorizontes designados por índices numéricos acompanhados das letras do horizonte principal (A_o,

A_1, B_2, etc).

O horizonte A é a camada mineral mais próxima da superfície. Sua característica principal é o acúmulo de matéria orgânica em decomposição, parcialmente humificada e/ou lixiviada com os materiais sólidos translocados para o horizonte B subjacente. Subdividiu-se o horizonte A nos seguintes subhorizontes: A_o- restos de vegetais; A_1- mistura de material orgânico e mineral; A_2- subhorizonte lixiviado apresentando máxima perda por eluviação de argilas, ferro ou alumínio; A_3(ou AB)- transição mais parecida com A do que com B.

O horizonte B, situado abaixo do A, é definido como aquele que apresenta máximo desenvolvimento de cor e estrutura, além de ser identificado como o horizonte de iluviação e por isso mesmo, o mais rico em argilas e informações geoquímicas. O horizonte B foi subdividido nos seguintes subhorizontes: B_1- transição mais parecida com B do que com A; B_2- máxima expressão de cor e estrutura, havendo aqui a maior concentração em argila e óxidos de ferro migrados de A; BC - subhorizonte de transição entre o B_2 e C com características de pedogênese ao lado de produtos de alteração do substrato rochoso.

A camada de transição que corresponde a parte do regolito pouco alterado, pelos processos de formação do solo, foi denominada de horizonte C. Compõem-se basicamente de rocha alterada que guarda características da rocha sã, ponto de partida de todo o processo pedogenético.

c) Locais escolhidos para descrição - os perfis do solo, foram descritos em cortes de estradas e selecionados segundo a sequência estratigráfica: 1- tufo vulcânico do Grupo Castro; 2- andesito do Grupo Castro; 3- riodacito do Grupo Castro; 4- andesito do Grupo Castro; 5- arenito Furnas do Grupo Campos Gerais; 6- granito Serra do Carambeí; 7- folhelhos sílticos-argilosos do Grupo Castro; 8-riolito do Grupo Castro; 9- andesito do Grupo Castro; 10- conglomerado do Gru

po Castro; 11- sill de diabásio do Grupo São Bento; 12- Complexo Granítico Cunhaporanga; 13- ritmitos molassóides do Grupo Castro; 14- riolitos do Grupo Castro.

4.5.3 - Sumário da cobertura pedológica

A figura 5 mostra os grandes grupos de solo delineados na área em apreço.

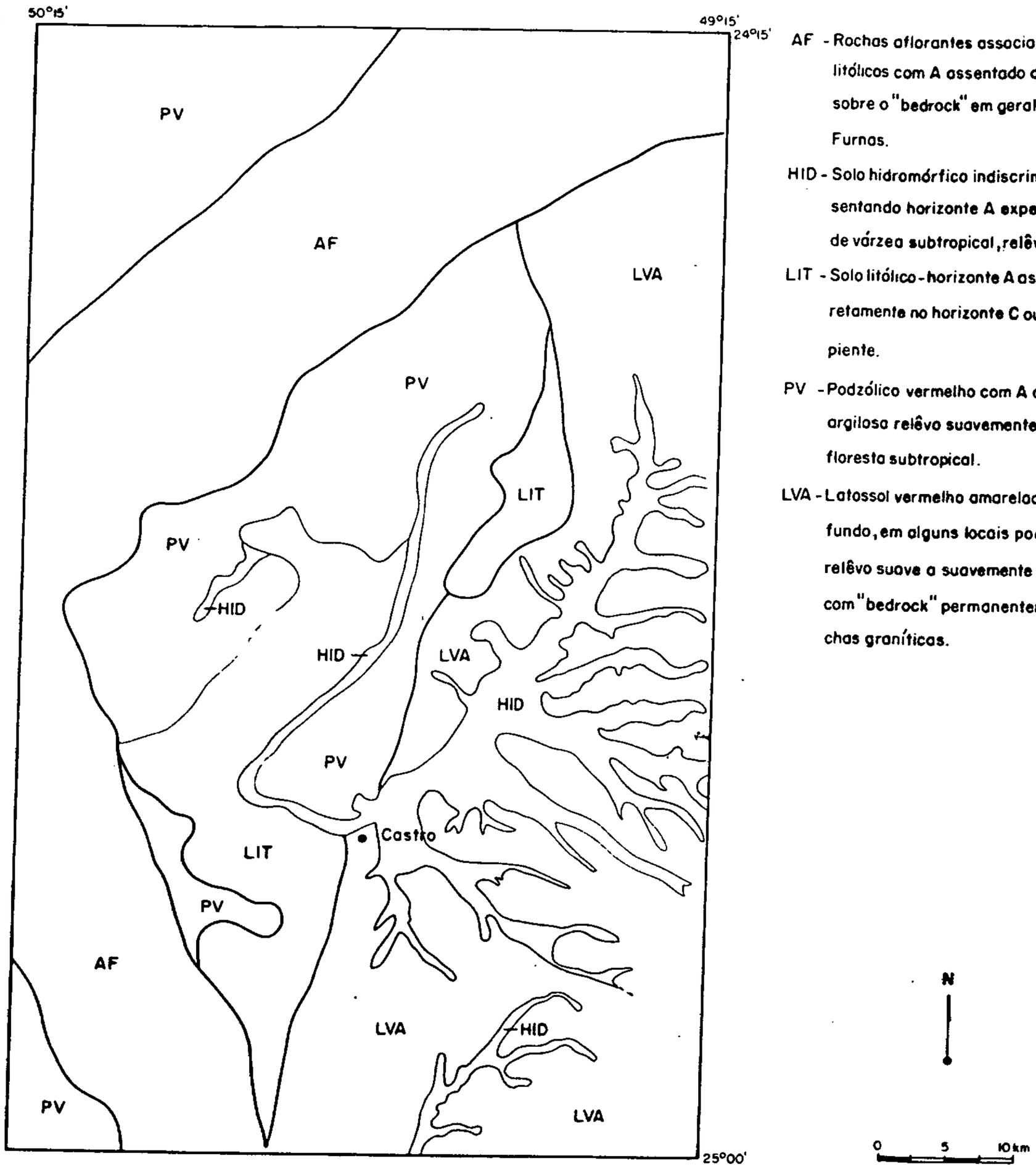
4.5.3.1 - Afloramentos de rochas - AF

Cerca de 30% da área não apresenta cobertura de solo, a não ser tênue camada de material orgânico assentada diretamente sobre a rocha alterada. Esta área, identificada por AF, apresenta exposições de rochas ou então reduzidas porções de materiais grosseiros não classificáveis especificamente como solo, formadas por delgadas acumulações de material arenoso, inconsolidado, oriundos da desagregação das rochas locais. Ocorrem tanto em áreas da Formação Furnas como em outras, mais acidentadas, onde as forças erosivas impedem a acumulação dos produtos de intemperismo.

4.5.3.2 - Solos hidromórficos - HID

O relevo peneplanizado propicia a elevação do lençol freático, fazendo com que extensas regiões permaneçam, a maior parte do tempo, saturadas de água. A figura 5, apresenta esse grupo de solos sem individualizações dos tipos mais frequentes, tais como: glei húmico, glei pouco húmico, planassolo, etc. Em geral, os solos que se enquadram dentro deste grupo, são aqueles hidromórficos minerais, associados aos hidromórficos orgânicos. Possuem em comum, além de camada superficial com espessura entre 40 e 60 cm, uma quantidade de matéria orgânica superior a 20%. São solos característicamente escuros, quase negros, bastante fofos e porosos.

São comumente encontrados sobre o Complexo Granítico Cunhaporanga acompanhando o rio Iapó e tributários. Estima-se em 8% a cobertura desses solos, na área total do pro



AF - Rochas aflorantes associadas a solos litólicos com A assentado diretamente sobre o "bedrock" em geral do arenito Furnas.

HID - Solo hidromórfico indiscriminado apresentando horizonte A expesso, campo de várzea subtropical, relêvo plano.

LIT - Solo litólico - horizonte A assentado diretamente no horizonte C ou em B incipiente.

PV - Podzólico vermelho com A com textura argilosa relêvo suavemente ondulado, floresta subtropical.

LVA - Latossol vermelho amarelado pouco profundo, em alguns locais podzolisados, relêvo suave a suavemente ondulado, com "bedrock" permanentemente de rochas graníticas.

Figura 5 - Traços delineadores separando áreas de predominância de determinados tipos de solo

CPRM

Foto nº 1 - Mostra uma área sobre o arenito Furnas com muita exposição de rochas, não há praticamente acúmulo de material pedológico sobre estas rochas. A vegetação é muito pobre servindo apenas para pastagem.

Foto nº 2 - A área de ocorrência da Formação Furnas, apresenta pouca cobertura superficial. Somente nas depressões encontram-se algum material pedológico imaturo, com horizonte A assentado diretamente sobre o *bedrock* ou seu horizonte mineral de alteração.

CPRM

Foto nº 3 - A paisagem mostrada na fotografia é muito comum nos domínios do conglomerado do Grupo Castro. Apresenta pouco solo (com exceção dos vales) e cabeças de afloramento destacadas na superfície.

CPRM

Foto nº 4 - Na área do Grupo Castro, a rocha que mais aflora sob a forma de matacões é o conglomerado que em algumas regiões aparece bastante desnudado.

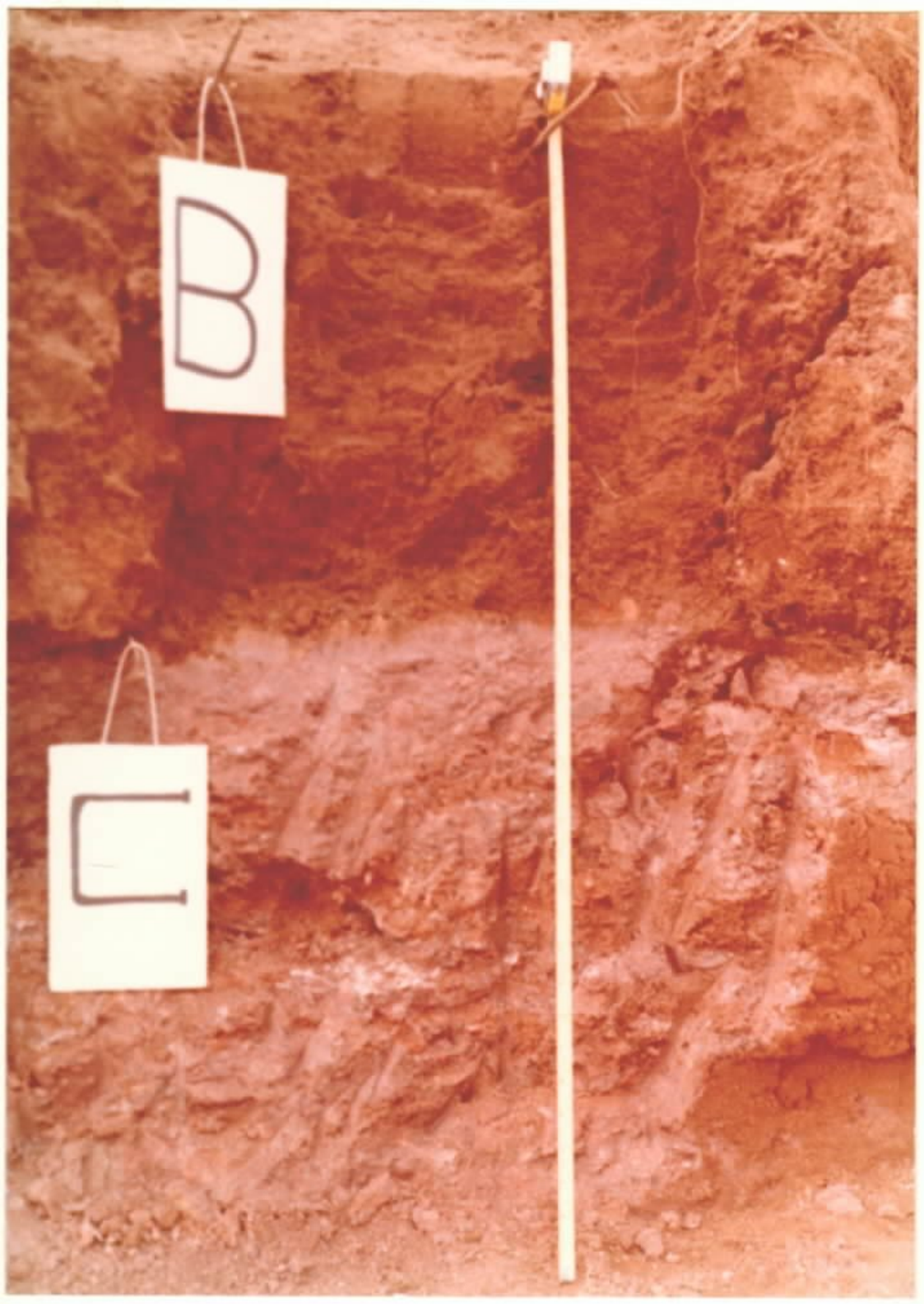
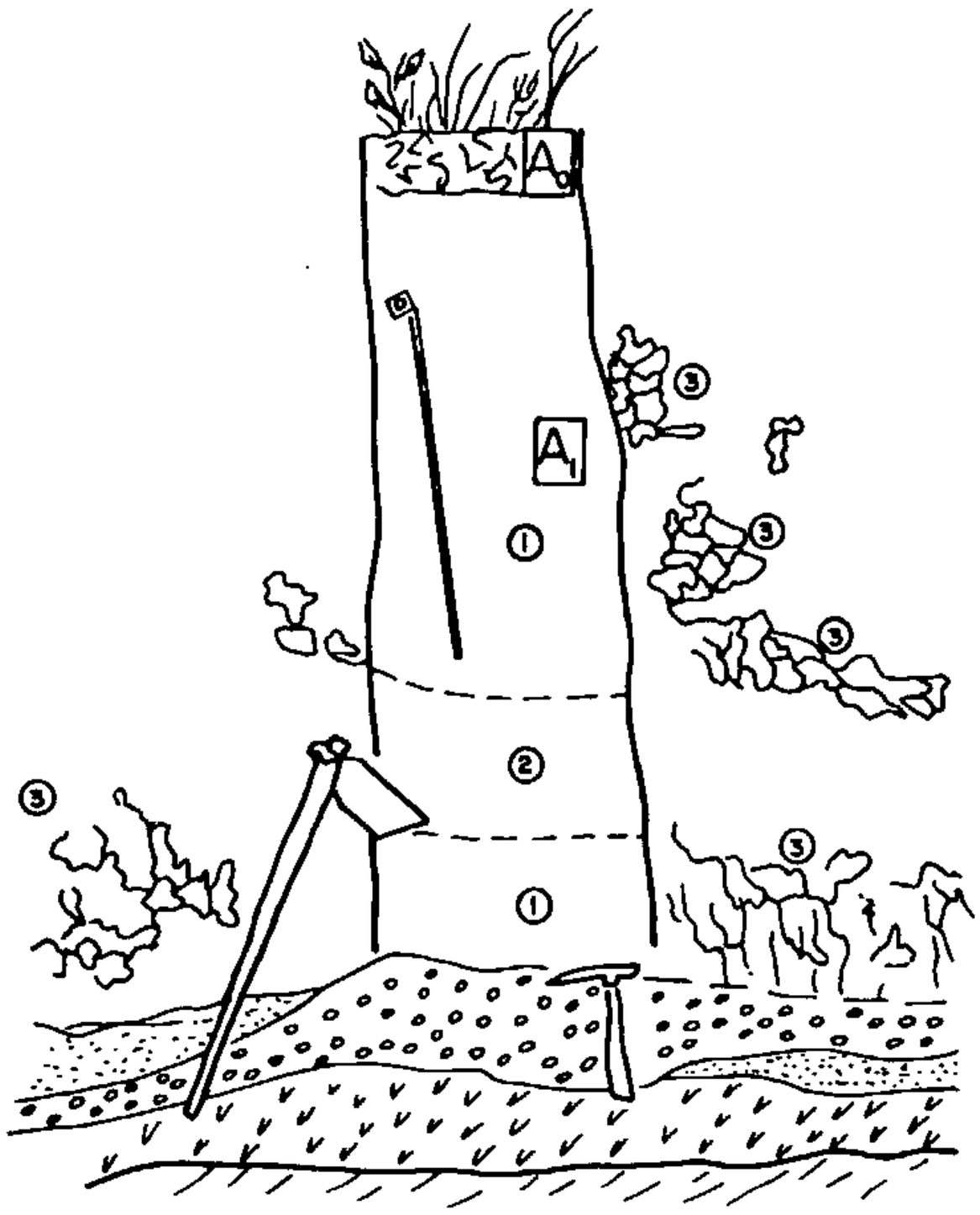


Foto nº 5 - Solo desenvolvido sobre conglomerado do Grupo Castro. A espessura deste solo é muito delgada, mesmo assim há formação de um horizonte B que se posiciona diretamente sobre o C. A região superior do perfil, onde deveria estar o horizonte A orgânico foi removida, ficando apenas parte do A_2 lixiviado (zona superior e mais clara da foto).

Foto nº 6 - Espesso solo orgânico desenvolvido sobre colúvio de material originário de rocha vulcânica ácida, sobreposta à *bedrock* de riolito. O horizonte A está descaracterizado, com indícios de flutuações climáticas, sendo possível a observação de alternância de níveis mais ricos e mais pobres em matéria orgânica. Colônia Conceição, município de Castro.



Esboço da foto nº 6

A_o - horizonte com restos de vegetais

A_1 - horizonte húmico

1 - região do solo mais rica em matéria orgânica

2 - faixa mais empobrecida em matéria orgânica

3 - gretas de contração indicando a estruturação do solo

- colúvio
- limonita
- andesito
- vulcânica ácida

jeto.

4.5.3.3 - Latossol vermelho amarelado - LVA

A parte leste do projeto é constituída principalmente por rochas granitóides (granitos Cunhaporanga e Carambeí) e metassedimentos do Grupo Açungui. Apresenta sua epiderme pedológica, formada por solos minerais com coloração vermelha ou alaranjada, em geral, pouco espessas, em torno de 2,0 m de profundidade, porosos e com pequena diferenciação entre os horizontes. Em alguns locais, atingem mais de 4,0 m de profundidade. Cerca de 28% da cobertura do projeto foi classificada como latossol vermelho amarelado, identificado por LVA.

4.5.3.4 - Litólicos - LIT e Podzólicos vermelho - PV

Estes dois tipos de solos, são praticamente os únicos que ocorrem sobre as rochas do Grupo Castro.

Os solos litólicos, identificados na figura 5 por LIT, cobrem as zonas de vulcânicas ácidas, predominantemente riolitos, e de conglomerados. São pouco espessos (menos de 1,0 m de profundidade) e o horizonte A assenta ora diretamente sobre o C ora sobre o B que na maioria das vezes mostra-se incipiente (fotos 18 e 19). Muitas vezes o B pode estar bem desenvolvido, porém pouco espesso (foto 16).

Sobre as vulcânicas mais básicas como andesitos e sobre os sedimentos molassóides como os folhelhos sílticos argilosos, há desenvolvimento de solos podzolisados com sequência de horizontes A, B e C diferenciados. Foram denominados podzólicos vermelho (PV- figura 5) e são solos medianamente profundos, com espessura variando de 1 a 2 metros. Acham-se bem drenados e seu horizonte B, possui textura argilosa com coloração vermelha, vermelha amarelada até brunada, além de estrutura prismática composta de blocos subângulares (fotos 20 e 21).

Os solos litólicos cobrem 12% da área do projeto,

Foto nº 7 - Solo desenvolvido sobre o Complexo Granítico Cunhaporanga que localmente apresenta-se muito rico em quartzo, mineral encontrado em todos os horizontes pedológicos, com exceção do A. A variada coloração e a presença de uma percentagem maior ou menor em argila, permite a separação do solo deste perfil em horizontes e subhorizontes. Destaca-se de cima para baixo, em primeiro plano os restos de vegetais e raízes (A_o) com quase 15 cm de espessura, bruno argiloso, estrutura granular moderadamente desenvolvida, poroso, sendo duro quando seco. A transição para o horizonte B é gradual e plana, estando este, subdividido em B_1 e B_2. O subhorizonte B_1 diferencia-se do B_2, por ser mais arenoso, de coloração mais clara e rico em grãos de quartzo. O B_2 é mais rico em óxidos de ferro, argila mais avermelhada e grãos de quartzo oriundos do *bedrock*. Ao se aprofundar, o B_2 começa a apresentar estruturas reliquiares herdadas da rocha subjacente. Tornando-se mais claro, assumindo aspectos da rocha alterada. Os grãos passam a ser incipientemente alterados, consistindo na sua maior parte de saibro ou areia, com cores que tendem mais para o amarelo que para o vermelho. Esta faixa de transição, em que as características litológicas concorrem com as características pedológicas é chamada de BC. Finalmente, penetra-se na parte inferior do perfil com destaque para o predomínio das litocaracterísticas sobre as pedocaracterísticas. Esta região de rocha alterada, apresentando coloração amarelo ocre é muito rica em grãos de quartzo e argilas com moldes de feldspatos, denomina-se horizonte C. Ao que tudo indica, este horizonte chega atingir, na região, profundidades estimadas em mais de 5 m. As características observadas neste perfil, permitem enquadrá-lo como latossol vermelho amarelo álico (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo).

Foto nº 8 - Latossol vermelho amarelo desenvolvido sobre granito equigranular da Serra do Carambeí, município de Castro. A região apresenta-se com relevo suavemente ondulado.

Foto nº 9 - Mostra detalhes do perfil da foto nº 8. Observa-se um horizonte A relativamente desenvolvido, mas sem passagem nítida para o horizonte B. Apesar de pouco profundo, o B é latossólico, poroso e friável. O subhorizonte BC é de cor avermelhada com restos do *bedrock* envolvidos em material pedogênico. O horizonte C, apresenta estruturas reliquiares da rocha mãe.

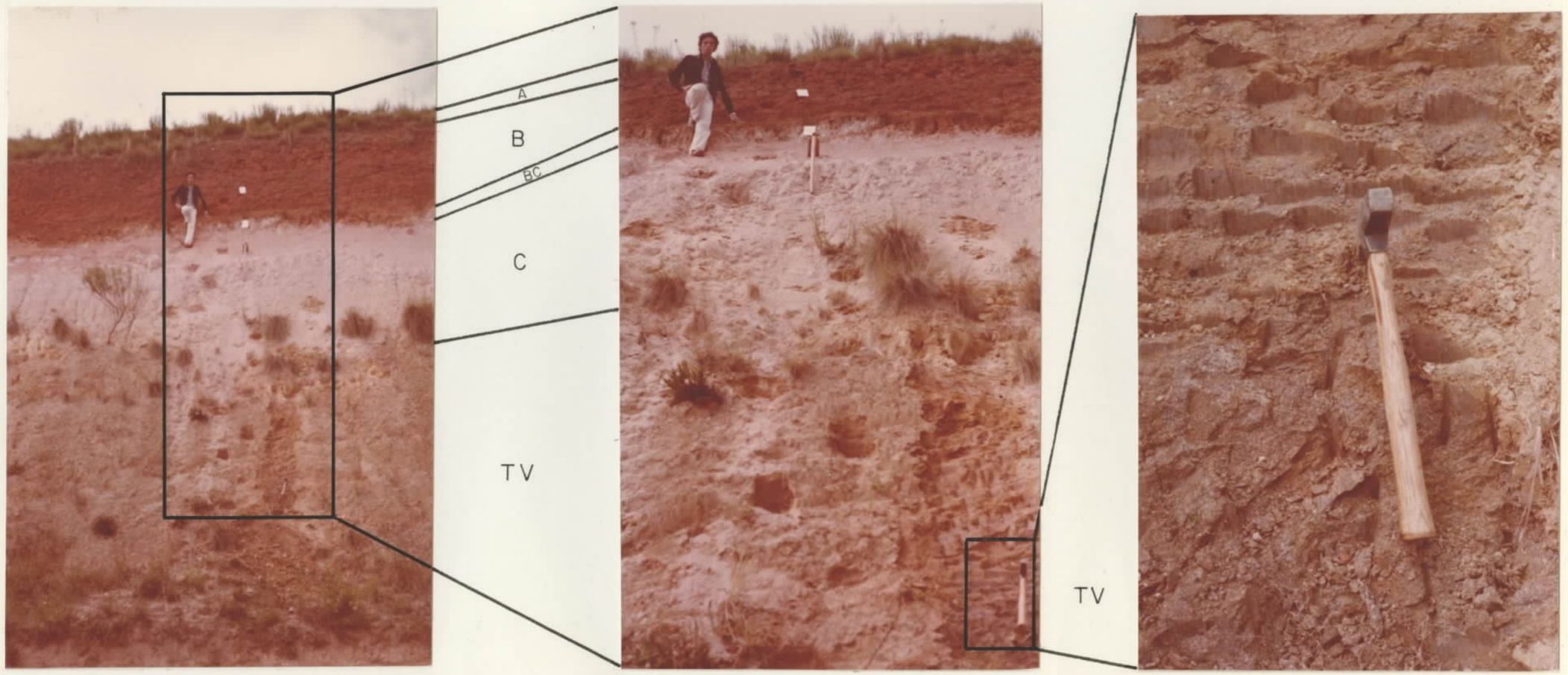


Foto nºs 10, 11, 12 - Corte da estrada Castro - Ponta Grossa, mostrando perfil de solo sobre rocha vulcânica ácida (tufo vulcânico - TV). O solo é um latossol vermelho, com o horizonte B bastante espesso, sem distinção clara entre os subhorizontes B_1 e B_2, apenas com o A que é pouco desenvolvido. O C mostra-se com estruturas da rocha, mas com coloração típica de alteração, estando separado do B por um subhorizonte de transição BC.

Foto nº 13 - Solo litólico desenvolvido sobre arenito da Formação Furnas. É um solo pouco espesso, imaturo, com o horizonte A, por vezes, assentado diretamente sobre o C. Outras vezes, a pedogênese origina delgado horizonte B, argiloso e rico em óxido de ferro. O arenito deste corte, apresenta-se com faixas brancas e alaranjadas, bastante feldspático e estratificação cruzada.

CPRM

Foto nº 14 - Alguns metros à direita do corte da foto nº 13 observa-se uma paleo calha preenchida com material pedológico relativamente estruturado e argiloso.

Foto nº 15 - Solo litólico desenvolvido sobre rocha vulcânica ácida, no caso, riolito. O horizonte A, assenta-se diretamente sobre o C ou sobre uma camada de transição entre um B incipiente e o próprio C, denominada subhorizonte BC. Este tipo de solo é muito comum nesta região e sobre o arenito Furnas, devendo-se, entretanto, ressalvar o fato de que normalmente sobre os vulcanitos ácidos é comum um horizonte B incipiente, muito raro sobre o arenito. Perfil localizado próximo à Piraí do Sul.

Foto nº 16 - Solo litólico (quase um cambissol) desenvolvido sobre andesito. O horizonte A_1, com espessura em torno de 0,50 m, assenta-se sobre o B de pequena espessura mas relativamente desenvolvido com sub-horizontes B_1 e B_2. Entre os horizontes B e C observa-se um sub-horizonte de transição BC. Este passa gradativamente à C que nada mais é do que o andesito alterado, com sua massa transformada em argila, mas com suas estruturas preservadas. Campina de São João, município de Castro.

Foto nº 17 - Região da Campina de Guararema, quadrícula de Colônia Iapó. Área de destaque no Grupo Castro por apresentar os mais elevados teores de Pb e Zn do projeto. O perfil de solo mostrado nesta foto, desenvolveu-se sobre rochas andesíticas de granulação muito fina e composição intermediária à básica. Quando alterada, apresenta coloração amarela ocre (vide canto inferior direito da foto). A medida que se oxida, torna-se mais alaranjada, crescendo a relação Fe^{3+} / Fe^{2+}. O solo é de cor cinza escuro, não sendo destacado o horizonte A do B. A matéria orgânica está praticamente ausente. Sendo esta região muito rica em argila, optou-se por chamá-la de B indiferenciado. A medida que se aprofunda, o material pedológico do horizonte B, intercala-se com restos de andesito, na foto esta faixa é chamada de BC. No horizonte C é interessante a existência de material argiloso, produto da decomposição de restos de andesito, rocha muito suscetível à alteração. Nas áreas adjacentes onde é encontrado o mesmo *bedrock*, persiste este tipo de solo.

Foto nº 18 - Perfil de solo litólico desenvolvido sobre riolito de granulação fina com matriz quase afanítica. O perfil localiza-se no bairro Rio Abaixo, quadrícula de Colônia Iapó, num altiplano de 1.100 m de altitude. O solo é imaturo com fraca evolução pedogenética. O horizonte A assenta-se quase diretamente sobre o C. Existe entre eles, apenas uma faixa de incipiente pedogênese, com blocos de riolitos envolvidos por uma massa de argila que foi denominada de BC. A vegetação é de mata aberta subtropical.

Foto nº 19 - Solo litólico desenvolvido sobre rocha vulcânica ácida (riolito), nas proximidades de Piraí do Sul. O horizonte A, assenta-se diretamente sobre o C. Não existe entre eles o horizonte o B, apenas um subhorizonte BC. Neste, acham-se presentes fragmentos do *bedrock* envolvidos por argila e silte.

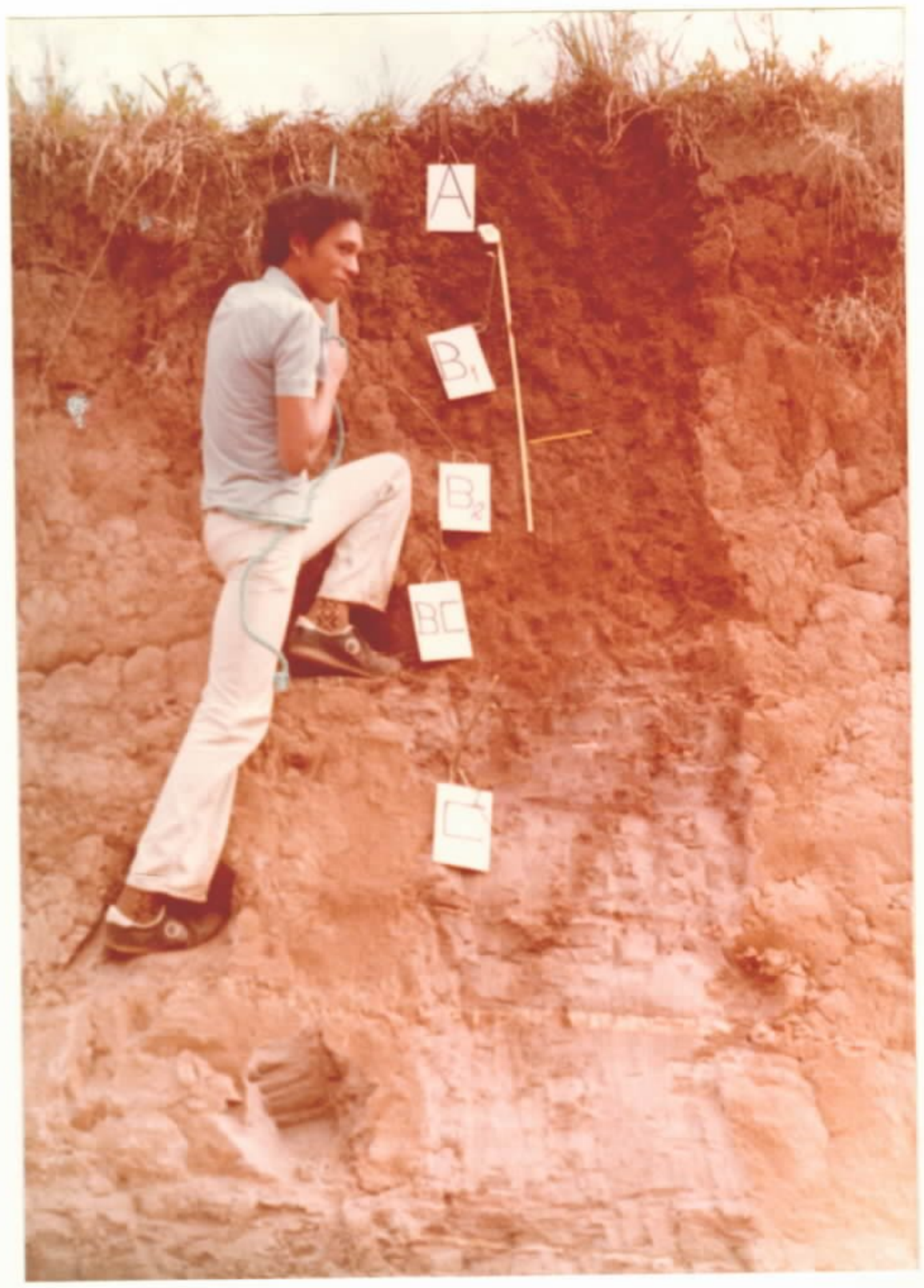
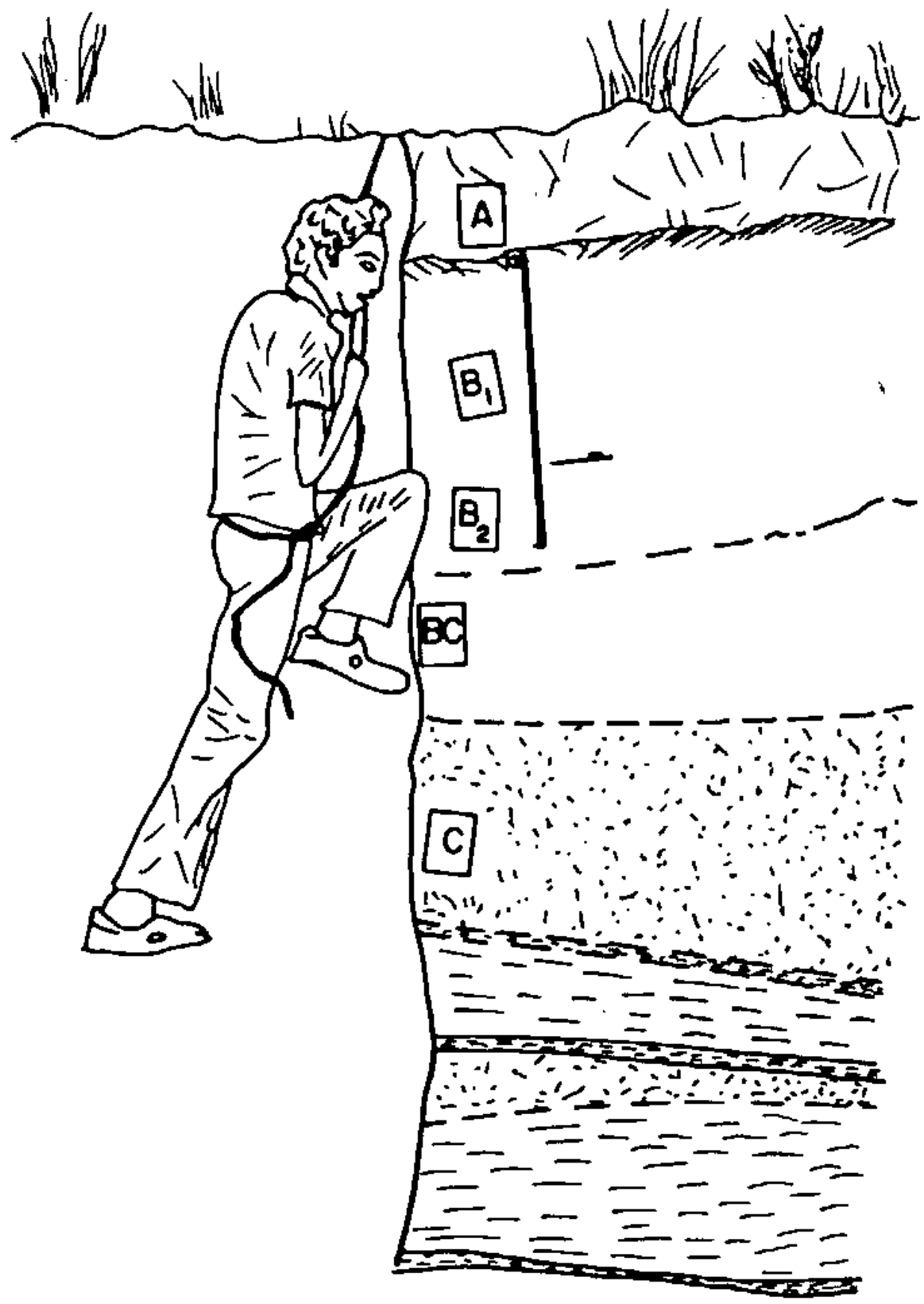


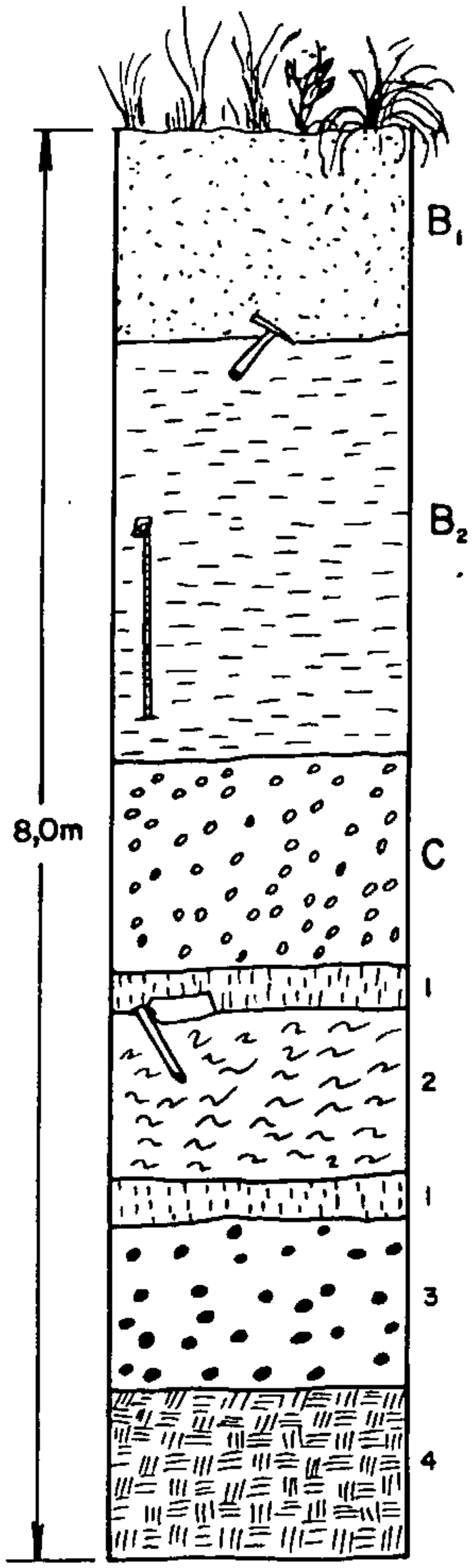
Foto nº 20 - Perfil de podzol vermelho amarelo, desenvolvido sobre sedimentos molassóides com intercalações de folhelhos areno-siltico-argilosos e argilo-siltosos. O horizonte A é bastante espesso (atingindo perto de 0,40 m) e pouco orgânico, sua coloração escura difere do horizonte B sotoposto, por ser este mais avermelhado. O horizonte B é rico em argila, bem estruturado, sendo possível a percepção de três subhorizontes: o B_1 de cor vermelho amarelado, o B_2 mais rico em argila e o BC com características estruturais da rocha mãe.



Esboço da foto nº 20

- horizontes de solo do perfil
- camada areno siltosa
- folhelho argilo siltoso
- folhelho síltico

Foto nº 21 - Podzol vermelho amarelo latossolisado, desenvolvido sobre pacote de rochas sedimentares do Grupo Castro.



Esboço da foto nº 21

B_1 - Subhorizonte vermelho amarelado menos argiloso que o B_2 imediatamente abaixo.

B_2 - Subhorizonte vermelho roxo com elementos estruturais revestidos por filmes de argila. Apresenta-se rico em óxidos de ferro, sendo observada a presença de fragmentos de quartzo.

C - Folhelho argiloso alterado com aspecto atual de argila variegada.

1 - Arenito arcosiano com fragmentos de quartzo e feldspato.

2 - Sedimento síltico arenoso.

3 - Arenito grosseiro, quase conglomerático.

4 - Argilito com cores variegadas. Parece a repetição da camada C, entretanto, encontra-se menos alterada.

Foto nº 22 - Detalhes da porção inferior da foto nº 21. Há uma variação textural muito grande entre as camadas de sedimentos mostradas nesta foto. Vai desde arenito conglomerático até argila variegada, passando por arenito arcosiano e síltico.

enquanto que os podzólicos 20%. Estes últimos, além do Grupo Castro também podem ser encontrados sobre a Formação Ponta Grossa nos extremos W e E do projeto (vide figura 5).

4.5.3.5 - Lateritos

É muito comum a presença de camadas limoníticas de pequena espessura mas com extensa distribuição nos limites do projeto. Estas crostas ferruginosas, são visíveis no Grupo Castro como as ocorrências situadas ao sul da cidade de Castro. Nestas observa-se um *trend* Leste-Oeste e que vai desde a estação Tronco até Campina de São João, passando por Colônia Conceição. Outras, localizam-se nas proximidades da cidade de Piraí do Sul. No Grupo Açungui, os representantes limoníticos encontram-se nas regiões de Socovão e Jaguaricatu, municípios de Castro e Jaguariaíva, respectivamente. Nas rochas básicas mesozóicas, foram encontrados sob a forma de uma camada ferruginosa no horizonte B. Esta observação foi realizada em extenso dique de diabásio, intrusivo em arenito da Formação Furnas, próximo a estação de Joaquim Murtinho.

As condições para a formação desses lateritos não serão discutidas, em primeiro lugar, porque há volumosa literatura tratando desse assunto e em segundo por haver muita controvérsia entre os especialistas. Entretanto, existe entre os vários estudiosos, a concordância de que a condição necessária para sua origem é a flutuação do nível hidrostático. Em outras palavras, a laterização ocorre quando o nível do lençol freático se movimenta anualmente de posições baixas para altas e vice-versa, lixiviando elementos solúveis ou parcialmente solúveis da zona de flutuação.

4.6 - Geologia Regional

A montagem da coluna estratigráfica, bem como os demais dados aqui expostos foram compilados basicamente dos trabalhos de J.J. Bigarella et alii (1967), H.C.S. Cunha e L.Q. Kaefer (1974), A.J. Vieira e E. Mainguê (inédito) e

Foto nº 23 - Próximo a Colônia Conceição, SW de Castro-PR, é observada uma camada de concreção limonítica bastante delgada, desenvolvida sobre andesito alterado.

CPRM

Foto nº 24 - Não há uma separação nítida entre os horizontes A e B, apenas um maior enriquecimento em matéria orgânica na parte superior do perfil. Um nível de limonita subdivide o horizonte B em 2 subhorizontes: o superior designado de B_1 é bastante arenoso, muito lixiviado, havendo inclusive uma camada, apontada pelo martelo, muito rica em quartzo e que está imediatamente acima do nível de limonita. A parte inferior, chamada de B_2 é muito rica em argila, óxido de ferro II e possui coloração típica (amarelo ocre). A presença de duas zonas, uma mais oxidada (B_1) e outra menos oxidada (B_2), refletem a flutuação do nível hidrostático ao longo do ano. Estação de Joaquim Murtinho, município de Piraí do Sul.

Foto nº 25 - Queda de talude a NW de Castro, quadrícula de Colônia Iapó. O material rolado é constituído por andesito alterado de coloração verde ou arroxeado, dependendo do grau de decomposição. Além da presença de Fe^{2+}, mostra-se rico em vesículas e muito argiloso.

I. Lopes Jr. et alii (inédito).

4.6.1 - Estratigrafia

As rochas que afloram na região abrangida pelo projeto estão arranjadas estratigraficamente, conforme mostrado na figura 6.

4.6.1.1 - Grupo Açungui

O Grupo Açungui pode ser considerado a sequência litológica mais antiga da região, embora ocorram migmatitos e quartzitos, próximo a Piraí do Sul, que lembram termos do embasamento cristalino. Constitui-se de um espesso pacote de rochas metamorfisadas, predominantemente na facies dos xistos verdes, que se apresenta intensamente dobrado.

A sua ocorrência restringe-se ao canto sudeste da área e, segundo R. Maack (1953), também os quartzitos da Serra das Pedras, à leste de Piraí do Sul, estariam enquadrados nesta unidade estratigráfica (figura 7). Entretanto, como foi dito anteriormente, estes quartzitos estão associados a migmatitos e, provavelmente, constituem restos do embasamento.

Litologicamente, está representado por rochas carbonatadas, filitos, quartzitos e, com reservas, rochas migmatóides.

As rochas carbonáticas ocorrem na forma de lentes alongadas segundo nordeste-sudoeste e representam os termos do Grupo Açungui de maior distribuição espacial. Comumente, são de coloração clara (branco acinzentado, cinza, cinza azulado) e de granulação fina à média. A estratificação é por vezes visível através de bandas em cores diferentes. A assembléia mineral é composta fundamentalmente por cristais de carbonato, podendo estar presente os minerais de diopsídio, tremolita, quartzo e talco.

Os filitos, em termos gerais, são castanho averme

PERÍODO	GRUPO	FORMAÇÃO SUBGRUPO	CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS
Quaternário	DISCORDÂNCIA EROSIVA		Depósitos aluvionares
Jurássico/Cretáceo		Serra Geral	Diques de diabásio, diorito, microdiorito, diorito pórfiro, microgranito e gabros; soleiras de diabásio
Permiano/Carbonífero	Tubarão	Itararé	Diamictitos, folhelhos, siltitos e arenitos
Devoniano	Campos Gerais (Paraná)	Ponta Grossa	Folhelhos, siltitos e arenitos finos
		Furnas	Arenitos grosseiros, com estratificação cruzada; subsidiariamente, lentes conglomeráticas e argilosas
	DISCORDÂNCIA EROSIVA		
Ordoviciano	Castro		Sequência vulcânica intermediária - andesitos
			Sequência sedimentar - arenitos arcosianos, conglomerados, siltitos e argilitos
			Sequência vulcânica ácida - riolitos, aglomerados vulcânicos, brechas e tufos
	DISCORDÂNCIA EROSIVA		
Precambriano Superior ao Cambriano			Rochas graníticas - granitos, quartzo-monzonitos e granodioritos
Precambriano Superior	Açungui	Indiferenciado	Rochas carbonáticas, quartzitos, filitos e, com reservas, rochas migmatóides

Figura 6 - Coluna estratigráfica da região de Castro - Piraí

CPRM

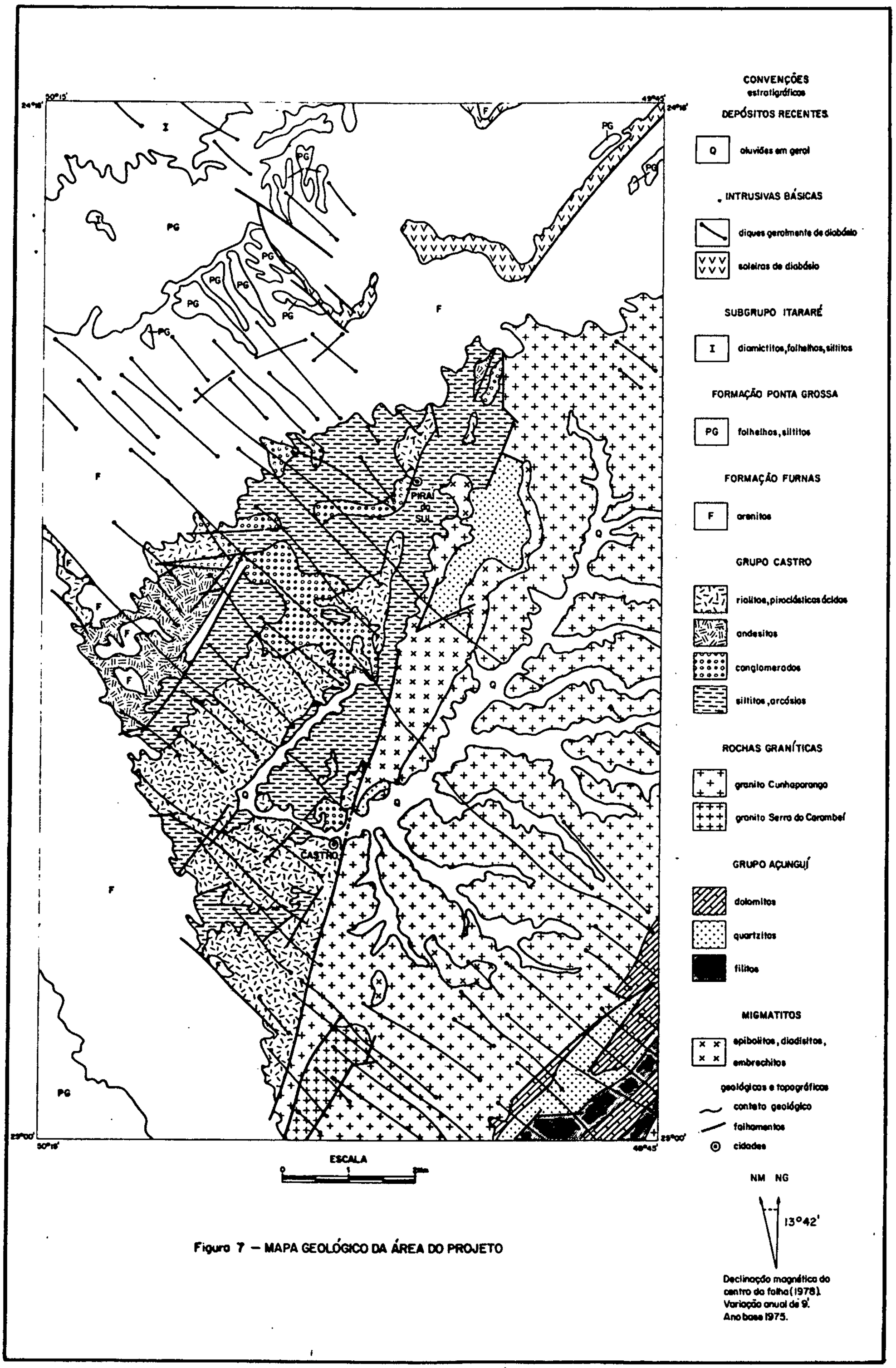


Figura 7 — MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DO PROJETO

lhados, sedosos ao tato, de aspecto lustroso e de granulação extremamente fina. Em afloramentos, ostentam por vezes uma deposição rítmica, evidenciada pela alternância de leitos de diferentes tonalidades, dispostos preferencialmente segundo NNE-SSW com mergulho variável e frequentemente discordantes dos planos de xistosidade. Ao micróscópio, revelam uma textura grano-lepidoblástica envolvendo palhetas de sericita, grãos de quartzo e raros cristais de pistacita e opacos. Já um outro tipo, compõe-se essencialmente de talco (?) e subordinadamente de porfiroblastos opacos, quartzo xenomórfico e titanita.

Os quartzitos aparecem na forma de cristas salientes topograficamente e orientadas principalmente para nordeste. Em certos locais, mostram seus antigos estratos, bem preservados em acamamento plano-paralelo ou então em estratificação cruzada. Macroscopicamente, são termos de coloração clara e de granulação geralmente fina, que em lâmina denotam uma composição essencialmente de quartzo, acompanhado ou não de microclínio, plagioclásio, sericita, opacos, turmalina, rutilo (?) e zircão.

As rochas migmatóides estão representadas por tipos epibolíticos e diadisíticos, localmente gradando para variedades embrechíticas. Via de regra, exibem-se profundamente alteradas, o que dificulta sobremaneira uma perfeita caracterização do paleossoma. Quanto ao neossoma é de natureza quartzo-feldspática.

Com relação à colocação e origem dessas rochas, elas poderiam ser testemunhos de embasamento que resistiram aos processos de granitização responsáveis pela formação do que é hoje conhecido por Complexo Granítico Cunhaporanga. Entretanto, as versões mais frequentes posicionam aqueles migmatitos no Grupo Açungui, ora relacionando-os com a Formação Setuva, considerando-os a unidade basal do grupo, ora tratando-os como Açungui indiferenciado. Segundo seus autores, nestes casos, os migmatitos seriam o produto final dos pro-

cessos metamórficos que atuaram nas rochas Açungui da região, durante a intrusão do granito Cunhaporanga.

Para a origem e ambiente de deposição do Grupo Açungui, a maioria dos autores admitem-na como marinho, tendo a sedimentação se processado em ambiente de geossinclínio. Existem parâmetros tecto-geológicos que permitem enquadrá-lo como de plataforma continental. Ao processo de sedimentação clastoquímica, somaram-se constribuições de material básico, fruto de magmatismo precoce. O metamorfismo regional atuando no pacote de materiais acumulados na bacia Açungui, teria propiciado a evolução destas manifestações básicas para metabasitos e anfibolitos. Neste mesmo contexto os produtos da sedimentação clástica originaram os filitos, ardósias, metarenitos e quartzitos, enquanto que os mármores e epicalcários seriam oriundos da sedimentação química. Baseando-se principalmente em datações realizadas nos filitos e granitos associados, U.G. Cordani e I. Bittencourt (1967) sugeriram a seguinte evolução tectônica para o Grupo Açungui:

1) antes de 650 m.a. - sedimentação original em ambiente de geossinclinal, sendo o embasamento constituído por rochas siálicas de idade superior a 1.400 m.a.;

2) entre 650 a 600 m.a. - fase orogênica principal (metaformismo regional) e formação dos granitos sintectônicos;

3) a 590 m.a. - formação dos granitos tardi-tectônicos;

4) entre 580 a 500 m.a. - formação dos granitos pós-tectônicos;

5) a 450 m.a. - levantamento epirogênico da cadeia montanhosa e resfriamento regional.

4.6.1.2 - Rochas graníticas

O Complexo Granítico Cunhaporanga ocupa quase toda a porção leste da área do projeto, estendendo-se desde trechos da extremidade sul das quadrículas de Abapã e Cas-

tro até a Serra Campo das Cinzas, denominação local da Serra das Furnas.

Trata-se de um granito leucocrático cinza à róseo, de textura dominantemente porfiróide, com matriz de granulação média à grossa englobando fenocristais de feldspato róseo. Embora o tipo petrográfico mais comum seja efetivamente o granito a biotita com hornblenda subordinada, existem também variedades como granodiorito, quartzo-monzonitos e mesmo termos tendendo a dioritos.

O granito Serra do Carambeí posiciona-se a sul da cidade de Castro sustentando a serra do mesmo nome, sob forma de um corpo alongado, envolvido pelas rochas graníticas do Cunhaporanga e orientado, grosseiramente, no rumo nordeste-sudoeste.

Petrograficamente, apresenta-se com coloração rósea avermelhada ou branca rósea, de granulação muito grossa, compondo-se quase que exclusivamente de quartzo e feldspatos, tendo subsidiariamente à biotita, o zircão, o óxido de ferro, a clorita e a sericita. A baixa frequência de minerais máficos, entre 5% e 10%, faz com que se possa classificá-lo de alaskito conforme definição de A. Jonhansen (1949).

O Complexo Granítico Três Córregos aflora no extremo sudeste da área, em contato com os metassedimentos Açungui por meio de uma falha de rumo nordeste-sudoeste.

Em amostras de mão, trata-se de um granito porfiróide com fenocristais de feldspato potássico envolvidos em uma matriz de granulação média à grossa e coloração cinza. Ao microscópio exibe fundamentalmente os minerais de quartzo, feldspato potássico, plagioclásio (oligoclásio), hornblenda e biotita. Como acessórios principais aparecem a titanita, a apatita e os opacos, além dos produtos de alteração: sericita, epidoto e clorita.

4.6.1.3 - Grupo Castro

Assentadas sobre os epimetamorfitos Açungui e o granito Cunhaporanga, através de contatos discordantes, ocorrem as rochas do Grupo Castro ocupando toda a parte central da área trabalhada, numa superfície de cerca de 1.060 km^2 (figura 7).

O Grupo Castro é um pacote de rochas vulcano-sedimentares cujos componentes estão agrupados em três conjuntos litólicos: sedimentares, vulcânicas ácidas e vulcânicas intermediárias.

A sequência sedimentar constitui-se de arenitos arcosianos, conglomerados, siltitos e argilitos. De maneira geral, ostenta uma estratificação paralela, bem preservada e litificada, exibindo uma coloração castanho avermelhada e castanho escura, localmente vermelho-tijolo.

Os arenitos arcosianos são de granulação entre fina e média, composta de grãos de quartzo e feldspato, além de minerais micáceos, imersos em matriz síltico-argilosa. Intercalados nestes sedimentos psamíticos, encontram-se siltitos e argilitos subordinados, na forma de lentes ou de finas camadas. Os siltitos, em especial, caracterizam-se por elevado teor de micáceos (muscovita) em sua composição.

Por sua vez, os conglomerados além de se encontrarem formando espessas camadas ou lentes, aparecem intercalados nos arenitos. Possuem caráter oligomítico, compondo-se quase que exclusivamente de seixos e blocos de natureza riolítica e subordinadamente de seixos de quartzitos, quartzo leitoso, migmatitos, arenitos micáceos, arenitos arcosianos, siltitos e grãos de feldspato. A matriz é abundantemente arenosa grosseira, feldspática e lítica. Em muitos locais que se acham mapeados como conglomerados, foram observados afloramentos de brecha vulcânica. São constituídas basicamente por seixos de rochas, predominantemente riolítica, envolvidos por matriz também riolítica.

A sequência vulcânica ácida compõe-se de riolitos e piroclásticas ácidas associadas. Estas constituem ocorrên

cias isoladas no seio daqueles e estão representadas por aglomerados vulcânicos, tufos, brechas, tufo-brechas e ignimbritos.

Os riolitos são normalmente de textura porfirítica, podendo os fenocristais ser de quartzo e/ou plagioclásio, e de colorações castanhas, vermelhas, rosadas, cinza claras e castanho escuras. Em seu quadro mineral tem quartzo, feldspato alcalino, sericita, vidro vulcânico, apatita, opacos, zircão, pistacita e hornblenda (fotos nºs 26, 27 e 28).

A sequência vulcânica intermediária é composta de andesitos e intercalações pouco espessas de sedimentos do tipo grauvaca.

Os andesitos são termos de estrutura profusamente amigdaloidal, de granulação extremamente fina e coloração cinza escura passando a cinza esverdeada, cinza castanha ou avermelhada, com tonalidades roxas e amareladas, quando intemperizadas. Tem por assembléia mineral os seguintes elementos: plagioclásio, piroxênio, clorita, calcita, pistacita, opacos, óxidos hidratados de ferro, apatita, clinozoisita, produtos argilosos, quartzo e vidro vulcânico.

As grauvacas ou subgrauvacas são de granulometria muito fina, síltico argilosa e calcítica com abundante clorita, onde se observam grãos de quartzo, plagioclásio, arenito ou quartzito e andesito.

No que tange a evolução das sequências do Grupo Castro, sugerem-se eventos de vulcanismo ácido, intercalados com fases de deposição de material clástico tipo molassa, e num estágio mais avançado os derrames andesíticos, com finas intercalações de grauvacas. Datações realizadas por K. Kawashita (1969), em vulcânicas ácidas da região, posicionam o Grupo Castro no Ordoviciano.

4.6.1.4 - Grupo Campos Gerais (Paraná)

Sobreposto discordantemente às rochas anteriormen

CPRM

Foto nº 26 - Riolito com estrutura fluidal, lembrando um ignimbrito. Notam-se finas camadas de tonalidades diversas desde o vermelho tijolo, até o marrom. A massa rochosa apresenta-se com fraturas subverticais e horizontais, sendo estas últimas provavelmente de alívio. Pedreira próximo a Piraí do Sul.

Foto nº 27 - Rocha vulcânica ácida riolítica com alguns termos fluidais ignimbríticos. A- faixa de coloração rósea; B- faixa de coloração marrom. Imediatamente abaixo de A observa-se a presença de amígdala preenchida por quartzo, calcita, fluorita e hematita. Essas amígdalas são comuns, aparecendo ainda em C, D e E.

te descritas, ocorre o Grupo Campos Gerais, aflorando na parte oeste e norte da área estudada, abrangendo aproximadamente 1.790 km^2. Trata-se do mais antigo pacote sedimentar da Bacia do Paraná aflorante no Brasil, tendo nas Formações Furnas e Ponta Grossa os seus componentes lito-estratigráficos.

A Formação Furnas, basal do grupo (foto nº 29), é formada essencialmente por arenitos brancos, algumas vezes conglomeráticos, com granulação média a muito grosseira, expondo notável estratificação cruzada. A matriz é abundantemente caulínica, com leitos argilo-micáceos entremeados.

A Formação Ponta Grossa, por sua vez, é fundamentalmente composta de folhelhos e siltitos, cinza escuros, muito micáceos, finamente laminados e dispostos em estratos plano-paralelos, onde aparecem por vezes, intercalações arenosas de grã fina.

No que se refere a origem e ambiente de deposição, a sedimentação de ambas as formações se processou em um mar epicontinental raso, através de um agente comum de transporte e deposição, sendo que os arenitos geraram-se em meio de águas rasas e perto da linha de costa, enquanto os folhelhos em ambiente distante do continente.

Quanto a idade destas sequências sedimentares é indubitavelmente o Devoniano, documentada no registro fossilífero presente principalmente na Formação Ponta Grossa.

4.6.1.5 - Grupo Tubarão

O Grupo Tubarão, repousando discordantemente sobre os arenitos ou os folhelhos do Grupo Campos Gerais, está representado pelo Subgrupo Itararé que ocorre no canto noroeste da quadrícula de Ventania, estendendo-se por 80 km^2.

Este subgrupo, alicerce do grupo, compõe-se de uma variada sequência litologica de natureza inteiramente clástica: diamictitos cinza, de matriz argilosa e arenosa, com seixos e matacões de litotipos diversos; folhelhos pretos a

Foto nº 28 - Frente de lavra em pedreira de riolito próximo a cidade de Castro. Observa-se o intenso fraturamento subvertical e subhorizontal. Este último originado, provavelmente, por um alívio de pressão após a remoção de material sobrejacente.

Foto nº 29 - Ao fundo observa-se o arenito Furnas sob a forma de uma muralha entalhada por pequenos vales que descem para o Grupo Castro.

verde oliva; siltitos amarelo esverdeados e arenitos brancos, róseos e amarelos.

A sua sedimentação, ocorrida em diversos tipos de ambiente (glacial, flúvio-glacial, lacustre, marinho, planície de maré), é atribuida ao Permo-Carbonífero.

4.6.1.6 - Intrusivas básicas

Como último evento significativo da área, em tempos juro-cretácicos, houve o desenvolvimento do magmatismo de natureza básica e semi básica, na forma de diques e soleiras, cortando indistintamente todas as rochas anteriormente referidas, aproveitando as fraturas originadas do tectonismo mesozóico (Arqueamento de Ponta Grossa).

Os diques dispõem-se segundo NW-SE e afloram de forma mais destacada na região do Grupo Castro. As soleiras são raras e sua presença é mais comum em terrenos da Bacia do Paraná.

Litologicamente foram reconhecidas as seguintes variedades petrográficas: diabásios, dioritos (microdiorito, diorito-pórfiro, quartzo-diorito) e de modo raro, quartzo-gabros, gabros ofíticos e microgranitos.

Macroscopicamente, são rochas de coloração cinza escura tendendo a preta, com granulação fina à média, podendo-se reconhecer quase sempre ripas de plagioclásio.

Ao microscópio, o diabásio revela uma textura ofítica contendo labradorita, augita, pigeonita, quartzo, apatita, uralita, clorita e opacos. Já o diorito apresenta uma textura granular hipidiomórfica formada de plagioclásio, hornblenda, biotita, quartzo, opacos, apatita, epidoto, rutilo, sericita e carbonato.

4.6.1.7 - Depósitos aluvionares

Por fim, aluviões recentes depositaram-se ao longo das principais drenagens que cortam a região. Neste par-

ticular, destacam-se as aluviões do rio Iapó e seus tributários maiores, nos trechos em que atravessam as rochas graníticas.

4.6.2 - Tectônica

No tocante ao aspecto estrutural, em termos amplos, as rochas da região sofreram deformações de modo relativamente intenso.

A tectônica plástica está conspicuamente evidenciada nos epimetamorfitos pertencentes ao Grupo Açungui, através de inúmeras dobras. Os eixos destas dobras alinham-se segundo direções nordeste, grosseiramente paralelas e localmente, mostram-se truncadas por falhas e fraturas contemporâneas ou posteriores.

Por outro lado, os reflexos da tectônica rígida estão representados por dois sistemas estruturais: um de direção nordeste-sudoeste, mais antigo e caracterizado pela predominância de falhas desenvolvidas sob esforços compressivos e outro de direção noroeste-sudeste, individualizado por profundos fissuramentos tensionais.

4.6.3 - Recursos minerais

Do ponto de vista geo-econômico, as rochas pertencentes ao Grupo Açungui, a despeito da restrita extensão na área da presente pesquisa, constituem-se na principal fonte de matéria prima mineral. Os metacalcários e os metadolomitos, além do talco associado a essas rochas, da região de Abapã, são amplamente lavrados.

Não menos importante é a sequência do Grupo Castro, favorável a mineralizações em minerais metálicos, mormente os metais não ferrosos cobre, chumbo e zinco, tendo em vista a sua similar situação geológica ao Grupo Camaquã, que é mineralizado no Rio Grande do Sul. A presença de molibdenita e limonita molibdênica foi observada em duas pedreiras de rochas vulcânicas ácidas nas proximidades de Castro e Pi

raí do Sul.

As demais rochas da região, granitos e sedimentos paleozóicos, ambos estéreis mineralogicamente, são explorados para atender aos diversos setores de construção civil.

5 - TÉCNICA DE AMOSTRAGEM

5.1 - Considerações iniciais

A campanha de geoquímica regional contou com a amostragem tanto de sedimento de corrente como de concentrado de bateia, esta em menor proporção, além de algumas amostras de solo e rocha.

A prospecção por sedimento de corrente foi efetivada com a coleta de 700 amostras, sendo 644 normais e o restante para fins de controle de variância de amostragem e análise. Todas elas, acrescidas das que foram aproveitadas do antigo projeto da CNEN (696), cobrem praticamente toda a extensão do projeto, aproximadamente 4.200 km^2.

5.2 - Registro dos dados de campo

Os diversos meios amostrados tiveram os seus parâmetros de campo registrados na ficha de campo da CPRM, para amostras geoquímicas (figura 8).

O preenchimento dos vários campos constantes da ficha, seguiu as instruções contidas no Manual de Geologia da CPRM, obedecendo-se a codificação expressa na figura 9. Para o campo 64, composto de cinco caracteres, gerou-se uma codificação livre (figura 10) específica para o projeto, destinada à facilitar a recuperação seletiva e a individualização das amostras de acordo com o litotipo local de amostragem e/ou da unidade litoestratigráfica da região. A codificação permite ainda, a separação das amostras de sedimento de corrente das de concentrado de bateia, além de relacionar as amostras normais e aquelas para testes de variabilidade.

5.3 - Planejamento da amostragem

A malha de amostragem, seletiva em função das características geológicas da área, obedeceu a densidade de uma amostra para cada 2 km^2 nas drenagens sobre as unidades

CPRM

FICHA DE CAMPO - AMOSTRA GEOQUÍMICA

PROJETO: .....

DATA: ...../.....

1-CENTRO DE CUSTO	2-SUBCENTRO DE CUSTO	3-NÚMERO DE CAMPO: Coletor / Nº da amostra / Dupl.	Nº DE LABORATÓRIO	FOLHA / TOTAL

4 - Base Cartográfica: Proced. / Denominação	5 - Escala	6 - Denominação local

7 - Latitude: Graus / Minutos / Segundos / N/S	8 - Longitude: Graus / Minutos / Segundos	9 - Abcissa (x)	10 - Ordenada (y)	11 - UTM - Longitude	12 - UTM - Latitude	13 - Meridiano central

14-Classe amostra	15-Tipo amostragem	16-Fonte amostra	17-Rocha regional	18-Idade Geológica	19-Material Coletado	20-Pluviosidade	21-Tipo vegetação	22-Sit. topográfica	23-Sit. amostra	24-Altitude	25-Profund. da amostragem	26

27-Forma ígnea	28-Situação estrutural	29-Matriz predominante	30-Grau de intemp./oxidação	31-Tipo alteração	32	33-Tipo mineral	34-Caracterização depósito/ocorrência: Forma / Modo	35	36-Largura do rio	37-Profund. do rio	38-Velocid. corrente	39-Nível da água	40-Área drenagem	41-Turb. da água

42-Posic. leito	43-Cor da água	44-Grau arredond.	45-Volume original	46-Peso do concentrado	47	48-Granulometria sedimento/solo: Máxima / Mínima	49-Textura do Sedimento/solo (%): Cascalho / Areia / Silte / Argila / Mat. Org.	50-Cor sed./solo	51	52-Horiz. do solo	53-Tipo de solo	54	55-Amb. biótico	56

57-Eh: Sinal	58-pH	59-Metal pesado à frio	60-Outras análises	61-Outras análises	62-Outras análises	63-Outras análises	64-Codificação livre

65-Observações - comentários	66-Observações - comentários

PERF.	Data	PERF./CONF.	Data

Figura 8-Modelo de ficha de campo para amostragem geoquímica

CPRM

14-CLASSE DA AMOSTRA
S - Sed. Corrente
R - Rocha
L - Solo
B - Conc. Batéia
V - Vegetação
A - Água
M - Mineral/Minério
Z - Outras

15-TIPO DE AMOSTRAGEM
A - Simples
B - Composto
C - Canal
Z - Outros

16-FONTE DA AMOSTRA
A - Afloramento
B - Mina
C - Poço
D - Trincheira
E - Sondagem
F - Solo Residual
G - Solo Transportado
H - Solo não especificado
I - Pântano
J - Fonte
K - Mar
L - Rio
M - Lago
Z - Outras

17- ROCHA REGIONAL
A - Não Identificada
B - Sedimentar
C - Metamórfica
D - Ígnea Intrusiva
E - Vulcânica
F - Conglomerado
G - Arenito
H - Siltito
I - Argilito
J - Folhelho
K - Seq. Carbonática

17-ROCHA REGIONAL (cont.)
L - Ardósia
M - Gnaisse 1-Cataclástico
N - Xisto 2-Vulcano-clástico
O - Quartzito
P - Mármore
Q - Filito
R - Hornfels
S - Ígnea Ácida
T - Ígnea Alcalina
U - Ígnea Máfica/Ultram.
V - Vulc. Ácida
X - Vulc. Básica/Interm.

18-IDADE GEOLÓGICA (2 colunas)
A - Pré-Cambriano
B - Eo-Cambriano
C - Paleozóico
D - Cambriano
E - Ordoviciano
F - Siluriano
G - Devoniano
H - Carbonífero
I - Permiano
J - Mesozóico
K - Triássico
L - Jurássico
M - Cretáceo
N - Cenozóico
O - Terciário
P - Quaternário
X - Indeterminada

2ª Coluna
I - Inferior
M - Médio
S - Superior
X - Indeterminado

20-PLUVIOSIDADE DURANTE A COLETA
A - Período Seco
B - Chuvas esparsas
C - Chuvas diárias
D - Chuvas fortes recentes
E - Chuvas torrenciais

21-TIPO DE VEGETAÇÃO
A - Terras cultivadas/pastagens
B - Floresta Fechada
C - Floresta Aberta
D - Caatinga/Agreste
E - Cerrado
F - Pantanal
G - Manguezal

22-SITUAÇÃO TOPOGRÁFICA
A - Pé de Encosta
B - Meia Encosta
C - Topo

23-SITUAÇÃO DA AMOSTRA
A - Leito Seco
B - Leito Ativo ao N. Água
C - Leito Ativo Acima N. Água
D - Leito Ativo Acima N. Água
E - Banco
F - Superfície

27-FORMA ÍGNEA
A - Plutônica
B - Extrusiva
C - Dique ou Sill

28-SITUAÇÃO ESTRUTURAL
A - Fratura ou Junta
B - Cisalhado ou Falha
Z - Outra

29-MATRIZ (Predominante)
A - Sílica
B - Fe/Mn
C - Carbonato
D - Argila
Z - Outra

30-GRAU INTEMPERISMO/Oxidação
A - Decomposto ou Oxidado
B - Parcialmente ou Oxidado
C - Fresco ou não Oxidado

31-TIPO DE ALTERAÇÃO
A - Propilitização
B - Argilitização
C - Silicificação
D - Sericitização
E - Feldspatização
Z - Outros

33-MINERAL/MINÉRIO
A - Metais Preciosos
B - Metais não Ferrosos
C - Metais Ferrosos
D - Metais Leves
E - Sb, As, Bi, Hg, Zr.
F - Fertilizantes
G - Minerais industriais
Z - Outros

34-CARACT. DEP. MIN.
A - Veio
B - Amas
C - Estratiforme
D - Nível Mineralizado
E - Veio+Amas
F - Veio+Estratiforme
G - Amas+Estratiforme
H - Veio+Amas+Estratif.

A - Maciço
B - Disseminado
C - Substituição
D - Preenchimento
E - Maciço+Substit.
F - Maciço + Preench.
G - Disseminado+Substit.
H - Disseminado+Preench.

38-VELOC. CORRENTE
0 - Parado
1 - Lento
2 - Baixo
3 - Moderado
4 - Rápido

39-NÍVEL DA ÁGUA
0 - Seco
1 - Baixo
2 - Normal
3 - Alto
4 - Caudaloso

40-ÁREA DRENAGEM
1- Até 10 Km²
2- 10Km² - 50 Km²
3- 50Km² - 100 Km²
4- 100Km² - 500 Km²
5- 500Km² - 1000 Km²
6-1000Km² -10000 Km²
7-Acima de 10000 Km²

41-TURBIDEZ DA ÁGUA
0-Nenhuma 2-Moderada
1-Pouca 3-Muita

42-POSIÇÃO NO LEITO
D- Margem Direita
E- Margem Esquerda
C- Calha

43-COR DA ÁGUA
A - Clara
B - Vermelha
C - Marrom
D - Cinza
E - Preta
F - Branca
G - Laranja
H - Verde
I - Amarela

44-ARREDONDAMENTO
A - Anguloso
B - Subanguloso
C - Subarredondado
D - Arredondado

48-GRANULOMETRIA
(Usar 2 colunas)
Máximo e mínimo
A-Maior do que
B-2,00 mm - 9 Mesh Tyler
C-1,00 mm- 16 " "
D-0,50mm- 32 " "
E-0,25mm- 60 " "
F-0,177mm- 80 " "
G-0,147mm-100
M- Menor do que

49-TEXTURA DO SOLO/SED
Usar em cada um dos campos números de 1 - 9 significando a porcentagem de cada um dos seguintes elementos:
Cascalho, Areia, Silte, Argila e Matéria Orgânica

50- COR DO SOLO
Idêntico ao Campo 43

52-HORIZONTE SOLO
A - A
B - B
C - C
D - A 00
E - A 0
F - B 1
G - B 2
H - Não Identificado
I - Composto
J - Sem zoneamento Ap

53-TIPO DE SOLO
A - Latorítico
B - Salino
C - Orgânico
D - Colúvio Bem Drenado
E - Colúvio Mal Drenado
F - Jovem
G - Não especificado

55-AMBIENTE BIÓTICO
A - Xerófito
B - Mesófito
C - Hidrófito
D - Freatófito
E - Holófito
F - Epífito
G - Parasítico
H - Saprofítico

19 MATERIAL COLETADO (NÃO SE APLICANDO QUALQUER DOS CÓDIGOS ABAIXO, ESTABELEÇA OUTROS E COMUNIQUE AO DEGEOI)

ÁGUA FREÁTICA	AGFT
ÁGUA FLUVIAL	AGFV
AGLOMERADO	AGLM
ALASKITO	ALSK
ALCANIGRANITO	ALGR
ALCALISIENITO	ALSN
ALUVIÃO	ALUV
ANDESITO	ANDS
ANFIBOLITO	ANFB
ANIDRITA	ANDR
ANORTOSITO	ANRT
ANTRACITO	ANTR
APLITO	APLT
ARCÓSEO	ARCS
ARDÓSIA	ARDS
AREIA	AREA
ARENITO	ARNT
ARENITO LÍTICO	ARLT
ARENITO LITO-FELDSPÁTICO	ARLF
ARGILA	ARGL
ARGILITO	ARGT
AUGENGNAISSE	AUGS
BASALTO	BSLT
BASALTO TOLEÍTICO	BTLT
BASANITO	BSNT
BAUXITO	BAXT
BENTONITA	BNTN
BOSTONITO	BSTN
BRECHA	BRCH
B. DE FALHA	BRFL
B. VULCÂNICA	BRVL
BROTOS	BRTO
CALCARENITO	CCRN
CALCÁRIO	CALC
CALCÁRIO DOLM	CLCD
CALCÁRIO FERRG.	CLFR
CALCÁRIO OOLITIC.	CLOL
CALCÁRIO SILIC.	CLSL
CALICHE	CLCH
CARBONATITO	CABN
CARVÃO	CARV

CASCALHO	CSCL
CATACLASITO	CTCL
CAULIM	CALM
CHARNOCKITO	CHRK
CHERT	CHRT
COLUVIÃO	COLV
CONC. NATURAIS	CNNT
CONC. ARTIFICIAIS	CNAR
CONCR. ARENOSAS	CARN
CONCR. CARBONÁTICAS	CCAR
CONC. FERRUGINOSAS	CFER
CONCR. MANGANÍFERAS	CMAN
CONCR. PIRITOSAS	CPIR
CONCR. SILICOSAS	CSIL
CONGLOMERADO	CNGL
COQUINA	COQN
CROMITITO	CRMT
CAULE	CALE
DACITO	DCIT
DIABÁSIO	DIBS
DIATOMITO	DTMT
DIORITO	DORT
DOLOMITO	DLMT
DUNITO	DUNT
ECLOGITO	ECLG
EMBRECHITO	EMBR
EPIBOLITO	EPBL
EPIDIABÁSIO	EPDB
EPIDIORITO	EPDR
EPIDOTITO	EPDT
ESKARNITO	ESKN
ESPILITO	ESPL
ESSEXITO	ESSX
EVAPORITO	EVPR

FELSITO	FLST
FENITO	FNIT
FILITO	FLTO
FILONITO	FNTO
FOIAITO	FOIT
FOLHELHO	FLHH
FOLHELHO CARBONOSO	FLHC
FONOLITO	FNLT
FOSFATO	FSFT
FOSFORITO	FSIT
FOLHAS	FLHA
FRUTOS E/OU SEMENTES	FRTO
GABRO	GBRO
GIPSO	GPSO
GNAISSE	GNSS
GOSSAN	GSSN
GRANITO	GRNT
GRANODIORITO	GRDR
GRANULITO	GRNL
GRAUVACA	GRVC
GREENSTONE	GRNS
GREISEN	GRSN
GRIT	GRIT
HORNBLENDITO	HBLD
HORNFELS	HRFL
HUMUS	HUMS
IGNIMBRITO	IGMB
IJOLITO	IJLT
ITABIRITO	ITBR

JACUPIRANGUITO	JPGN
JASPILITO	JPLT
KERATÓFIRO	KRFR
KIMBERLITO	KMBL
LAMPRÓFIRO	LMPF
LATERITA	LTRT
LATITO	LTIT
LAVA	LAVA
LEUCITAFONOLITO	LCFN
LEUCITASIENITO	LCSN
LIMBURGITO	LMBG
LIMONITA	LMNT
LINHITO	LNHT
LOESSITO	LSST
MALIGNITO	MLGN
MANGERITO	MNGT
MARGA	MRGA
MÁRMORE	MRMR
MATERIAL DE VEIO	MTRV
MELAFIRO	MLFR
METABÁSITO	MBST
METAGABRO	MGBR
METAPERIDOTITO	MPRT
METASEDIMENTO	MSED
METAVULCÂNICA	MVLC
MIGMÁTITO	MGMT
MILONITO	MLNT
MONZONITO	MNZN
MUDSTONE	MDSN

NEFELINAMONZONITO	NFMZ
NEFELINASIENITO	NFSN
NEFELINITO	NFLT
NÓDULOS	NDLO
NORDMARKITO	NDMR
NORITO	NRTO
OCEANITO	OCNT
OLIVINABASALTO	OBSL
OLIVINAGABRO	OGBR
OOZE	OOZE
ORTOQUARTZITO	ORQZ
ORTOGNAISSE	ORGN
PARAGNAISSE	PRGN
PEGMATITO	PGMT
PELITO	PLIT
PERACIDITO	PRCD
PERIDOTITO	PRDT
PICRITO	PCRT
PIROXENITO	PRXT
PORFIRITO	PRFR
PÓRFIRO	PRFO
PLANTA INTEIRA	PLIN
QUARTZITO	QTZT
QUARTZO	QRTZ
QUARTZO BASALTO	QZBS
QUARTZO DIORITO	QZDR
QUARTZO GABRO	QZBG
QUARTZO KERATÓFIRO	QZKT
QUARTZO LATITO	QZLT
QUARTZO MONZONITO	QZMZ
QUARTZO PORFIRITO	QZPT
QUARTZO PÓRFIRO	QZPR
QUARTZO SIENITO	QZSN

RIODACITO	RDCT
RIOLITO	RILT
ROCHA DE DIQUE	RDIQ
ROCHA GRANÍTICA	RGNT
ROCHA ÍGNEA	RIGN
ROCHA METAMÓRFICA	RMET
ROCHA PLUTÔNICA	RPLT
ROCHA SEDIMENTAR	RSED
ROCHA VULCÂNICA	RVLC
RAIZES	RAIZ
SERPENTINITO	SRPN
SHONQUINITO	SNQN
SIENITO	SINT
SILTE	SILT
SILTITO	SLTT
SODALITASIENITO	SDSN
SOLO	SOLO
TACTITO	TCTT
TAQUILITO	TQLT
TEFRITO	TFRT
TERALITO	TRLT
TESCHENITO	TSCN
TILITO	TILT
TINGUAITO	TNGT
TONALITO	TNLT
TRAQUIANDESITO	TRAD
TRAQUIBASALTO	TRBS
TRAQUITO	TRQT
TRAVERTINO	TRVT
TUFO	TUFO
TURFA	TRFA
VIDRO VULCÂNICO	VVLC
VITRÓFICO	VTRF
XISTO	XSTO
XISTO BETUMINOSO	XSBT

Figura 9-Códigos utilizados no preenchimento das fichas de campo

1º caráter: deixado em branco

2º caráter: unidade geológica sobre a qual a amostra foi coletada.

A = GRUPO CASTRO
B = GRUPO AÇUNGUI
C = GRANITO CUNHAPORANGA
D = GRANITO SERRA DO CARAMBEÍ
E = FORMAÇÃO PONTA GROSSA
F = FORMAÇÃO FURNAS
G = FORMAÇÃO ITARARÉ
H = INTRUSIVAS MESOZÓICAS
I = COMPLEXO GNÁISSICO MIGMATÍTICO

3º caráter: classe e categoria da amostra.

1 = Sedimento de corrente, rotina
2 = Sedimento de corrente, duplicata normal
3 = Sedimento de corrente, réplica
4 = Sedimento de corrente, duplicata não peneirada
5 = Concentrado de bateia, rotina

4º e 5º caráter: tipo petrográfico do local da amostragem

00 - sem afloramento
01 - andesito
02 - arcósio
03 - arenito
04 - argilito
05 - brecha vulcânica
06 - basalto
07 - calcário
08 - conglomerado
09 - dacito
10 - diabásio
11 - diamictito
12 - diorito
13 - diorito pórfiro
14 - dolomito
15 - filito
16 - folhelho
17 - granito
18 - gabro
19 - ignimbrito
20 - meta-arenito
21 - meta-siltito
22 - micaxisto
23 - microdiorito
24 - migmatito
25 - rocha cataclástica
26 - riolito
27 - siltito
28 - quartzo microdiorito
29 - quartzito
30 - tufo vulcânico
31 - outros tipos

Figura 10 - Códigos utilizados no preenchimento da codificação livre

geológicas de maior potencial metalogenético, caso da sequência vulcano-sedimentar do Grupo Castro, dos granitos e dos metassedimentos do Grupo Açungui. No restante da área, coberta pelo pacote sedimentar da Bacia do Paraná, pouco promissor em conter mineralizações, adotou-se uma malha da ordem de uma amostra por 8 km^2.

O tamanho das bacias de captação situou-se predominantemente ao redor de 5 e 48 km^2, respectivamente nas regiões de maior e menor densidade de amostragem.

No sentido de creditar à amostra uma maior representatividade de sua área de captação, optou-se por amostragem do tipo composta, que consistiu na coleta de material em vários pontos ao longo da drenagem, numa distância variável de 5 à 20 metros. Naturalmente, houve casos de amostragem pontual, motivada geralmente pela escassez de sedimento.

A fração do sedimento mais visada foi a porção fina (areia, silte e argila), evitando os termos grosseiros e a matéria orgânica, principalmente esta última em razão de sua capacidade natural de acumular certos elementos.

5.4 - Desenvolvimento da amostragem

A coleta foi executada sempre com as mãos, procurando-se colher o material situado no leito ativo e abaixo do nível de água do rio, preferencialmente aquele depositado na calha da drenagem, evitando-se tanto quanto possível os sedimentos próximos das margens, por estarem mais sujeitos a contaminações. O material assim coletado, era recolhido em uma bacia plástica, peneirado, misturado, quarteado, embalando-se a seguir uma parcela em torno de meio litro, em dois sacos plásticos, desprezando-se o restante. No caso utilizou-se uma peneira com malha de nove *mesh* (fotos nºs 30, 31, 32 e 33).

A prospecção por concentrado de bateia restringiu-se a áreas de ocorrência das rochas graníticas e dos litotipos do Grupo Castro, onde foram coletadas cerca de 50 exem-

Foto nº 30 - Sequência da amostragem. Lavagem da bacia utilizada para a coleta com a finalidade de se eliminar as possíveis contaminações de coletas anteriores.

Foto nº 31 - Sequência da amostragem. Coleta do sedimento de corrente com a utilização das mãos.

Foto nº 32 - Sequência da amostragem. Peneiramento do material a menos de 2 mm.

Foto nº 33 - Sequência da amostragem. Depois de quarteado o sedimento é colocado em saco plástico etiquetado e, posteriormente embalado em saco de lona também etiquetado.

plares. De modo geral a amostragem foi distribuída sobre aqueles terrenos de forma uniforme e em drenagens de 3ª ordem, com bacias de captação de tamanhos semelhantes, próximos de 50 km^2. Apenas a localidade de Cerrado do Chico Taquara, a noroeste de Castro, conhecida pela presença de ouro aluvionar, foi alvo de uma prospecção mais detalhada. Em toda estação de coleta, além do concentrado de bateia, amostrou-se também um exemplar de sedimento de corrente.

Para obtenção dos minerais pesados, deu-se preferência a amostragem da porção grosseira do sedimento. Tal material, após recolhido em um balde plástico de volume conhecido, era trabalhado em uma bateia de madeira para a separação da fração pesada. Normalmente bateou-se um volume de 15 litros; excepcionalmente até 30 litros quando da escassez daquela fração.

5.5 - Estudo da variância de amostragem

Cerca de 22 estações de coleta foram escolhidas para testar a variância de amostragem do projeto e das equipes. Em cada uma delas foram coletadas duas amostras, uma de rotina e outra de avaliação.

Um meio de verificar se há ou não variação significativa na coleta é tomar os pares de amostras das estações e aplicar o teste "t" de Student, supondo a hipótese nula de que as médias das duas populações são iguais.

A tabela I mostra os resultados analíticos para cobre, chumbo, zinco, níquel e cobalto de cada estação. As amostras estão designadas pelo número de campo e separadas em duas populações. Uma constituída pelo número da amostra, composto pela sigla do coletor mais algarismos arábico (população normal -N) e outra constituída pelos mesmos símbolos mais a letra A (população A). A designação destas populações no ato da coleta foi aleatória.

Supondo que as duas populações apresentam distribuições normais, caracterizadas pelas médias μ_N e μ_A, a hi-

CPRM

TABELA - I - RESULTADOS ANALÍTICOS DE 22 PARES DE AMOSTRAS (DUPLICATAS).

PARES DE AMOSTRAS \ ELEMENTOS	Cu	Pb	Zn	Co	Ni
KY - 115	4	6	6	3	4
KY - 115 A	4	8	8	3	5
KY - 136	6	17	55	7	7
KY - 136 A	4	15	40	3	6
KY - 157	7	14	40	10	10
KY - 157 A	8	17	50	13	12
KY - 177	5	7	35	7	10
KY - 177 A	5	6	29	6	9
KY - 193	3	3	5	3	5
KY - 193 A	4	3	6	3	6
KY - 207	6	6	8	3	4
KY - 207 A	5	4	7	3	3
KY - 225	5	10	55	20	6
KY - 225 A	7	18	130	45	16
KY - 248	40	20	25	3	19
KY - 248 A	30	18	22	3	16
KY - 261	8	13	29	8	6
KY - 261 A	5	12	27	7	6
KY - 280	27	10	28	7	20
KY - 280 A	10	9	24	6	14
KY - 302	16	20	45	10	20
KY - 302 A	16	20	50	10	21
KY - 336	6	8	10	3	10
KY - 336 A	6	8	10	3	8
IL - 018	6	6	17	3	4
IL - 018 A	6	4	14	3	4
IL - 036	9	6	40	6	13
IL - 036 A	9	8	40	7	11
IL - 054	25	15	40	17	15
IL - 054 A	27	16	40	18	16
IL - 072	20	12	35	11	12
IL - 072 A	20	10	35	12	12
IL - 090	9	8	11	3	8
IL - 090 A	7	8	12	3	10
IL - 108	12	22	45	11	23
IL - 108 A	10	20	40	9	19
IL - 126	19	40	30	15	30
IL - 126 A	18	35	30	16	35
IL - 144	13	17	75	12	18
IL - 144 A	11	16	75	9	16
IL - 162	22	24	90	10	20
IL - 162 A	22	27	85	10	20
IL - 180	14	16	60	5	16
IL - 180 A	8	9	35	3	9

TABELA - II - TESTE t DE STUDENT PARA AS EQUIPES KY, E IL E EM CONJUNTO.

$H_0: \mu_N = \mu_A$

KY

	t	ν	$\bar{\Delta}$	S_Δ
Cu	1,508	11	2,416	5,550
Pb	-0,402	11	-3,333	2,871
Zn	-0,784	11	-5,166	22,814
Co	-0,601	11	-1,333	7,679
Ni	-0,501	11	-0,583	4,033

$t_{(11;\,5{,}0\%)} = 2{,}20$

IL

	t	ν	$\bar{\Delta}$	S_Δ
Cu	1,632	9	1,100	2,132
Pb	1,345	9	1,300	3,057
Zn	1,499	9	3,200	7,804
Co	0,635	9	0,300	1,494
Ni	-0,411	9	-0,800	6,160

$t_{(9;\,5{,}0\%)} = 2{,}26$

KY+IL

	t	ν	$\bar{\Delta}$	S_Δ
Cu	1,981	21	1,818	4,305
Pb	0,639	21	0,409	3,002
Zn	0,296	21	-1,136	17,865
Co	-0,685	21	-0,818	5,603
Ni	-0,363	21	0,273	3,521

$t_{(21;\,5{,}0\%)} = 2{,}07$

t TESTE t DE STUDENT

ν GRAUS DE LIBERDADE

$\bar{\Delta}$ MÉDIA DAS DIFERENÇAS ENTRE OS PARES DE AMOSTRAS

S_Δ DESVIO PADRÃO DAS DIFERENÇAS ENTRE OS PARES DE AMOSTRAS

pótese nula Ho: $\mu_N = \mu_A$ foi testada e seus resultados estão apresentados na tabela 11.

Comparando os "t" calculados com a tabela de distribuição "t" de Student, verifica-se que os valores críticos de "t" a 5% são iguais a 2,20, 2,26 e 2,07 para 11,9 e 21 graus de liberdade, respectivamente. Como os "t" calculados para todos os casos caem dentro dos respectivos intervalos não críticos (-2,20 a + 2,20, -2,26 a + 2,26 e -2,07 a +2,07), a hipótese nula é aceita.

Assim sendo, verifica-se que não há diferença significativa na amostragem. Além do mais, considerando o fato de que neste caso há uma soma de variâncias ou seja, de amostragem mais de laboratório, conclui-se que esta variação total é perfeitamente aceitável, tanto no conjunto como entre as equipes.

6 - PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E TÉCNICAS ANALÍTICAS

6.1 - Considerações gerais

Os diversos meios amostrados na região da presente investigação foram analisados no Laboratório de Análises Minerais - LAMIN (CPRM-RIO).

Os sedimentos de corrente foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica para Cu, Pb, Zn, Ni, Co e Mo, por colorimetria para As, enquanto as amostras de rocha e solo por espectrografia de emissão semi - quantitativa para 30 elementos (Fe, Mg, Ca, Ti, Mn, Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, La, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Sc, Sn, Sr, V, W, Y, Zn e Zr). Em concentrado de bateia executou-se análise mineralógica qualitativa, determinações de Au por absorção atômica, As por colorimetria e para 30 elementos por espectrografia.

6.2 - Preparação das amostras

As primeiras tarefas relacionadas à preparação das amostras foram executadas no laboratório instalado na SUREG-SP. Os sedimentos de corrente e os solos foram secados em estufa a 80°C, desagregados e peneirados à granulometria inferior a 80 *mesh*, enquanto os concentrados de bateia requereram apenas uma secagem e a pesagem em balança de precisão. Posteriormente, no LAMIN, os sedimentos de corrente e solos sofreram uma pulverização a menos 150 *mesh*, enquanto os concentrados de bateia, uma pulverização em gral de ágata entre 100 e 120 *mesh*.

As amostras de rocha, por sua vez, remetidas *in natura* ao LAMIN, foram fraturadas em pequenos fragmentos, britadas à fração de mais ou menos 5 mm, quarteadas e pulverizadas a menos 150 *mesh*.

6.3 - Espectrofotometria de absorção atômica

As determinações para Cu, Pb, Zn, Co e Ni foram

realizadas numa mesma tomada de amostra. Uma grama de amostra pulverizada a menos 150 *mesh*, tratada com ácido nítrico concentrado à quente por duas horas, 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. De maneira semelhante mas com abertura mais forte, foi executada a análise para o Mo, entretanto, por apresentar um limite inferior de sensibilidade muito alto (2 ppm), o que forneceu um número muito pequeno de resultados definidos, além da importância geoquímica deste elemento, resolveu-se mandar reanalisá-lo parcialmente (amostras do Grupo Castro) nos laboratórios da PURIQUIMA LTDA, cujo limite de sensibilidade para este método é de 0,5 ppm.

A análise para Cu, Pb, Zn e Ni foi efetuada também por meio de extração a frio, sendo a amostra digerida em solução aquosa de sal dissódico do ácido etileno diamino tetraacético (EDTA). A sensibilidade do método é de 3 e 1 ppm, respectivamente nos casos de Pb e de Cu, Zn, Co e Ni.

A determinação de Au foi executada em 10 mg de amostra calcinada a 700°C em forno e, tratada com uma solução de bromo a 0,5% em ácido bromídrico a quente. Após este tratamento, a amostra é diluída e o ouro extraído com metil-isobutil-cetona. Depois de várias lavagens da camada orgânica com ácido bromídrico diluído. o Au é então determinado no espectrofotômetro, calibrado com padrões de Au. O limite de sensibilidade do método para esse elemento é de 0,05 ppm.

6.4 - Espectrografia de emissão

Neste método, 10 mg de amostra previamente moída à granulometria inferior a 150 *mesh*, são misturadas com 20 mg de pó de grafita, espectrograficamente pura, sendo a mistura colocada em eletrodo de grafita. As amostras são queimadas em espectrógrafo *Wadsworth* 1,5 m, da *Jarrel Ash*, durante dois minutos e quinze segundos e, as linhas emitidas

pelos elementos são registradas em filmes *Kodak* SA-1. A revelação é feita com o revelador *Kodak* D-19, durante dois minutos, a 18°C. A comparação do filme das amostras com um filme de padrões espectrográficos, obtidos em iguais condições, é feita visualmente em comparador *Jarrel Ash*.

Os padrões utilizados obedecem a série 1-2-5-10-20-50-100 ppm, etc e, interpolações visuais entre esses valores são sempre dados como 1,5- 3- 7- 15- 30- 70 ppm, etc.. A precisão (reprodutividade) de um valor tabulado é de mais ou menos um intervalo num limite de confiança de 68%, ou dois intervalos num limite de confiança de 95%.

6.5 - Colorimetria

Para a determinação de As a amostra é fundida em hidróxido de potássio e água. A solução é acidulada com ácido clorídrico e, após introdução do zinco metálico *mossy*, a arsina que se desprende dentro de um sistema fechado reage com um papel impregnado com cloreto mercúrico. A cor amarelada obtida é comparada visualmente com padrões e relacionada a ppm de As. A sensibilidade do método é de 10 ppm.

6.6 - Análise mineralógica qualitativa

A análise mineralógica qualitativa compreende a estimativa volumétrica dos minerais presentes em cada fração magnética de concentrados, utilizando-se o separador isodinâmico Franz.

A estimativa volumétrica é feita por meio de lupa binocular, usando-se quando necessário, o microscópio polarizado. Os resultados são fornecidos em intervalos de percentagens, em relação ao volume de amostra analisada, representados pelos qualificadores X, Y e Z que significam respectivamente, maior do que 50%, entre 5 a 50% e menor do que 5%.

6.7 - Avaliação da qualidade das análises de Cu, Pb, Zn, Ni e Co por AA

O método analítico mais utilizado neste projeto constou da digestão das amostras por HNO_3 concentrado à quente e leitura por espectrofotometria de absorção atômica.

Como foi esta metodologia analítica quem mais norteou a prospecção, somente ela foi alvo de uma avaliação de confiabilidade.

O critério empregado nesta avaliação foi o seguinte: coletou-se numa única estação de amostragem, quantidade apreciável de material, no caso, sedimento ativo de corrente, misturou-se bem em uma bacia de plástico, secou-se em vários pratinhos de papelão a 90°C, misturando-se novamente após a secagem, penerou-se em granulometria inferior a 80 *mesh* e outra vez o material foi misturado. Após este processo a amostra foi subdividida em várias réplicas e embaladas em vidrinhos apropriados..

Esta amostra foi analisada 23 vezes em períodos diferentes, ou seja, cada lote remetido ao laboratório continha uma ou mais réplicas dessa amostra-teste.

A tabela III mostra os resultados analíticos dessas 23 réplicas. Uma vista d'olhos nesses dados, ressaltam dois fatos: o primeiro com relação ao Zn, cujos resultados são altamente positivos, realçando a precisão do método. Seus valores variam em torno de 35 ppm $\pm$ 5 ppm (17 amostras com 35 ppm, três com 30 ppm e outras três com 40 ppm). O segundo fato é com relação ao Ni, neste caso dois grupos são destacados, os primeiros 14 resultados tem seus valores variando de 8 a 9 ppm (seis amostras com 9 ppm e oito com 8 ppm), enquanto que as nove últimas amostras representam teores entre 10 e 17 ppm, com a maioria dos valores girando em torno de 14 ou 15 ppm. Esses fatos em relação ao Ni indicam a introdução ou eliminação de algum erro sistemático num desses períodos.

6.8 - Precisão dos resultados analíticos

A precisão refere-se a repetibilidade de uma medi

CPRM

TABELA - III -RESULTADOS ANALÍTICOS EM PPM DE UMA MESMA AMOSTRA DOSADA 23 VEZES, EM PERÍODOS DIFERENTES, POR AA.

NÚMERO DE CAMPO	NÚMERO DE LABORATÓRIO	Cu	Pb	Zn	Ni	Co
IL-037 A	IAJ-697	9	14	35	9	8
KY-177 B	IAJ-712	8	14	35	9	8
IL-019 A	IAJ-721	8	12	30	8	4
KY-115 B	IAJ-746	8	12	30	8	7
KY-136 B	IAJ-769	11	12	35	8	5
KY-154 A	IAJ-788	10	13	35	9	7
KY-193 B	IAJ-805	9	8	35	9	8
IL-055 A	IAJ-834	9	10	30	8	8
IL-073 A	IAJ-840	9	12	35	8	8
IL-091 A	IAJ-882	11	15	40	8	6
KY-207 B	IAJ-895	10	13	35	8	7
KY-225 B	IAJ-915	11	13	35	8	7
KY-248 B	IAJ-940	10	12	35	9	7
KY-261 B	IAJ-955	10	11	35	9	8
IL-109 A	IAJ-971	9	12	35	15	7
IL-127 A	IAJ-991	10	15	35	15	8
IL-145 A	IAK-012	10	14	35	14	8
IL-181 A	IAK-035	10	10	40	15	7
KY-280 C	IAK-062	10	8	35	14	7
KY-302 B	IAK-086	10	12	35	14	7
KY-318 B	IAK-104	10	11	35	15	8
KY-336 B	IAK-124	10	16	40	17	7
IL-163 A	IAK-145	10	12	35	10	8

da. Quanto mais preciso for o método, mais os resultados se agruparão em torno da média.

Uma boa técnica de avaliação da precisão de um método analítico, é através da verificação da disposição dos valores em relação a média (Addas, 1978). Ela é estruturada pelo desvio padrão ou desvio geométrico (caso a distribuição seja log normal) do erro da distribuição.

As 23 réplicas, oriundas de uma mesma amostra foram alvo de um tratamento estatístico, cujos parâmetros estão na tabela IV.

O coeficiente de variação é mais informativo do que o desvio padrão (ou geométrico). Quanto mais baixo for o coeficiente de variação, menor será o erro da distribuição e, portanto, mais preciso será o método.

A precisão é definida pelo coeficiente de variação que deve ser multiplicado por 100, para expressar o erro da distribuição em relação ao valor médio, em porcentagem.

O método analítico em avaliação, apresentou os seguintes erros da distribuição: cobre 9,0%; chumbo 17,0%; zinco 7,0%; cobalto 14,0% e níquel 29,0%.

O maior erro de distribuição foi observado para o níquel, entretanto este desvio é perfeitamente justificável, porque o teor de níquel na amostra-teste é muito baixo, em torno de 10 ppm, por outro lado, como já foi comentado, ocorreram duas fases nessa leitura, uma com os teores girando em torno de 8,0 ppm e com um erro de distribuição de 6% e outra com os teores girando por volta de 14 ppm, com um erro de distribuição de 13%. Após contato com o laboratório, foi constatada essa diferença apenas com os valores baixos não influenciados nos teores mais elevados, portanto sem prejuízo ao projeto.

Os outros erros de distribuição são aceitáveis devendo-se novamente destacar o caso do zinco, cujo desvio de

TABELA - IV - SUMÁRIO DOS ESTIMADORES DE 23 RÉPLICAS ANALISADAS POR ABSORÇÃO ATÔMICA

ELEMENTO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA GEOMÉTRICA	DESVIO GEOMÉTRICO	COEF. VARIAÇÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	K - S	
									5%	1%
Cu	8,0	11,0	3,0	9,65	0,89	0,09	-0,44	2,37	+	+
Pb	8,0	16,0	8,0	12,30	2,06	0,17	-0,39	2,62	+	+
Zn	30,0	40,0	10,0	35,00	2,61	0,07	0,0	3,50	-	-
Co	4,0	8,0	4,0	7,17	1,03	0,14	-1,53	5,05	+	+
Ni	8,0	17,0	9,0	10,74	3,18	0,29	0,62	1,57	-	-

CPRM - PROJETO GEOQUÍMICA NA ÁREA DE CASTRO - PIRAÍ - GEOQUÍMICA REGIONAL - 1979

CPRM

apenas 7,0% é devido à algumas leituras do intervalo acima ou abaixo (35 ppm $\pm$ 5 ppm).

7 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

7.1 - Considerações gerais

Neste capítulo é feita uma avaliação e interpretação dos resultados obtidos durante o levantamento regional.

Inicialmente são expostos os critérios utilizados na interpretação e, em seguida, especificada a documentação gráfica que acompanha o texto. Os elementos alvos foram estudados em separado, segundo o tipo de material amostrado, ou seja, sedimento de corrente e concentrado de bateia.

Com base no tratamento estatístico dos elementos, equacionado segundo parâmetros geológicos-geoquímicos, foi feita a interpretação dos dados analíticos. Desta forma, visou-se conhecer a distribuição dos elementos analisados bem como selecionar, para o *fill in*, aquelas drenagens que revelaram resultados geoquímicos promissores.

7.2 - Critérios para interpretação

7.2.1 - Populações alvos

O substrato rochoso sobre o qual foram tomadas as observações, visando verificar a potencialidade metalogenética objeto deste trabalho, é quem norteou a discriminação das populações alvos.

Além dos grandes traços geológicos, englobando uma ou mais sequência estratigráfica, foram utilizados nessa seleção outros condicionantes a fim de torná-la mais homogênea possível dentro dos limites de suas células. Entre esses discriminantes foi adotado, nos litotipos populacionais, o tamanho da área de captação à montante do ponto de coleta.

O material amostrado constituiu-se de aluviões *in natura* e, em alguns casos previamente estabelecidos, de sua fração pesada, após a concentração por bateia. As grandes populações tratadas estão a seguir relacionadas:

Área total: engloba todas as amostras tratadas estatisticamente;

Grupo Castro: compreende os sedimentos de corrente que drenam as rochas desta unidade estratigráfica;

Granitos: conjunto das amostras coletadas no domínio das rochas graníticas;

Migmatitos: população constituída pelas amostras oriundas de áreas ocupadas por rochas migmatíticas;

Formação Furnas: amostras coletadas na região coberta pelos arenitos Furnas;

Formação Ponta Grossa: conjunto de amostras procedentes de áreas onde afloram os sedimentos desta formação.

A sequência vulcano-sedimentar do Grupo Castro está subdividida ainda em parcelas menores, com base nas suas características litológicas ou no porte de suas bacias de captação, obtendo-se unidades mais homogêneas ao comportamento geoquímico. No primeiro caso, definiu-se as seguintes subpopulações litológicas: riolitos, representando a sequência vulcânica ácida; andesitos, representando a sequência vulcânica intermediária; siltitos e arcósios, e conglomerados: representando a sequência clástica. No segundo caso, estabeleceu-se as sub-populações do Grupo Castro com áreas de drenagem inferior a 5 km^2, entre 5 - 10 km^2 e 10 - 20 km^2.

A quantidade de amostras de minerais pesados, obtida das aluviões, não permitiu a adoção das mesmas populações usadas para os sedimentos de corrente, desta feita, adotou-se apenas três populações alvos: Área total, Grupo Castro e Granitos.

7.2.2 - Processamento eletrônico

Face ao grande número de informações geradas, quer pela fase de campo, quer pelos resultados das análises efetuadas, tornou-se necessária a utilização de computador para processar em tempo hábil e a baixo custo os dados obtidos.

As populações alvos foram inicialmente examinadas através de tabelas de frequência, histogramas, média geométrica, desvio geométrico, assimetria, curtose, coeficientes de variação, testes de distribuição (Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado) e coeficiente de correlação do momento produto de Pearson.

Para efetuar o processamento eletrônico com a aplicação dos programas do SEAG (Sistema de Estatística de Amostragem Geoquímica) da CPRM; os seguintes critérios foram utilizados:

1. As populações alvos foram testadas na busca do tipo de distribuição que melhor se coadunasse com o material coletado, método analítico e *bedrock* amostrado, optando-se pela distribuição lognormal por seis steps.

2. Considerou-se a média geométrica como o estimador de tendência central.

3. Os dados qualificados nos resultados analíticos foram eliminados através da multiplicação por 1,0 dos valores com H, 0,3 dos com N, 0,5 dos com L e 1,3 dos com G.

7.2.3 - Programas de aplicação utilizados

7.2.3.1 - Sumário das estatísticas e teste de distribuição

Este programa calcula as estatísticas descritivas das amostras (senso estatístico), estimando os parâmetros da população, supondo-a normal ou lognormal.

A hipótese normal ou lognormal é testada pelos métodos de Kolmogorov-Smirnov e do qui-quadrado.

A priori, foi admitida a hipótese lognormal para as várias populações na área do projeto, calculando-se as seguintes estatísticas e estimadores:

a) As médias foram estimadas através da média geométrica, que é o antilogarítmo da média aritmética dos loga-

rítmos;

$$X = LOG\ Y$$

onde Y é o valor analítico em porcentagem ou partes por milhão (ppm);

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

onde n é um número de valores X e $\overline{X}$ é a média aritmética dos logarítmos, e

$$MG = 10^{\overline{x}}$$

onde MG é a média geométrica de Y.

Quando a frequência de distribuição dos dados é aproximadamente simétrica em uma escala logarítmica, a média geométrica é a medida mais apropriada da tendência central (valor médio) do que a média aritmética. Entretanto, esta também deve ser obtida, mormente para verificação da abundância geoquímica ou para comparação com as médias aritméticas que constam comumente em literatura.

A variância dos logarítmos é estimada por:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=n}^{n} (x_i - \overline{x})^2}{n-1}$$

onde os dados (Y) são logaritmicamente transformados.

Para conveniência de interpretação a variância dos logarítmos é convertida para desvio geométrico onde:

$$DG = 10^S$$

cujos dados são derivados de uma população distribuída logaritmicamente. Donde, 68% dos valores da população são estimados para ocorrerem num campo de MG/DG para MG x DG e 95% da população está estimada para ocorrer num campo de MG/DG^2 para MG x DG^2.

No teste de Kolmogorov-Smirnov a hipótese nula é

rejeitada se, ao nível de 5% a diferença entre a distribuição teórica e a distribuição observada ultrapassar o valor $D = 1,36/\sqrt{n}$ e ao nível de 1% se ultrapassar $D = 1,63/\sqrt{n}$.

Convém frisar que, para o teste do qui-quadrado, o número de intervalos de classe foi subtraída de três, uma vez que são três os parâmetros estatísticos utilizados para fazer o teste ou seja, a média, a variância e o qui-quadrado.

O coeficiente de variação da amostra estima o coeficiente da variação da população:

$$C = \frac{S}{\overline{X}}$$

onde S = DG, ou seja o desvio geométrico, e $\overline{X}$ = MG, ou seja a média geométrica.

b) A assimetria e a curtose foram calculadas segundo Pearson:

$$\text{Assimetria} = \frac{M_3}{S^3}$$

onde M_3 = momento de terceira ordem centrado na média e S^3 = desvio geométrico elevado ao cubo.

$$\text{Curtose} = \frac{M_4}{S^4}$$

onde M_4 = momento da quarta ordem, centrado na média e S^4 = desvio geométrico elevado a quarta potência.

7.2.3.2 - Matriz de correlação simples

O programa calcula o coeficiente de correlação do momento produto de Pearson, indicando ainda o número de amostras que entraram no cálculo entre os diversos pares de variáveis. O coeficiente para cada par de variável é dado pela equação:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i . Y_i - \overline{X}.\overline{Y}}{S_y . S_x}$$

onde $\overline{X}$ = média da variável X

$\overline{Y}$ = média da variável Y

S_x = desvio da variável X

S_y = desvio da variável Y

A saída do programa indica, acima da diagonal principal, o coeficiente, e abaixo, o número de amostras que entram no cálculo. Os resultados são apresentados por elementos, constando em cada tabela o nome do elemento em correlação com os outros elementos.

7.3 - Apresentação gráfica

De um modo geral, neste item estão especificados os critérios utilizados na confecção de mapas gráficos constantes do relatório.

Os mapas de distribuição geoquímica dos elementos em sedimento de corrente foram executados em bases topográficas em escala 1:100.000, integradas com a geologia, expressa de maneira simplificada e compilada de cartas geológicas de diferentes autores e escalas. Cada exemplar contém as informações referentes à uma variável, cujos teores estão apresentados em intervalos por diferentes círculos, estabelecidos em função dos valores correspondentes à menor do que MG, MG a MG x DG, MG x DG a MG x DG^2, MG x DG^2 a MD x DG^3 e maior do que MD x DG^3. Ele expõe ainda um histograma de frequência que possibilita uma fácil visualização da quantidade de valores posicionados naqueles mesmos intervalos de teores. Os mapas de teores de cobre, chumbo, zinco, cobalto, níquel e arsênio estão reunidos nos anexos de III a XIV.

Da mesma maneira, foram elaborados os mapas de localização de amostragem, (anexos I e II) bem como os de anomalias, (anexos XV, XVI e XVII). Nos primeiros, locadas sobre as drenagens correspondentes, as estações de coleta estão caracterizadas por figuras geométricas, distintas conforme o meio amostrado, e identificadas pelo número de campo da amostra. Já nos mapas de anomalias, as amostras selecionadas

vem destacadas com suas bacias de captação e acompanhadas dos elementos anômalos respectivos.

Quanto aos gráficos, os mesmos foram obtidos através dos programas de apresentação gráfica do SEAG (Sistema Estatístico de Amostragem Geoquímica - da CPRM) aplicados às diversas populações consideradas. Em sua construção utilizou-se de dados logaritmizados e os intervalos de classe foram determinados por seis steps.

Na construção dos gráficos de probabilidade, para cada variável calculou-se as frequências acumuladas em intervalos de classe, plotando-se em um gráfico contendo nas abcissas uma escala de probabilidade e nas ordenadas os intervalos de classe. As frequências acumuladas estão plotadas à partir do intervalo com maior valor absoluto segundo o método do Lepeltier (1969).

Os histogramas apresentam a frequência das amostras em intervalos de classe. Naqueles, cujas populações aceitaram a distribuição lognormal foram assinalados os valores de limiar, permitindo obter uma rápida observação dos resultados anômalos e normais.

7.4 - Sedimento de corrente

7.4.1 - Considerações preliminares

Durante a geoquímica regional, foram analisadas 1387 amostras de sedimento de corrente por espectrofotometria de absorção atômica para Cu, Pb, Zn, Co, Ni e, parcialmente, para Mo. Parte delas também foi analisada para As por colorimetria.

O tratamento estatístico destas variáveis foi realizado a partir da discriminação das populações alvos, onde se utilizou precipuamente as características geológicas da área estudada, basicamente a litologia e, em alguns casos, de forma secundária, a área de captação das bacias de drenagem.

No processamento dos dados foram utilizados, principalmente, os programas de sumário das estatísticas e teste de distribuição, matriz de correlação e gráfico de probabilidade.

A análise dos resultados obtidos para cada elemento, à exceção do molibdênio, constou de uma apreciação sobre os parâmetros estatísticos calculados para cada uma das populações, suas associações com outros elementos, sua distribuição em teores na área do projeto e, finalmente, as respectivas anomalias registradas.

7.4.2 - Cobre

7.4.2.1 - Parâmetros estatísticos

Na área total do projeto, as 1387 amostras tratadas estatisticamente, apresentaram um *background* de 15 ppm para o cobre, com valores analíticos oscilando entre um mínimo de 1,5 ppm e um máximo de 140 ppm.

Verificando-se os dados da tabela V, percebe-se que, dentro das diversas populações propostas, embora sem uma predominância muito marcante, as rochas do Grupo Castro são as que mostram um maior enriquecimento para o elemento cobre, com um *background* igual a 18 ppm. A subpopulação Castro-riolitos apresentou, juntamente com a subpopulação Castro-áreas de drenagem entre 5 e 10 km^2, as médias mais altas, ou sejam, 20 ppm para aquelas e 21 ppm para estas. As áreas de drenagem estudadas no Grupo Castro mostraram um comportamento compatível com o esperado. Assim, com o aumento da área, foi observada uma diminuição nos valores de limiar, bem como nos desvios geométricos e coeficientes de variação. Dessa forma, com o aumento da área de drenagem, diminuiu a dispersão clástica, e com ela os teores do elemento cobre na fração analisada. Somente com relação às médias, é que foi notado um pequeno incremento nas áreas de drenagem entre 5 e 10 km^2. Depois dos riolitos, a subpopulação Castro-siltitos

TABELA V — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES DO COBRE EM SEDIMENTO DE CORRENTE — Cu-AA

POPULAÇÕES	NÚMERO de AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA GEOMÉTRICA (MG)	DESVIO GEOMÉTRICO (DG)	COEFICIENTE de VARIAÇÃO	GRAU de DETECÇÃO	MG x DG	MG x DG^2	MG x DG^3
ÁREA TOTAL	1387	1,5	140	15	2,025	0,803	1387:1397	30	62	125
GRUPO CASTRO	381	3,0	140	18	2,011	0,793	381: 385	36	73	146
CASTRO ANDESITOS	34	4,0	70	13	2,166	0,904	034: 035	28	61	132
CASTRO RIOLITOS	74	4,0	100	20	2,000	0,785	074: 075	40	80	160
CASTRO CONGLOMERADOS	38	6,0	75	17	1,925	0,732	038: 038	33	63	121
CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	197	3,0	140	19	1,961	0,758	197: 199	37	73	143
CASTRO AD<5	212	3,0	140	19	2,029	0,806	212: 216	39	78	159
CASTRO AD=5-10	42	6,0	60	21	1,779	0,627	042: 042	37	66	118
CASTRO AD=10-20	38	5,0	70	17	1,712	0,579	038: 038	29	50	85
GRANITOS	217	3,0	140	13	1,846	0,675	217: 218	24	44	82
GRUPO AÇUNGUI	102	1,5	100	13	2,688	1,288	102: 102	35	94	252
MIGMATITOS	18	4,0	45	15	2,236	0,954	018: 018	34	75	168
FM. FURNAS	130	1,5	75	9	2,222	0,944	130: 133	20	44	99
FM. PONTA GROSSA	16	9,0	29	18	1,460	0,392	016: 016	26	38	56

1 Dados expressos em ppm

2 MG e DG são geométricos, supondo-se a distribuição log-normal

3 AD = Área de drenagem expressa em km^2

4 Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos e transformados em relação ao total de valores analisados

5 AA = Absorção Atômica

6 MG = Background

7 MG x DG e MG x DG^2 = Alto background

8 MG x DG^2 = Limiar

9 MG x DG^2 e MG x DG^3 = Anomalia possível

10 ≥ MG x DG^3 = Anomalia provável

CPRM

e arcósios foi a que apresentou a melhor média (19 ppm) em teores de cobre, seguida pelas subpopulações Castro-conglomerados (17 ppm) e Castro-andesitos (13 ppm).

Os Granitos apresentaram uma média geométrica baixa, 13 ppm, e um limiar de 44 ppm. O Grupo Açungui, embora apresentando uma média de apenas 13 ppm, obteve os mais altos valores para o desvio geométrico (2,688) e para o coeficiente de variação (1,288), fato que contribuiu, preponderantemente, para que seu valor de limiar atingisse 94 ppm. Pela comparação desses resultados e exame do coeficiente de variação, há indicações de uma potencialidade geoquímica mais acentuada do elemento cobre nos metassedimentos Açungui. Estes foram tratados como uma única população, não só por não constituírem o alvo principal do projeto, como por apresentar inexpressiva área à sudeste da quadrícula (1:50.000) de Abapã.

As populações Migmatitos e Formação Ponta Grossa, embora mostrassem médias de 15 ppm e 18 ppm, respectivamente, parecem estar fora de um plano mais realista. Tal constatação acha-se substanciada nos seguintes fatos:

a) um número de amostras insuficientes para um bom tratamento estatístico, os Migmatitos com 18 coletas e a Formação Ponta Grossa com 16;

b) os Migmatitos mostraram um valor mínimo de 4,0 ppm e um máximo de 45 ppm, e a Formação Ponta Grossa, 9 ppm para o valor mínimo e apenas 29 ppm para o valor máximo, observando-se, numa rápida análise visual, um certo deslocamento das médias esperadas para as médias obtidas;

c) os valores de limiar, tanto para os Migmatitos (75 ppm), quanto para a Formação Ponta Grossa (38 ppm), ultrapassaram, em muito, os valores máximos fornecidos pelas duas populações, mostrando excessivo desvio geométrico, incompatível à uma aceitabilidade gaussiana.

A Formação Furnas, a não ser pelos diques de ro-

chas básicas que, em última análise, cortam toda a área do projeto, confirmou sua, pelo menos aparente, esterilidade em relação ao elemento cobre, mostrando o teor médio mais baixo (9 ppm), dentre todas as populações estudadas.

Na análise dos dados relativos aos coeficientes de variação, verifica-se que os mesmos oscilam entre 0,392 na população Formação Ponta Grossa a 1,288 no Grupo Açungui. A não ser pelos extremos que permanecem isolados, cinco populações concentram-se numa faixa de valores entre 0,801 a 0,900 e 0,901 a 1.000, quatro entre 0,701 a 0,800 e três entre 0,550 a 0,700, demonstrando uma moderada variabilidade relativa das observações.

Na tabela VI, onde estão lançados os resultados dos testes de distribuição aplicados às diversas populações, verifica-se que todas, sem exceção, aceitaram totalmente o teste Kolmogorov-Smirnov. No caso do teste qui-quadrado, embora muito mais rigoroso que o anterior, também mostrou uma boa performance, já que, a exceção da Área total e da população Migmatitos, todas as outras aceitaram-no total ou parcialmente. Apesar de aceitarem os testes qui-quadrado, parcialmente os Granitos e totalmente o Grupo Açungui, estas duas populações não aceitaram o teste de assimetria. Por outro lado, as populações Área total e Migmatitos, que rejeitaram totalmente o qui-quadrado, também o fizeram com relação ao teste da curtose.

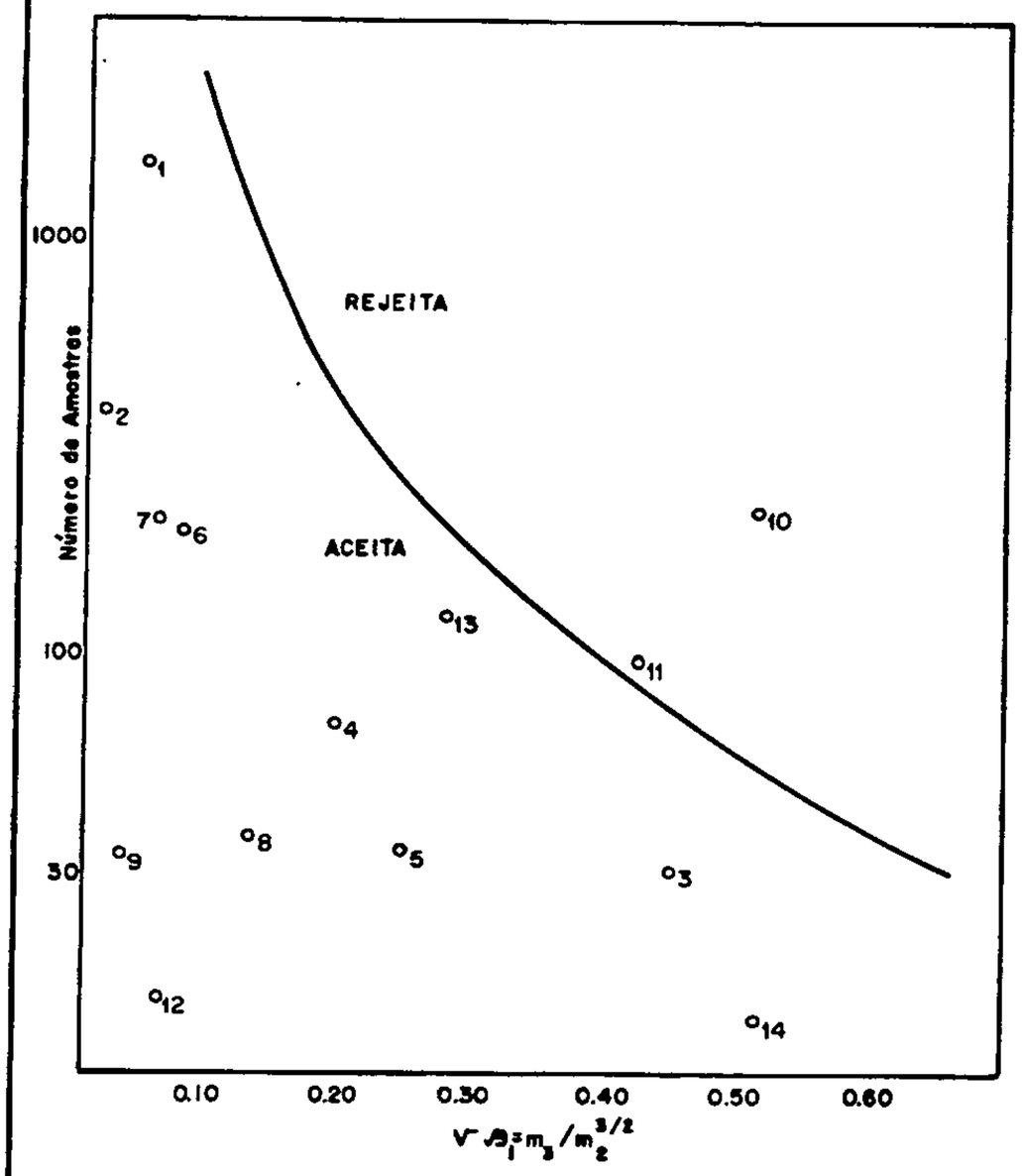
Com respeito aos histogramas (figuras 11 e 12), observa-se que, embora as populações estudadas tivessem aceitado o teste de distribuição Kolmogorov-Smirnov, somente a população Grupo Castro, a população Castro-riolitos e Castro-siltitos e arcósios tiveram seus modelos gráficos mais próximos da típica lognormalidade. Nestas, o maior número de observações ficou em torno do *background* e poucas ultrapassaram o valor do limiar calculado matematicamente. Um histograma lognormal atípico, com moderada assimetria negativa, é mostrado pela população Área total, cuja moda posiciona-se

CPRM

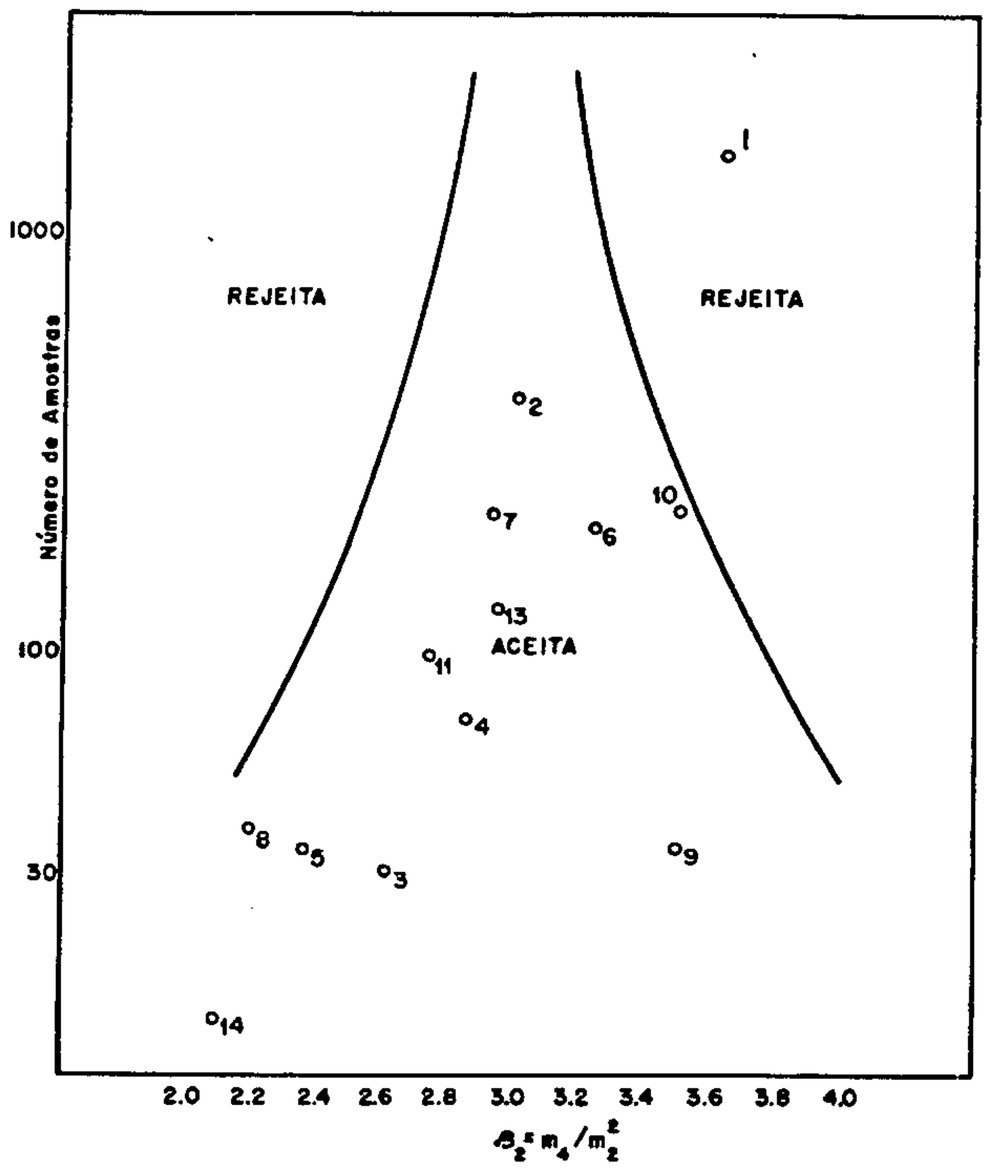
TESTES DE DISTRIBUIÇÃO

COBRE – ABSORÇÃO ATÔMICA

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%



CURTOSE - Nível de Significância de 95%



POPULAÇÕES \ TESTES DE DISTRIBUIÇÃO		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV -SMIRNOV		QUI-QUADRADO			
						F. MÍN 1.5		F. MÁX 5.0	
				5%	1%	5%	1%	5%	1%
1	ÁREA TOTAL	– 0,050	3,603	+	+	–	–	–	–
2	GRUPO CASTRO	– 0,013	3,006	+	+	+	+	+	+
3	CASTRO ANDESITOS	0,441	2,635	+	+	–	+	+	+
4	CASTRO RIOLITOS	0,188	2,866	+	+	+	+	+	+
5	CASTRO CONGLOMERADOS	0,240	2,390	+	+	+	+	+	+
6	CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	– 0,080	3,242	+	+	+	+	+	+
7	CASTRO AD<5	0,064	2,952	+	+	+	+	+	+
8	CASTRO AD=5-10	– 0,126	2,219	+	+	+	+	+	+
9	CASTRO AD=10-20	– 0,027	3,502	+	+	+	+	+	+
10	GRANITOS	0,504	3,509	+	+	–	+	–	+
11	GRUPO AÇUNGUI	– 0,418	2,749	+	+	+	+	+	+
12	MIGMATITOS	– 0,066	1,405*	+	+	–	–	n	n
13	FM. FURNAS	0,278	2,958	+	+	–	–	–	+
14	FM. PONTA GROSSA	– 0,503	2,128	+	+	+	+	n	n

(+) Aceita a hipótese nula

(–) Rejeita a hipótese nula

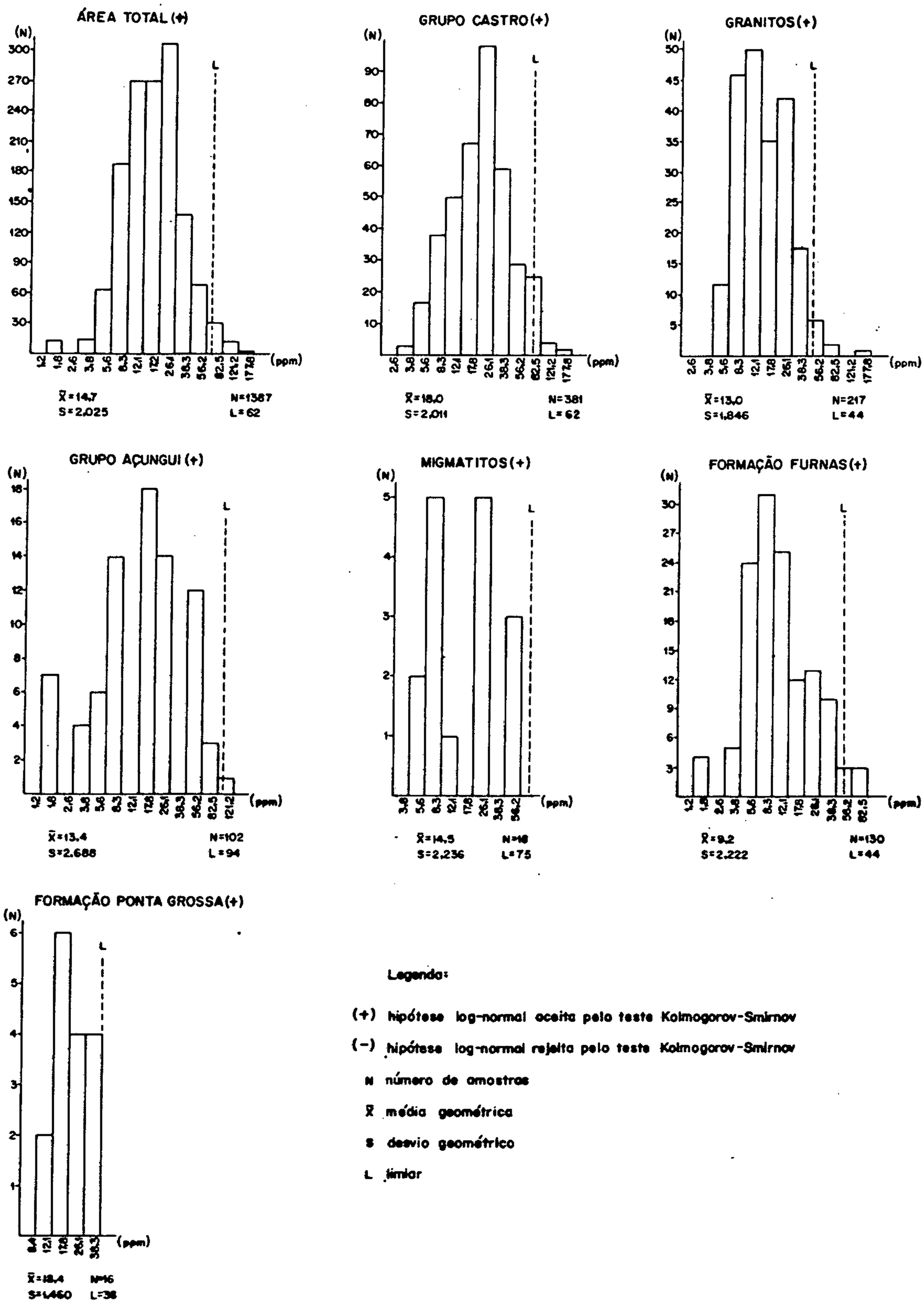
(*) Rejeitados: o ponto cai além dos limites do quadro

(n) Não realizados por insuficiência de intervalos

TABELA VI – Testes de distribuição do cobre: assimetria, curtose, kolmogorov-smirnov e qui-quadrado.

CPRM

COBRE-ABSORÇÃO ATÔMICA



Legenda:

(+) hipótese log-normal aceita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

(−) hipótese log-normal rejeita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

N número de amostras

X̄ média geométrica

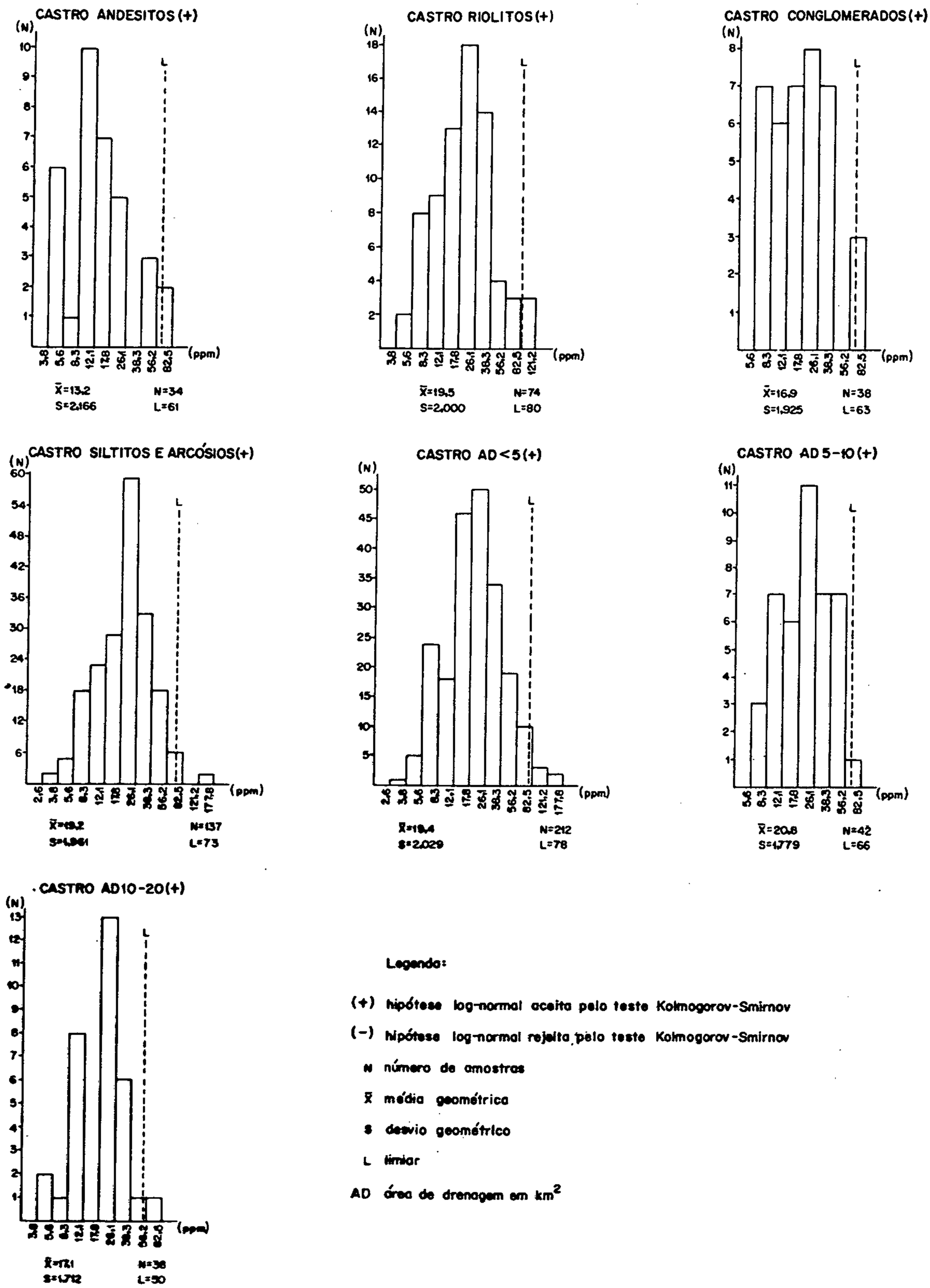
S desvio geométrico

L limiar

FIGURA 11 – Histogramas de cobre em sedimento de corrente.

CPRM

COBRE - ABSORÇÃO ATÔMICA



Legenda:

(+) hipótese log-normal aceita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

(−) hipótese log-normal rejeita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

N número de amostras

X̄ média geométrica

S desvio geométrico

L limiar

AD área de drenagem em km^2

FIGURA 12 — Histogramas de cobre em sedimento de corrente.

acima do *background*. O caso inverso, isto é, a moda situada pouco abaixo do *background*, e por conseguinte mostrando uma normalidade atípica com moderada assimetria positiva, é exibida pela população Ponta Grossa. Os demais histogramas, representativos das outras litologias, acusaram a presença de dois ou mais picos gráficos, caracterizando uma mistura de populações, não se enquadrando, portanto, dentro dos padrões da lognormalidade.

7.4.2.2 - Associação com outros elementos

A correlação do cobre com outros elementos, também analisados por absorção atômica, é mostrada na tabela VII.

Na Área total observa-se uma correlação regular do cobre com o cobalto e o níquel, e baixa com o chumbo, zinco e molibdênio.

Na população Grupo Castro a correlação é regular com o zinco, cobalto e níquel, e baixa com o chumbo e o molibdênio, mostrando-se negativa com o arsênio.

Nos andesitos, o cobre apresenta uma boa correlação com chumbo, zinco, cobalto e níquel, sendo negativa a correlação com o arsênio. Indubitavelmente, esta boa correlação indica, para as rochas andesíticas do Grupo Castro, um bom potencial para conter depósitos sulfetados.

Não obstante, os riolitos mostram apenas uma correlação regular do cobre com o cobalto e o níquel, e baixa com os elementos chumbo, zinco e molibdênio. Mais uma vez é negativa a correlação com arsênio.

A correlação do cobre nas rochas conglomeráticas do Grupo Castro, embora acuse uma associação negativa com o elemento chumbo, mostra-se boa com o níquel e regular com o zinco e o cobalto, sendo ruim com o arsênio. Apesar de uma perspectiva não muito otimista, a presença do zinco poderia modificar um pouco o panorama se fosse considerada apenas uma

CPRM

TABELA VII - MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

COBRE - ABSORÇÃO ATÔMICA

POPULAÇÕES / ELEMENTOS		Cu AA	Pb AA	Zn AA	Co AA	Ni AA	Mo AA	As Col.
ÁREA TOTAL	n	1387	1387	1387	1387	1387	380	
	Cu - AA	●	•	•	⊙	⊙	•	x
GRUPO CASTRO	n	381	381	381	381	381	370	360
	Cu - AA	●	•	⊙	⊙	⊙	•	(•)
CASTRO ANDESITOS	n	34	34	34	34	34	34	34
	Cu - AA	●	◐	◐	◐	◐	(•)	(•)
CASTRO RIOLITOS	n	74	74	74	74	74	70	61
	Cu - AA	●	•	•	⊙	⊙	•	(•)
CASTRO CONGLOMERADOS	n	38	38	38	38	38	37	38
	Cu - AA	●	(•)	⊙	⊙	◐	(•)	•
CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	n	197	197	197	197	197	191	189
	Cu - AA	●	•	⊙	⊙	◐	•	•
CASTRO AD<5	n	212	212	212	212	212		212
	Cu - AA	●	•	•	⊙	⊙	*	(•)
CASTRO AD=5-10	n	42	42	42	42	42	41	42
	Cu - AA	●	⊙	⊙	◐	◐	•	(•)
CASTRO AD=10-20	n	38	38	38	38	38	38	38
	Cu - AA	●	•	⊙	◐	◐	(•)	•
GRANITOS	n	217	217	217	217	217		
	Cu - AA	●	⊙	•	•	⊙	x	x
GRUPO AÇUNGUI	n	102	102	102	102	102		
	Cu - AA	●	⊙	◐	◐	◐	x	x
MIGMATITOS	n	18	18	18	18	18		
	Cu - AA	●	◐	◐	⊙	◐	x	x
FORMAÇÃO FURNAS	n	130	130	130	130	130		
	Cu - AA	●	⊙	◐	◐	⊙	x	x
FORMAÇÃO PONTA GROSSA	n	16	16	16	16	16		
	Cu - AA	●	⊙	⊙	⊙	●	x	x

Coeficiente de correlação

- • < 0,30
- ⊙ 0,30 a 0,59
- ◐ 0,60 a 0,79
- ● > 0,80
- ( ) inverso

- n Número de amostras processadas
- AA Absorção atômica
- Col. Colorimetria
- AD Área de drenagem em km^2
- x Elementos não analisados
- * Insuficiência de valores definidos

fonte básica (diques que cortam toda a área do projeto) para o cobre.

Nos siltitos e arcósios a situação quase não se modifica, melhorando, entretanto, a correlação do cobre com o chumbo e o molibdênio, que passa a ser baixa.

Quanto as rochas graníticas, a associação do cobre é apenas regular com o chumbo e o níquel, e ruim com o zinco e o cobalto.

Entretanto, no Grupo Açungui crescem bastante as perspectivas que sugerem uma origem sulfetada para o cobre. Aqui, sua correlação é boa com o zinco, cobalto e níquel, além de regular com o chumbo.

Da mesma forma, a correlação do cobre nas rochas migmatíticas poderia sugerir um hidrotermalismo sulfetado, já que é boa a correlação com chumbo, zinco e níquel, além de regular com o cobalto.

Nos sedimentos da Bacia do Paraná, a correlação do cobre nos arenitos da Formação Furnas, não obstante ter fornecido valores analíticos baixos para a maioria dos elementos, mostrou-se boa com os elementos zinco e cobalto e regular com o chumbo e o níquel. Nas rochas sedimentares da Formação Ponta Grossa é apenas regular a correlação do cobre com os elementos chumbo, zinco e cobalto, e boa com o níquel.

Para um melhor entendimento, faz-se mister esclarecer que toda a área do projeto foi afetada pelo Arqueamento Ponta Grossa, e como produto deste evento, um verdadeiro enxame de diques de rochas, na sua grande maioria básica, corta a área no sentido SE-NW. A associação paragenética mais conspícua é observada na população andesito, cujos resultados retratam a fonte comum, a partir de minerais de rocha, dos elementos Cu, Pb, Zn, Co e Ni. Já nos conglomerados do Castro e na Formação Ponta Grossa, a filiação do Cu parece ter origem nos diques básicos mesozóicos aí ocorrentes, pois Cu e Ni estão fortemente associados.

7.4.2.3 - Distribuição dos teores de cobre na área

A distribuição do cobre para toda a área do projeto definiu os seguintes intervalos:

≤ 15 ppm - valores abaixo do *background*;

15 ppm - 30 ppm - valores compreendidos entre o *background* e o alto *background*;

30 ppm - 65 ppm - valores entre o alto *background* e o limiar;

65 ppm - 130 ppm - intervalo de anomalias possíveis;

> 130 ppm - faixa de valores equivalente a anomalias prováveis.

Definidos os intervalos, construiram-se mapas de teores, expressos pelos anexos de números III e IV, na escala 1:100.000. A interpretação destes teores foi realizada em função das sequências litológicas alvos do projeto (Grupo Castro) e posteriormente em função da importância geoquímica e área de ocorrência, dentro dos limites do projeto.

Assim, o Grupo Castro, que tem a quase totalidade de suas sequências vulcânicas e sedimentares, expostas nas folhas parciais de Castro e Piraí do Sul (anexo III), mostra uma predominância de valores compreendidos entre 15 ppm e 30 ppm, isto é entre o *background* e o alto *background*. Ressalte-se que aqui são mais conspícuos os afloramentos de diques de rocha básica que, em última análise, poderiam ter contribuído decisivamente com um incremento em cobre, elevando dessa forma a faixa predominante para valores acima da média.

Entre as unidades litológicas que constituem o Grupo Castro, os riolitos e os siltitos e arcósios obtiveram os melhores desempenhos no que se refere ao cobre. Associados à esses dois conjuntos litológicos ficaram a maioria dos mais altos valores analíticos. Com teores um pouco inferiores apareceram os conglomerados e andesitos. Ainda assim, com a maioria dos valores acima da média.

Os granitos, com expressiva área aflorante (anexo III), apresentam certo equilíbrio entre os valores menores que o *background* (15 ppm) e os valores compreendidos entre 15 ppm e 30 ppm. Observa-se que os poucos valores acima de 65 ppm ficaram praticamente restritos à faixa sudeste da folha, justamente onde existe uma presença marcante de diques de rocha básica. Tais valores, além de estarem isolados em relação as coletas vizinhas, acham-se posicionados geologicamente sobre, ou muito próximo, a alguns diques de rocha básica.

Apresentando um comportamento geoquímico bastante semelhante aos granitos, encontram-se os migmatitos e os quartzitos da região da Serra das Pedras. Em tais litologias é observada uma leve predominância dos valores inferiores ao *background* (15 ppm) sobre os valores entre 15 ppm e 30 ppm.

Ocupando uma pequena faixa no extremo sudeste da área do projeto, ocorrem as rochas do Grupo Açungui, constituídas principalmente de dolomitos, quartzitos e filitos. Dada a pequena expressão, em termos de área, desta unidade, a mesma foi tratada geoquimicamente como um todo. Tal procedimento, entretanto, refletiu no comportamento dos teores de cobre, que aí se mostraram da forma mais heterogênea, entre todas as populações estudadas. Embora com um número reduzido de coletas, os valores analíticos variam desde inferiores à 15 ppm (background) até um valor de 80 ppm (AB-12), passando naturalmente por valores dos intervalos 15 ppm - 30 ppm e 30 ppm - 65 ppm.

As rochas sedimentares da Bacia do Paraná, aqui representadas em sua quase totalidade pelos arenitos da Formação Furnas e pelos folhelhos da Formação Ponta Grossa, confirmaram sua baixa potencialidade para o cobre, não apresentando valores analíticos expressivos. Predominaram, de forma destacada, os teores inferiores ao *background* (15 ppm).

7.4.2.4 - Anomalias

As anomalias de cobre, determinadas por tratamento estatístico dos dados analíticos para cada população, perfizeram um total de 24. Destas, apenas 7 encontram-se no Grupo Castro, 11 nas rochas graníticas, 1 no Grupo Açungui e 5 na Bacia do Paraná, mais especificamente no arenito Furnas.

No Grupo Castro, as anomalias DB-82, IL-163 e DB-18 estão posicionadas no domínio das rochas vulcânicas ácidas (riolitos), localizadas na folha de Castro-Piraí, como de resto todas as outras anomalias, a exceção de uma que se encontra na folha de Curiúva - Jaguariaíva, mostraram seus valores anômalos de cobre próximo do valor de limiar (85 ppm), e associados aos valores de alto *background* de cobalto e níquel. A anomalia DB-82, situada próxima às cabeceiras de um afluente da margem esquerda do rio Piraí-Mirim, apesar de estar posicionada junto a um dique de rocha básica, forneceu uma relação Co/Ni igual a um. Teoricamente, tal relação descartaria a possibilidade de uma origem à partir de rocha básica para o valor anômalo de cobre.

Nos siltitos e arcósios, três anomalias foram detectadas, DB-73, IL-155 e DB-38. A primeira, localizada à sudeste do Cerrado Chico Taquara mostra um teor anômalo de Cu associado a valores de alto *background* de Zn - Co - Ni. É importante notar que, próximo ao ponto de coleta, ocorre dique de rocha básica de direção NW-SE e, também, um falhamento orientado para NE. Na segunda (IL-155), situada a oeste da cidade de Castro em um afluente do rio Iapó, o valor anômalo de Cu (75 ppm) acha-se bem próximo do limiar (73 ppm), e associado a valor de alto *background* de Ni. Semelhante à anomalia anterior, aqui também ocorre dique de rocha básica e falhamentos perpendiculares que separam as rochas vulcânicas dos arenitos e arcósios. A anomalia DB-38, a terceira desta população, localiza-se no curso superior de um pequeno afluente da margem direita do rio Iapó, a noroeste de Castro, estando próxima à esta cidade, embora a litologia local seja constituída por siltitos e arcósios. As cabeceiras desta dre

nagem posicionam-se no domínio das rochas conglomeráticas. Apesar do valor anômalo de Cu (80 ppm) se encontrar próximo ao limiar, a anomalia torna-se extremamente interessante na medida em que à ela se associam valores anômalos de Zn, Co e Ni, além do valor de alto *background* de Pb. Também a relação Co/Ni, próxima a um, descarta, até certo ponto, uma origem à partir de rocha básica para anomalia.

Os conglomerados forneceram a última anomalia (IL-74), do Grupo Castro, para cobre. Trata-se de anomalia pouco interessante, com valores baixos para a maioria dos elementos. Mesmo o valor anômalo de Cu (75 ppm) não se distancia muito do limiar (63 ppm), e somente ao valor de alto *background* do Ni ela é associável. Além de se encontrar em presença de rocha básica, a drenagem corta a montante um dique de diabásio. Reforçando a idéia de uma origem anômala a partir deste tipo de rocha, obteve-se uma relação Co/Ni = 0,28. Localizada próximo e a sudoeste da cidade de Castro, esta anomalia não foi trabalhada no *fill in*.

Não obstante as rochas graníticas terem apresentado o maior número de anomalias, grande parte delas mostrou-se pouco interessante. Este pouco interesse deveu-se, principalmente, a fatores tais como: diminuta área de influência da amostra, a anomalia ser praticamente pontual, presença de diques de rocha básica sendo cortados ou acompanhados pela drenagem, relação Co/Ni geralmente muito baixa, e valores analíticos, à partir de aberturas fracas (EDTA), pouco expressivos, demonstrando uma contribuição quase que exclusiva de silicatos para os valores anômalos. Estes fatores nunca se apresentam isolados, e as anomalias que se enquadram nesse panorama foram: IL-125, IL-189, KY-276, KY-245, KY-215, PS-386, AB-223, AB-225 e AB-269. Dessa forma, apenas duas anomalias destacaram-se das demais.

Localizada a leste da cidade de Castro, próxima às cabeceiras do Arroio da Campina, a anomalia KY-214 apresentou teor anômalo de Cu associado a valores de alto *background*

de PB, Co e Ni. A relação Co/Ni = 1, com os valores destes elementos na faixa de alto *background*, praticamente descarta a rocha do tipo básica (diques que ocorrem na região) como principal contribuinte ao valor anômalo de cobre. Também a anomalia KY-260 mostra uma situação semelhante no que se refere à relação Co/Ni. Aqui, igualmente, a relação é maior que um, e os elementos Co e Ni estão com seus valores no intervalo de alto *background*. O valor anômalo de cobre (140 ppm) está associado ao valor de alto *background* de Zn, além dos que foram acima mencionados. Outro dado interessante foi o valor (14 ppm) obtido em análise à frio com abertura por EDTA (fraca). Como se sabe, tal abertura não tem competência para extrair tais elementos de uma estrutura silicatada, ao contrário do que ocorre quando se trata de elementos absorvidos em argilas e coprecipitados em óxidos quelatados na matéria orgânica, revelando uma provável origem a partir de sulfetos. Esta anomalia (KY-260) encontra-se ao sul da cidade de Castro, junto às cabeceiras de um pequeno afluente do rio Jotuba.

No quartzito da Serra das Pedras, atribuido por R. Maack (1953) ao Açungui, ocorre a única anomalia de cobre desta população. À sudeste da cidade de Piraí do Sul, na citada serra, próximo à nascente de um afluente do rio Iapó, ocorre a anomalia IL-57. O teor anômalo de Cu está associado aos valores de alto *background* de Zn, Co e Ni. A rocha local é um quartzito branco, caulínico e bastante friável, em avançado estado de alteração. Embora ocorram na região diques de rocha básica, no ponto de coleta não foi observado este litotipo. A relação Co/Ni (0,7) pode ser considerada boa. Entretanto, a extração a frio acusou teor baixo (3 ppm), o que não dá uma perspectiva muito promissora em termos de uma origem para o cobre a partir de rochas sulfetadas.

Finalmente, no arenito Furnas foram detectadas 5 anomalias: KY-82, KY-110, KY-319, KY-342 e IL-173. Destas, quatro encontram-se na folha de Castro-Piraí e uma na folha

de Curiúva - Jaguariaiva. Os teores de cobre nas anomalias KY-82 e KY-319 acham-se relacionados a valores de alto *background* de Pb, Co e Ni e a valores anômalos de zinco. Na anomalia IL-173, relaciona-se com valores de alto *background* de Pb e Zn e anômalos de Co e Ni.

Já na anomalia KY-342, o relacionamento se dá apenas com valores de alto *background* de Zn e Ni, enquanto na KY-110 o teor anômalo de cobre associa-se ao valor de alto *background* de Co e ao valor anômalo de zinco. De um modo geral, as anomalias da Formação Furnas mostraram-se pouco interessantes, com as relações Co/Ni acusando valores muito baixos. Quanto à anomalia KY-82, embora apareça no mapa geológico posicionada sobre uma estreita faixa de riolito, localmente foi constatado que a rocha aí aflorante é, na realidade, o arenito Furnas.

7.4.3 - Chumbo

7.4.3.1 - Parâmetros estatísticos

Os resultados obtidos do tratamento estatístico, de 1397 amostras, referente ao elemento chumbo estão expressos na tabela VIII. De acordo com a mesma, os valores analíticos estão compreendidos entre um mínimo de 0,9 ppm e um máximo de 220 ppm, com o *background* regional situado ao redor de 15 ppm e o desvio geométrico igual a 1,877.

O Grupo Castro é a unidade estratigráfica mais rica em teores de chumbo, exibindo uma média geométrica em torno de 19 ppm e um limiar de 61 ppm. Dentre os diversos tipos petrográficos que o compõe, os riolitos e os conglomerados contêm as maiores concentrações de chumbo, ambos com *background* de 22 ppm e limiar de 65 e 94 ppm, respectivamente. Entretanto, o maior valor de limiar (101 ppm) é observado nos andesitos, consequência exclusiva de um alto desvio geométrico (2,515), já que o seu *background* é relativamente baixo, da ordem de 16 ppm. Por outro lado, dentre as subdivi-

TABELA VIII — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES DO CHUMBO EM SEDIMENTO DE CORRENTE — Pb-AA

POPULAÇÕES	NÚMERO de AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA GEOMÉTRICA (MG)	DESVIO GEOMÉTRICO (DG)	COEFICIENTE de VARIAÇÃO	GRAU de DETECÇÃO	MG x DG	MG x DG^2	MG x DG^3
ÁREA TOTAL	1387	0,9	220	15	1,877	0,698	1387:1397	28	53	99
GRUPO CASTRO	381	3,0	220	19	1,795	0,639	381: 385	34	61	110
CASTRO ANDESITOS	34	3,0	220	16	2,515	1,158	034: 035	40	101	255
CASTRO RIOLITOS	74	5,0	130	22	1,722	0,586	074: 075	38	65	112
CASTRO CONGLOMERADOS	38	3,0	150	22	2,067	0,833	038: 038	45	94	194
CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	197	4,0	80	18	1,625	0,516	197: 199	29	48	77
CASTRO AD<5	212	3,0	220	21	1,830	0,664	212: 216	38	70	129
CASTRO AD=5-10	42	3,0	50	18	1,678	0,554	042: 042	30	51	85
CASTRO AD=10-20	38	5,0	85	19	1,822	0,658	038: 038	35	63	115
GRANITOS	217	7,0	60	18	1,465	0,396	217:218	26	39	57
GRUPO AÇUNGUI	102	1,5	45	9	1,920	0,728	102: 102	17	33	64
MIGMATITOS	18	4,0	20	11	1,574	0,478	018: 018	17	27	43
FM. FURNAS	130	0,9	22	7	1,941	0,743	130: 133	14	26	51
FM. PONTA GROSSA	16	4,0	19	12	1,446	0,382	016: 016	17	25	36

1 Dados expressos em ppm

2 MG e DG são geométricos, supondo-se a distribuição log-normal

3 AD = Área de drenagem expressa em km^2

4 Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos e transformados em relação ao total de valores analisados

5 AA = Absorção Atômica

6 MG = Background

7 MG x DG e MG x DG^2 = Alto background

8 MG x DG^2 = Limiar

9 MG x DG^2 e MG x DG^3 = Anomalia possível

10 ≥ MG x DG^3 = Anomalia provável

sões do Grupo Castro por tamanho da bacia de captação, a população com a menor área de drenagem (inferior a 5 km^2) é a que apresenta o maior valor, tanto de *background* (21 ppm) quanto de limiar (70 ppm). Os Granitos apresentam um *background* compatível a esse litotipo (18 ppm) e um limiar de 39 ppm, enquanto as populações Açungui e Migmatitos, com um comportamento geoquímico similar entre si, mostram valores de média geométrica e de limiar, respectivamente, ao redor de 10 e 30 ppm.

A Formação Furnas, com a média geométrica de 7 ppm, revela-se como a população mais carente em teores de chumbo, consequência lógica de sua constituição, enquanto a Formação Ponta Grossa, que lhe é sobreposta, tem um *background* de 12 ppm. Entretanto, ambas populações tem um valor de limiar praticamente igual (25 e 26 ppm, respectivamente).

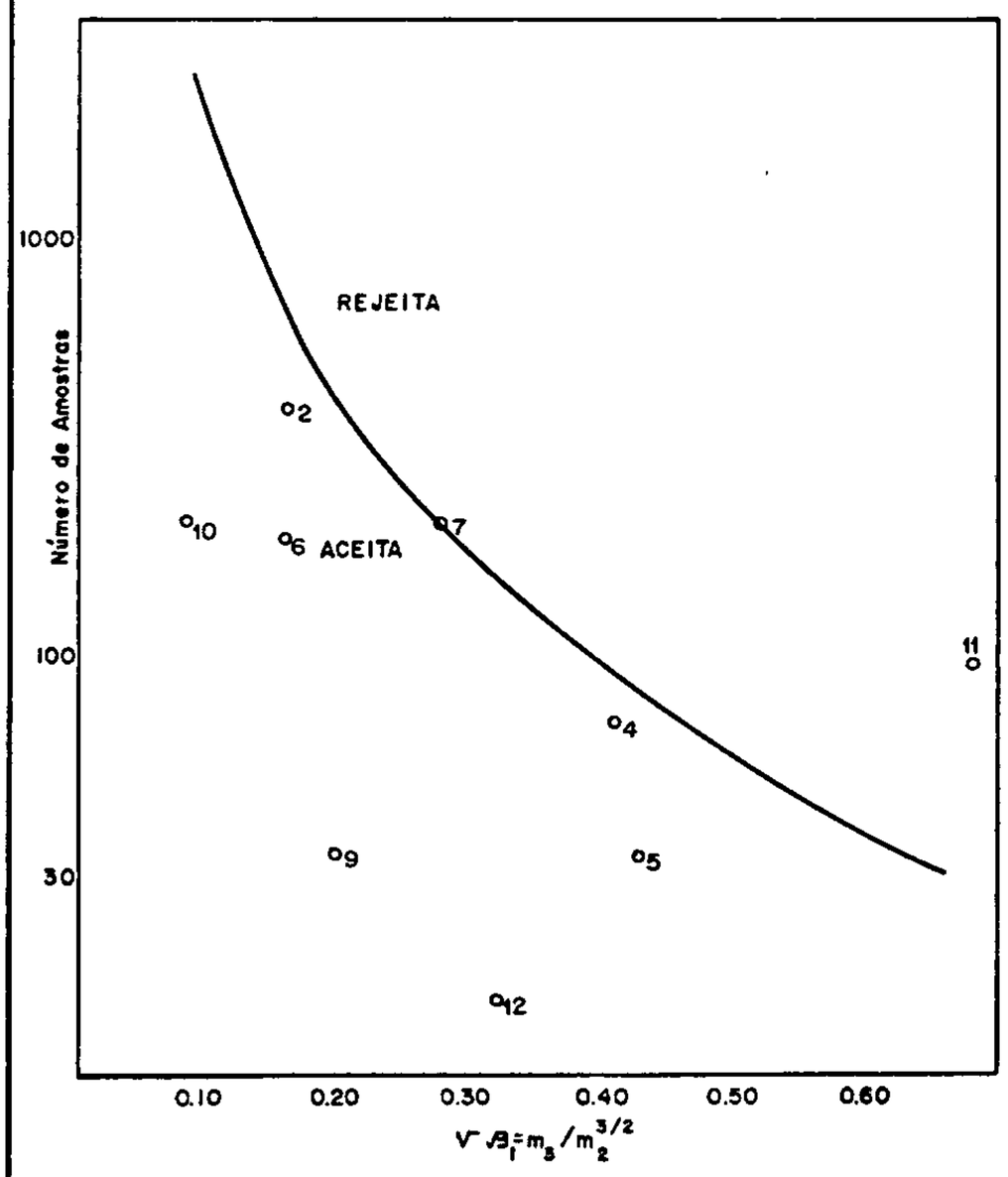
A análise dos dados de coeficiente de variação revela que o mesmo oscila entre um mínimo de 0,382 (Formação Ponta Grossa) e um máximo de 1,158 (andesitos do Grupo Castro). Os valores mais frequentes posicionam-se nos intervalos de 0,501 à 0,600, observados em três populações, e em quatro populações de 0,601 à 0,700, mostrando uma dispersão relativa de baixa à moderada. Somente os andesitos do Grupo Castro expõe um coeficiente de variação superior a 1,000, sugerindo possíveis mineralizações (G.S. Kock e R.F. Link, 1970).

No tocante aos resultados dos testes de distribuição, expostos na tabela IX, nota-se que, excetuando a população Área total, todas as demais aceitam o teste Kolmogorov-Smirnov nos seus dois níveis de significância, ressaltando uma distribuição de teor de chumbo bastante homogênea nas diversas populações consideradas. Para o teste do qui-quadrado, também houve casos de aceitação total, como, por exemplo, algumas populações do Grupo Castro (riolitos, siltitos e arcósios e AD= 10-20 km^2) e das rochas graníticas. Esse teste foi aceito ainda, de modo parcial, por quase todas as de

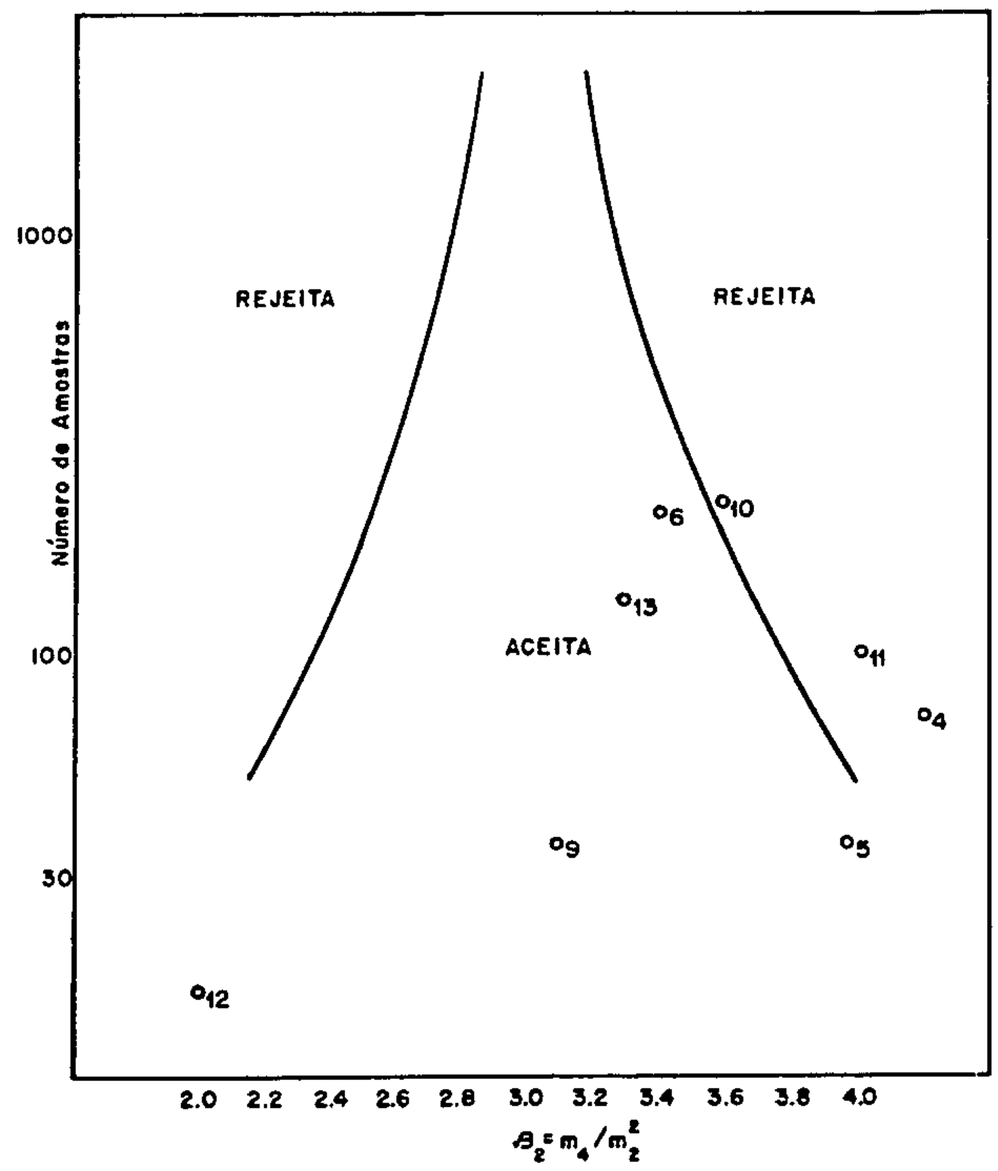
TESTES DE DISTRIBUIÇÃO

CHUMBO – ABSORÇÃO ATÔMICA

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%



CURTOSE - Nível de Significância de 95%



POPULAÇÕES \ TESTES DE DISTRIBUIÇÃO		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV -SMIRNOV		QUI-QUADRADO			
						F. MÍN 1,5		F. MÁX 5,0	
				5%	1%	5%	1%	5%	1%
1	ÁREA TOTAL	-0,737*	5,483*	–	–	–	–	–	–
2	GRUPO CASTRO	0,160	5,059*	+	+	–	–	–	–
3	CASTRO ANDESITOS	0,792*	4,536*	+	+	–	+	–	–
4	CASTRO RIOLITOS	0,398	4,187	+	+	+	+	+	+
5	CASTRO CONGLOMERADOS	–0,418	3,957	+	+	–	+	–	–
6	CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	– 0,159	3,424	+	+	+	+	+	+
7	CASTRO AD<5	0,272	5,601*	+	+	–	–	–	–
8	CASTRO AD=5-10	– 1,116*	5,122*	+	+	+	+	–	+
9	CASTRO AD=10-20	0,194	3,100	+	+	+	+	+	+
10	GRANITOS	0,086	3,588	+	+	+	+	+	+
11	GRUPO AÇUNGUI	– 0,665	3,998	+	+	–	+	–	–
12	MIGMATITOS	– 0,311	2,046	+	+	–	+	n	n
13	FM. FURNAS	– 0,823*	3,289	+	+	–	–	–	+
14	FM. PONTA GROSSA	– 1,449*	5,042*	+	+	+	+	n	n

(+) Aceito a hipótese nula

(–) Rejeito a hipótese nula

(*) Rejeitados: o ponto cai além dos limites do quadro

(n) Não realizados por insuficiência de intervalos

TABELA IX - Testes de distribuição do chumbo: assimetria, curtose, kolmogorov-smirnov e qui-quadrado.

mais populações: andesitos e conglomerados do Grupo Castro, Grupo Castro com área de drenagem variável de 5 a 10 km^2, Grupo Açungui, Migmatitos, Formação Furnas e Ponta Grossa.

Em relação aos testes de assimetria e curtose, os mesmos foram aceitos pela maioria das populações que apresentaram um comportamento lognormal, segundo o teste do qui quadrado em todos os seus níveis. Constituem exceções as populações de riolitos e granitos que, apesar de passarem pelo rigorismo do teste qui-quadrado, rejeitaram o teste da curtose. Este teste foi aceito por oito populações, enquanto a assimetria, apenas por cinco.

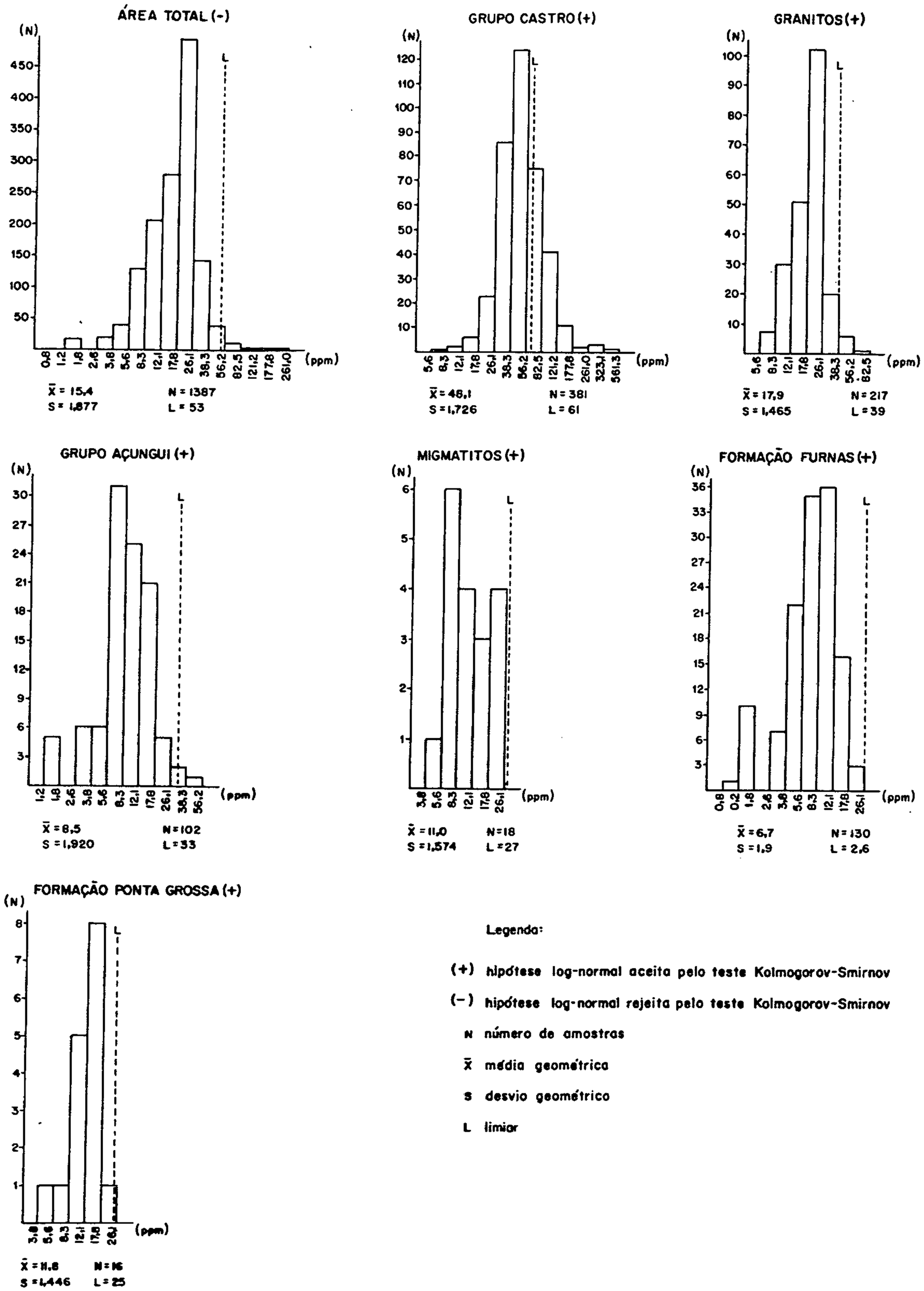
A Área total é a única população que rejeitou todos os testes, denotando a heterogeneidade geológica da região em termos de distribuição geoquímica do elemento chumbo.

Da análise dos histogramas apresentados nas figuras 13 e 14, nota-se que a Área total, apesar de ser a única população a ser rejeitada pelo teste Komogorov-Smirnov, mostra um modelo gráfico lognormal com leve assimetria negativa, tendo o pico máximo de frequência situado logo acima do valor de *background*. Dentre as populações geológicas, os granitos expõem um modelo gráfico que mais se aproxima do padrão de uma distribuição de frequência segundo a lei de Gauss. O Açungui e a Formação Ponta Grossa exibem, também, histogramas que se enquadram num modelo lognormal levemente assimétrico. O mesmo não acontece aos histogramas do Grupo Castro, da Formação Furnas e dos Migmatitos, que apresentam os dois tipos modais, sugerindo uma mistura de populações.

As unidades do Grupo Castro, como os riolitos, siltitos e arcósios, e as populações com áreas de drenagem entre 5 e 10 km^2 e entre 10 e 20 km^2, apresentam uma curva de distribuição lognormal, levemente assimétrica, com a maior concentração de observações ao redor da média geométrica, mostrando uma curva de forma leptocúrtica. Os histogramas das demais populações são casos típicos de modelo não lognormal.

CPRM

CHUMBO - ABSORÇÃO ATÔMICA



Legenda:

(+) hipótese log-normal aceita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

(−) hipótese log-normal rejeita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

N número de amostras

X̄ média geométrica

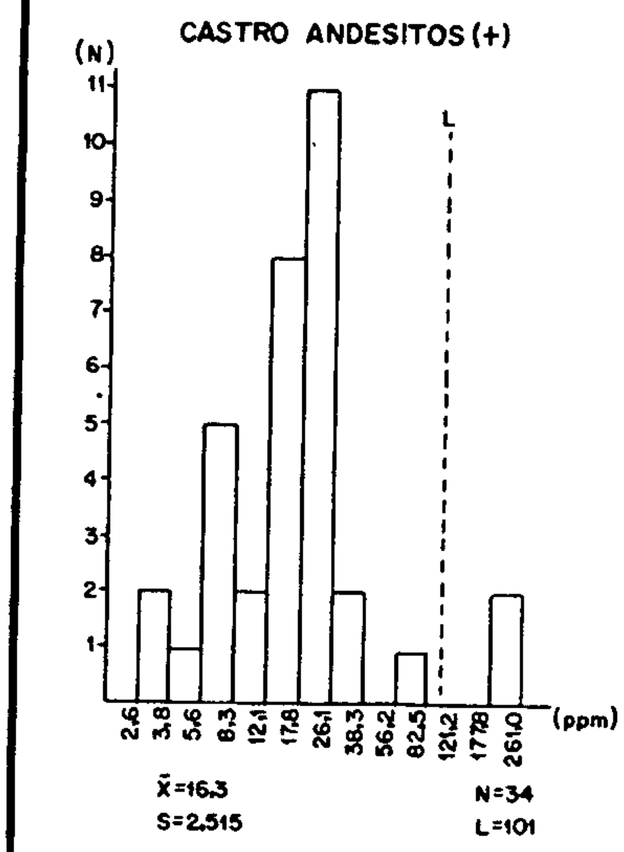
S desvio geométrico

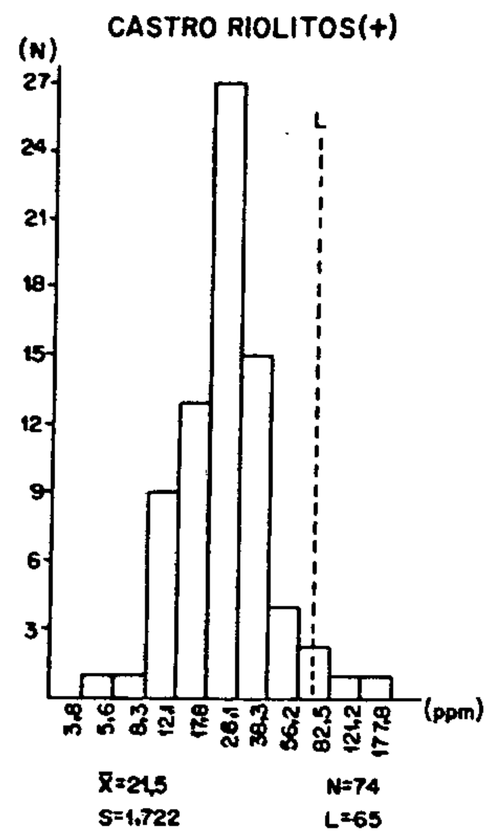
L limiar

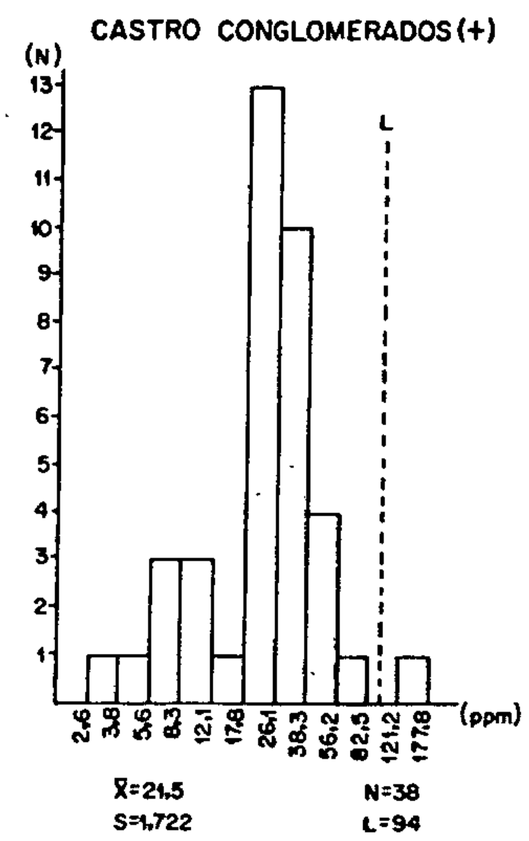
FIGURA 13 – Histogramas de chumbo em sedimento de corrente.

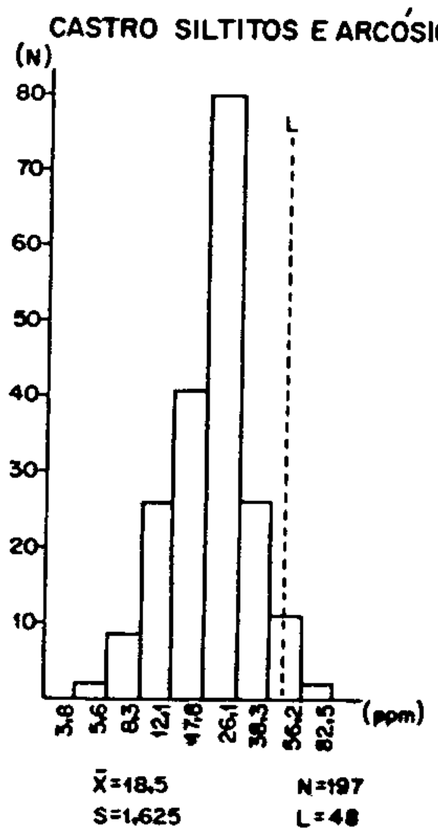
CPRM

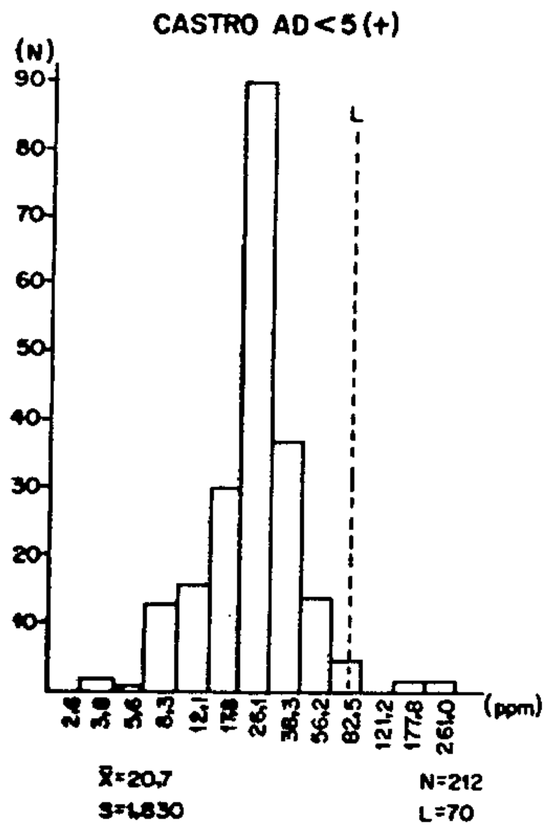
CHUMBO - ABSORÇÃO ATÔMICA

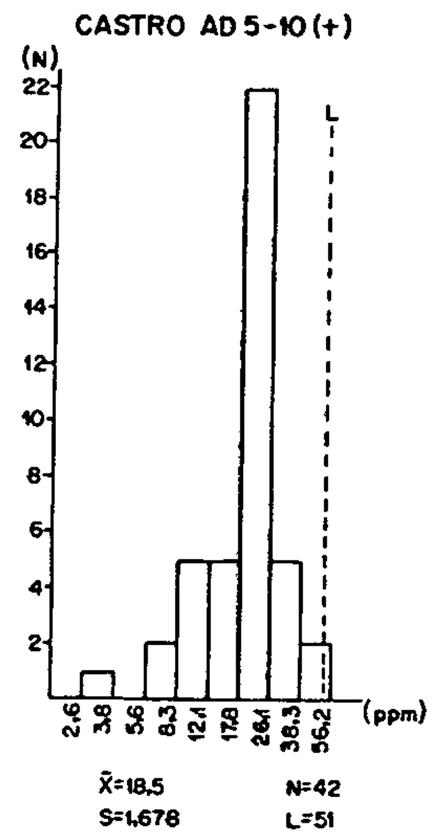


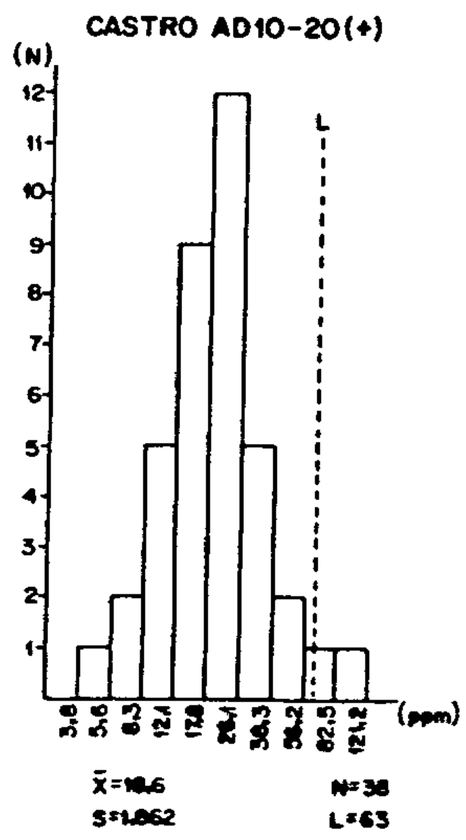












Legenda:

(+) hipótese log-normal aceita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

(−) hipótese log-normal rejeita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

N número de amostras

X̄ média geométrica

S desvio geométrico

L limiar

FIGURA 14 – Histogramas de chumbo em sedimento de corrente.

7.4.3.2 - Associação com outros elementos

Na tabela X estão expressos os dados de matriz de correlação x número de amostras, expondo o grau de associação do chumbo com os outros elementos nas diversas populações consideradas.

O melhor relacionamento do chumbo com os elementos analisados é verificado nas rochas andesíticas, apresentando uma correlação excelente com o zinco, boa com o cobre e cobalto, regular com o níquel e baixa com o molibdênio e arsênio.

Caso semelhante é observado também nas rochas migmatíticas, onde o chumbo mostra uma associação excelente com o níquel, boa com o cobre e zinco e regular com o cobalto.

Nas demais populações, de um modo geral, o chumbo tem boa afinidade com o zinco, porém o seu relacionamento com os demais elementos é de péssimo a regular.

7.4.3.3 - Distribuição dos teores de chumbo na área

A distribuição dos teores de chumbo no âmbito da área em estudo está representada em mapas de teores, na escala de 1:100.000, e corresponde aos anexos V e VI. Com base nos parâmetros estatísticos de todas as populações, definiu-se os seguintes intervalos de teores para o chumbo:

≤ 15 ppm - valores abaixo do *background*;

15 a 30 ppm - teores compreendidos entre o *background* e o alto *background*;

30 a 55 ppm - valores posicionados entre o alto *background* e o *threshold*;

55 a 100 ppm - classe de anomalia possível;

> 100 ppm - teores de anomalia provável.

Da análise dos mapas de teores, visualiza-se claramente que as mais elevadas concentrações desse elemento estão relacionadas à sequência vulcano-sedimentar do Grupo Castro. Nesta unidade geológica, o chumbo mostra uma distribui

CPRM

TABELA X – MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

CHUMBO – ABSORÇÃO ATÔMICA

POPULAÇÕES \ ELEMENTOS		Cu AA	Pb AA	Zn AA	Co AA	Ni AA	Mo AA	As Col.
ÁREA TOTAL	n	1387	1387	1387	1387	1387	380	
	Pb – AA	•	●	⊙	•	•	•	‡
GRUPO CASTRO	n	381	381	381	381	381	370	360
	Pb – AA	•	●	◐	•	•	•	•
CASTRO ANDESITOS	n	34	34	34	34	34	34	34
	Pb – AA	◐	●	●	◐	⊙	(•)	(•)
CASTRO RIOLITOS	n	74	74	74	74	74	70	61
	Pb – AA	•	●	◐	•	•	•	(•)
CASTRO CONGLOMERADOS	n	38	38	38	38	38	37	38
	Pb – AA	(•)	●	⊙	•	(•)	(•)	•
CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	n	197	197	197	197	197	191	189
	Pb – AA	•	●	⊙	•	⊙	•	•
CASTRO AD<5	n	212	212	212	212	212		212
	Pb – AA	•	●	◐	•	•	‡	•
CASTRO AD=5-10	n	42	42	42	42	42	41	42
	Pb – AA	⊙	●	⊙	⊙	◐	•	•
CASTRO AD=10-20	n	38	38	38	38	38	38	38
	Pb – AA	•	●	◐	⊙	⊙	(•)	⊙
GRANITOS	n	217	217	217	217	217		
	Pb – AA	⊙	●	⊙	•	⊙	x	x
GRUPO AÇUNGUI	n	102	102	102	102	102		
	Pb – AA	⊙	●	⊙	•	⊙	x	x
MIGMATITOS	n	18	18	18	18	18		
	Pb – AA	◐	●	◐	⊙	●	x	x
FORMAÇÃO FURNAS	n	130	130	130	130	130		
	Pb – AA	⊙	●	⊙	⊙	⊙	x	x
FORMAÇÃO PONTA GROSSA	n	16	16	16	16	16		
	Pb – AA	⊙	●	(•)	•	⊙	x	x

Coeficiente de correlação

- • < 0,30
- ⊙ 0,30 a 0,59
- ◐ 0,60 a 0,79
- ● > 0,80
- ( ) inversa

n Número de amostras processadas
AA Absorção atômica
Col. Colorimetria
AD Área de drenagem em km^2
x Elementos não analisados
‡ Insuficiência de valores definidos

ção heterogênea. Entretanto, percebe-se o predomínio de valores na faixa entre 15 e 30 ppm. Os mais expressivos teores de chumbo são verificados na sequência vulcânica, especialmente nos tipos intermediários, como acontece à nordeste da localidade de Cerrado Chico Taquara (NW de Castro), drenada por afluentes da margem direita do rio Piraí-Mirim. Nestes foram detectados teores acima de 100 ppm (anomalia provável), além de outros menores, na faixa de 55 a 100 ppm, porém relativamente altos (anomalia possível). Nessa sequência, da mesma maneira que nas demais litologias do Grupo Castro, a maioria das amostras exibe teores compreendidos entre 15 e 30 ppm, sendo também comum os valores mais baixos, menor do que 15 ppm. Valores superiores, no intervalo de 30 a 55 ppm, aparecem aglomerados à norte de Castro, em um afluente do rio Piraí que drena a sequência sedimentar composta de siltitos e arcósios, bem como à oeste e próximo de Castro, em alguns afluentes do rio Iapó que drenam a sequência vulcânica ácida. Esses valores repetem-se ainda, de modo isolado, em toda a extensão do Grupo Castro. Teor mais expressivo, na faixa de 55 a 100 ppm, foi registrado por uma amostra coletada no contato de riclitos com siltitos e arcósios, no alto curso do rio São João, afluente do rio Pitanguí, à sudoeste de Castro.

No domínio das rochas graníticas, a maioria das amostras (90%) revelam valores compreendidos entre 9 e 30 ppm, geralmente na faixa de 15 a 30 ppm. Alguns valores mais elevados distribuem-se aleatoriamente por toda a região, merecendo destaque a bacia do rio Tucum, onde são comuns os valores de 30 a 55 ppm. O teor mais elevado (60 ppm) da população é assinalado à nordeste de Piraí do Sul, em uma amostra coletada nas cabeceiras do rio Iapó. Neste local, o rio drena, além dos granitos, os arenitos da Formação Furnas.

Nas demais unidades estratigráficas os teores de chumbo geralmente são muito baixos. Nos migmatitos coexistem dois intervalos de teores, os menores do que 15 ppm e os

posicionados entre 15 e 30 ppm, na mesma proporção, mas distribuídos de forma um tanto caótica.

Já na sequência metassedimentar do Grupo Açungui existe uma homogeneidade de teores baixos (menor do que 15 ppm), sendo raros, até mesmo, os teores acima de 15 ppm. Tal padrão de distribuição se repete mesmo nas unidades litológicas que compõem a sequência. Dentre elas, os quartzitos, englobando pequenas lentes de dolomita, situados no canto sudeste da área, ostentam os melhores teores, se comparados aos resultados obtidos em filitos e dolomitos. A mais baixa média de teor em chumbo, como era de se esperar, foi constatada nos sedimentos da Bacia do Paraná, representados pelas Formações Furnas e Ponta Grossa e pelo Subgrupo Itararé, onde a quase totalidade das amostras registram valores menores do que 15 ppm, sendo raros e esporádicos os teores superiores a 15 ppm.

7.4.3.4 - Anomalias

Pelo exame dos parâmetros estatísticos obtidos para o chumbo, observa-se que 22 valores situam-se na faixa ou acima da faixa do limiar, cuja distribuição por população é a seguinte: cinco em rochas do Grupo Castro, doze nos granitos, quatro nos migmatitos e apenas um nos arenitos da Formação Furnas.

Das cinco anomalias verificadas na sequência do Grupo Castro, quatro estão localizadas nas proximidades de Campina do Guararema (noroeste da cidade de Castro), em afluentes da margem direita do rio Piraí-Mirim, compondo um sítio de valores anômalos. Essas anomalias, as mais expressivas e significativas do projeto, são oriundas certamente de uma mesma fonte, visto que suas bacias de captação são contíguas, associando-se normalmente a valores anômalos de zinco, e, em alguns casos, também a molibdênio, como na amostra KY-48, sugerindo filiação com mineralização sulfetada. As anomalias crescem ainda em importância pelo fato de que

as rochas locais são produtos de um vulcanismo ácido e intermediário, com sintomas de brechações e outros indícios de derrames violentos, revelando-se potencialmente favoráveis a este tipo de mineralização.

As amostras KY-48 e 49, situadas em uma mesma corrente, drenando rochas andesíticas e dacíticas, parecem estar mais próximas da fonte, tendo em vista os seus teores mais elevados. Na estação onde foi coletada a amostra KY-49, a de maior realce com 220 ppm, passa uma falha de direção nordeste, à qual pode estar relacionada a possível mineralização. Existe a possibilidade de ligação dessa suposta mineralização com duas outras falhas, já que elas são drenadas pelas correntes em que foram registradas as anomalias KY-68 e 69. Essas falhas são paralelas e próximas a anteriormente citada, sendo que uma delas separa os andesitos dos conglomerados, enquanto a outra, estes últimos dos siltitos e arcósios.

A anomalia CA-100, isolada das outras anteriormente citadas, foi detectada no alto curso do rio São João, a sudoeste de Castro. Neste local, o leito do rio limita os siltitos e arcósios dos riolitos. Trata-se de uma anomalia de segunda ordem, com um teor de 65 ppm de chumbo, pouco acima do limiar de 61 ppm, acompanhado de um valor de alto *background* de zinco. Apesar de ser uma anomalia isolada no seio de várias amostras com teores baixos, não deixa de ser interessante, em virtude do porte de sua bacia de captação, que é relativamente grande.

Dentre as anomalias detectadas no domínio das rochas graníticas, as amostras IL-150 e KY-150 revestem-se de maior importância, devido à forte associação do chumbo com elementos como o Zn e Cu, revelando uma possível filiação à fonte sulfetada. A primeira, registrada em um pequeno afluente do rio Jotuba (sul de Castro), está vinculada a valor anômalo de zinco e de alto *background* de cobre, enquanto à outra, detectada em um tributário do alto curso do rio Iapó

(nordeste da cidade de Piraí do Sul), relacionam-se valores de alto *background* de Cu, Zn, Co e Ni.

Em menor importância, aparece um grupo de quatro anomalias, localizado na zona interflúvia dos rios Tucum e do Anselmo, ambos afluentes da margem esquerda do rio Iapó. Detectadas em tributários do Tucum, as anomalias PS-406 e 408 estão relacionadas a valor de alto *background* de cobre e de zinco, respectivamente, enquanto a anomalia IL-126 associa-se a valores de alto *background* de níquel e cobalto. Por sua vez, a amostra IL-62, coletada em afluente do ribeirão do Anselmo, revelou teores de alto *background* de cobre e zinco, além do valor anômalo de chumbo.

As demais anomalias em rochas graníticas, posicionadas geograficamente distantes uma das outras, correspondem às amostras KY-117, 242 e 311, PS-381 e 400 e AB-384.

A anomalia KY-117, associada a valor de alto *background* de zinco, foi registrada nas cabeceiras do rio Iapó, a nordeste de Piraí do Sul. Neste local, o rio drena, além dos granitos, os arenitos da Formação Furnas. A anomalia KY-311, também associada a valor de alto *background* de zinco, foi coletada em um afluente do rio Jotuba (sul de Castro). As quatro restantes são pouco significativas e sem vinculação com valores altos de outros elementos, e, por essas razões, elas foram descartadas da etapa de *fill in*.

As anomalias detectadas no âmbito das rochas graníticas, constituídas pelas amostras PS-32, 115, 151 e 155, localizam-se à sudeste de Piraí do Sul.

A amostra PS-32, situada sobre uma falha de direção nordeste, que limita as rochas migmatíticas dos quartzitos da serra das Pedras, foi coletada em um afluente do rio Piraí, enquanto a PS-115, com um condicionamento geológico similar, foi coletada em um afluente do rio Iapó. Ambas parecem ser consequência de algum tipo de contaminação ou de variação do ambiente secundário, já que os teores de chumbo são pouco expressivos e isolados, sem conotação com valores

altos de outros elementos. A estes fatores, acresça-se o pequeno tamanho das bacias da captação. As anomalias PS-151 e 155, ambas constatadas em afluentes do rio Iapó, relacionam-se a valores de alto *background* de zinco e cobalto e apenas de zinco, respectivamente.

Nos arenitos da Formação Furnas aflorantes na região do Cerrado Chico Taquara, em afluente do rio Iapó, foi registrada a anomalia DB-69, associada a anomalia de zinco e valores de alto *background* de cobre e cobalto. Em sua bacia de captação ocorrem, além dos arenitos Furnas, os andesitos do Grupo Castro e rochas de natureza básica na formação de diques.

7.4.4 - Zinco

7.4.4.1 - Parâmetros estatísticos

Os principais parâmetros estatísticos calculados para as amostras de sedimento de corrente coletadas durante a geoquímica regional, acham-se sumarizados na tabela XI. Nesta, verifica-se que os valores analíticos de Zn encontram-se entre 3,0 ppm e 600 ppm, mostrando um *background* regional de 37 ppm.

O Grupo Castro tem uma média geométrica de 48 ppm e um limiar de 143 ppm. Nesta população, o *background* praticamente se mantém constante nas diversas dimensões das bacias de captações. Somente nas maiores bacias é que o *background* sofre um ligeiro declínio. Quanto ao limiar, dentro de um procedimento normal, decresce com o aumento das bacias.

Entre as subpopulações do Castro, as oscilações das médias não foram muito acentuadas. Não obstante, percebe-se que, enquanto os riolitos mostraram a média mais alta (56 ppm), refletindo uma maior riqueza do componente Zn, os siltitos e arcósios, em oposição, acusaram o menor *background* (46 ppm). Os conglomerados obtiveram melhor média (52 ppm)

TABELA XI — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES DO ZINCO EM SEDIMENTO DE CORRENTE — Zn - AA

POPULAÇÕES	NÚMERO de AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA GEOMÉTRICA (MG)	DESVIO GEOMÉTRICO (DG)	COEFICIENTE de VARIAÇÃO	GRAU de DETECÇÃO	MG x DG	MG x DG^2	MG x DG^3
ÁREA TOTAL	1387	3	600	37	1,927	0,733	1387:1397	71	137	265
GRUPO CASTRO	381	8	430	48	1,726	0,589	381: 385	83	143	247
CASTRO ANDESITOS	34	17	430	50	2,167	0,905	034: 035	108	235	509
CASTRO RIOLITOS	74	20	270	56	1,707	0,575	074: 075	96	163	279
CASTRO CONGLOMERADOS	38	16	110	52	1,653	0,536	038: 038	86	142	235
CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	197	8	210	46	1,641	0,528	197: 199	75	124	203
CASTRO AD<5	212	10	430	51	1,773	0,623	212: 216	90	160	284
CASTRO AD=5-10	42	20	150	51	1,704	0,573	042: 042	87	148	252
CASTRO AD=10-20	38	20	110	50	1,570	0,475	038: 038	79	123	193
GRANITOS	217	8	180	38	1,689	0,562	217: 218	64	108	183
GRUPO AÇUNGUI	102	4	95	25	2,093	0,852	102: 102	52	110	229
MIGMATITOS	18	10	55	22	1,630	0,519	018: 018	36	58	95
FM. FURNAS	130	3	110	16	2,103	0,859	130: 133	34	71	149
FM. PONTA GROSSA	16	23	75	43	1,378	0,329	016: 016	59	82	113

1 Dados expressos em ppm

2 MG e DG são geométricos, supondo-se a distribuição log-normal

3 AD = Área de drenagem expressa em km^2

4 Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos e transformados em relação ao total de valores analisados

5 AA = Absorção Atômica

6 MG = Background

7 MG x DG a MG x DG^2 = Alto background

8 MG x DG^2 = Limiar

9 MG x DG^2 a MG x DG^3 = Anomalia possível

10 ≥ MG x DG^3 = Anomalia provável

de que os andesitos (50 ppm). Os valores de limiar variam de 124 ppm nos siltitos e arcósios até 235 ppm nos andesitos.

As rochas graníticas exibem uma média geométrica de 38 ppm e um limiar igual a 108 ppm. No Grupo Açungui a média cai para 25 ppm e o limiar sobe para 110 ppm. Aqui também é marcante a influência do desvio geométrico. Os migmatitos apresentam um baixo teor médio de zinco com 22 ppm e o menor limiar calculado, que é de 58 ppm.

Entre as rochas sedimentares da Bacia do Paraná, os arenitos da Formação Furnas possuem o mais baixo *background* de todas as populações estudadas, 16 ppm, e um limiar de 71 ppm para um desvio geométrico de 2,103, o segundo mais alto. Embora a Formação Ponta Grossa tenha apresentado um *background* de 43 ppm e um limiar de 82 ppm, duas ressalvas devem ser feitas: a primeira é quanto ao número de amostras (apenas 16), insuficiente para alguma significância estatística; a outra é quanto à constituição litotípica desta formação, onde predominam folhelhos argilosos, materiais com muita vocação para a retenção de zinco. Daí seu teor mínimo ter alcançado 23 ppm, fortemente discrepante do valor mínimo registrado para toda a área do projeto, que foi de 3 ppm.

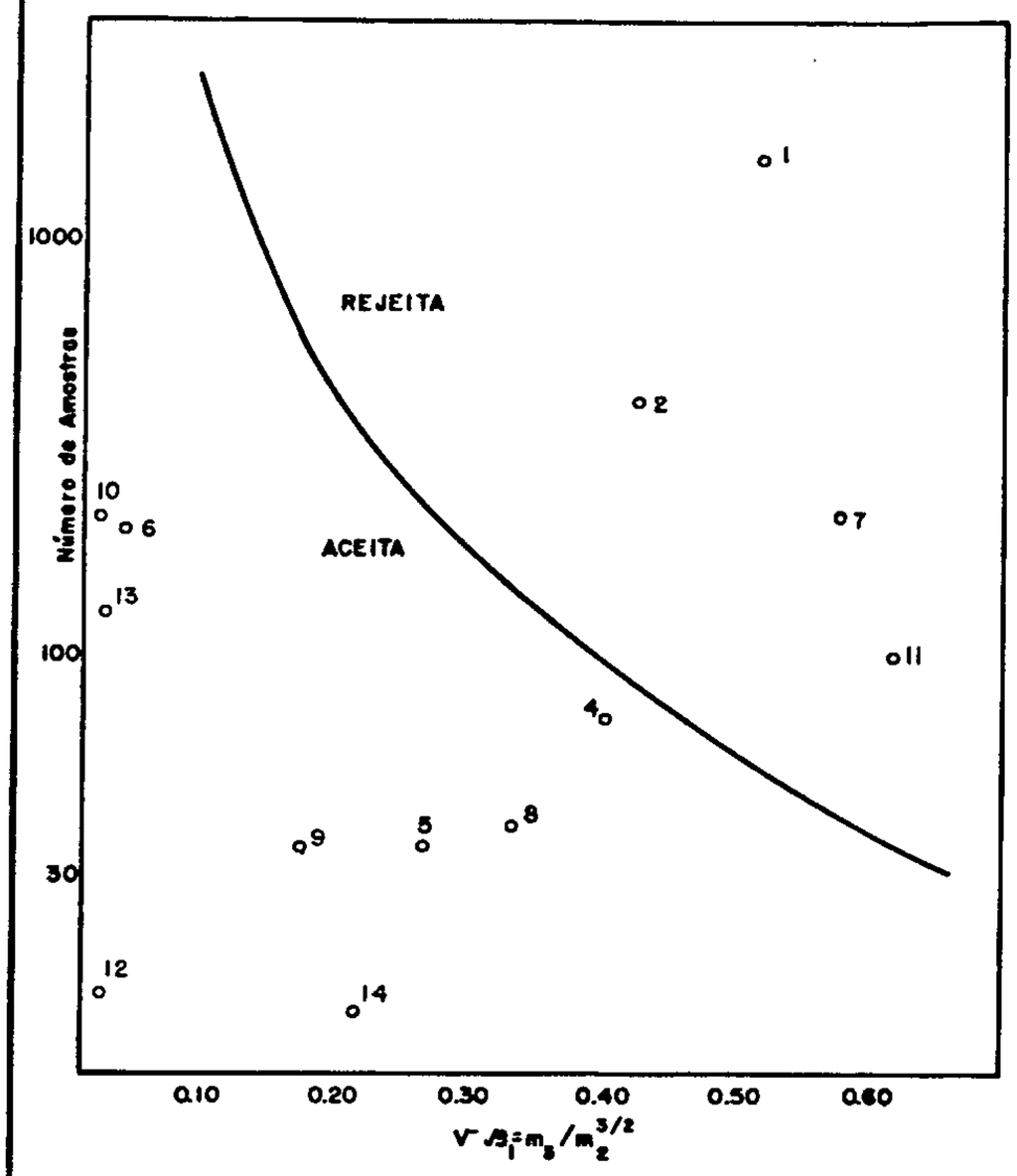
Analisando-se os coeficientes de variação, percebe-se que os mesmos oscilam de um mínimo de 0,329 na população Formação Ponta Grossa, a 0,905 nos andesitos do Grupo Castro. Numa faixa de 0,501 a 0,600 concentram-se sete populações, duas abaixo desse intervalo e cinco acima. Estes dados revelam, de um modo geral, uma baixa dispersão relativa dos teores de zinco nas diversas populações, com exceção dos andesitos, Açungui e Furnas, em que a dispersão mostra-se mais elevada segundo os dados fornecidos pelos coeficientes de variação.

Da análise dos testes de distribuição mostrados na tabela XII, nota-se que as populações estudadas, exceção feita à Área total, aceitaram totalmente a hipótese de lognormalidade testada pelo método de Kolmogorov-Smirnov. Quanto

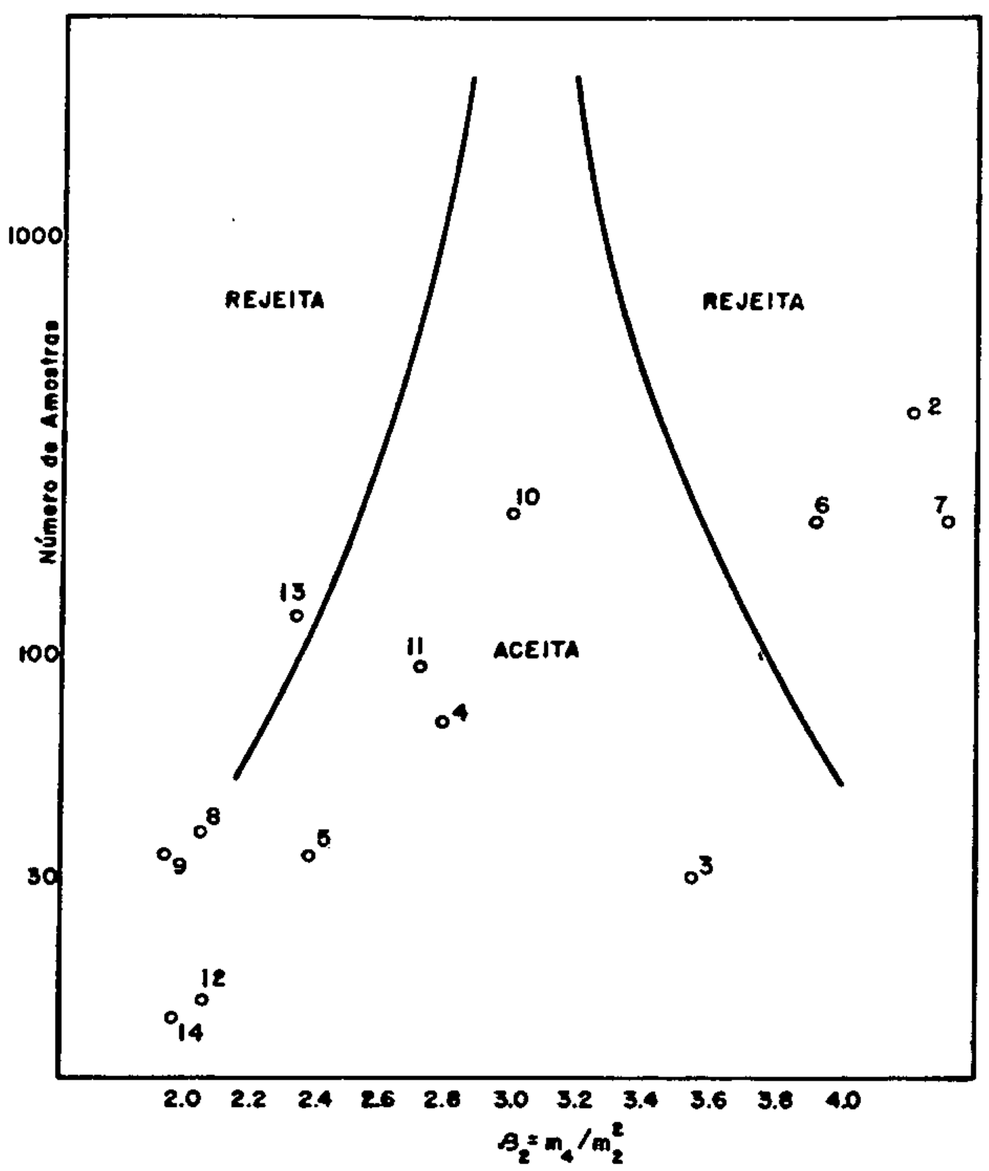
TESTES DE DISTRIBUIÇÃO

ZINCO — AA

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%



CURTOSE - Nível de Significância de 95%



POPULAÇÕES \ TESTES DE DISTRIBUIÇÃO		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV -SMIRNOV		QUI-QUADRADO			
						F.MÍN 1,5		F.MÁX 5,0	
				5%	1%	5%	1%	5%	1%
1	ÁREA TOTAL	-0,509	4,529*	—	—	—	—	—	—
2	GRUPO CASTRO	0,418	4,179	+	+	+	+	+	+
3	CASTRO ANDESITOS	0,974*	3,539	+	+	+	+	+	+
4	CASTRO RIOLITOS	0,396	2,796	+	+	+	+	+	+
5	CASTRO CONGLOMERADOS	-0,259	2,402	+	+	+	+	n	n
6	CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	-0,036	3,899	+	+	+	+	+	+
7	CASTRO AD<5	0,573	4,300	+	+	+	+	+	+
8	CASTRO AD=5-10	0,324	2,076	+	+	+	+	+	+
9	CASTRO AD=10-20	0,170	1,958	+	+	—	—	+	+
10	GRANITOS	-0,014	2,996	+	+	+	+	+	+
11	GRUPO AÇUNGUI	-0,607	2,756	+	+	—	+	+	+
12	MIGMATITOS	0,016	2,091	+	+	—	+	n	n
13	FM. FURNAS	-0,017	2,357	+	+	+	+	+	+
14	FM. PONTA GROSSA	-0,218	2,002	+	+	n	n	n	n

(+) Aceita a hipótese nula

(—) Rejeita a hipótese nula

(*) Rejeitados: o ponto cai além dos limites do quadro

(n) Não realizados por insuficiência de intervalos

TABELA XII - Testes de distribuição do zinco: assimetria, curtose, kolmogorov-smirnov e qui-quadrado.

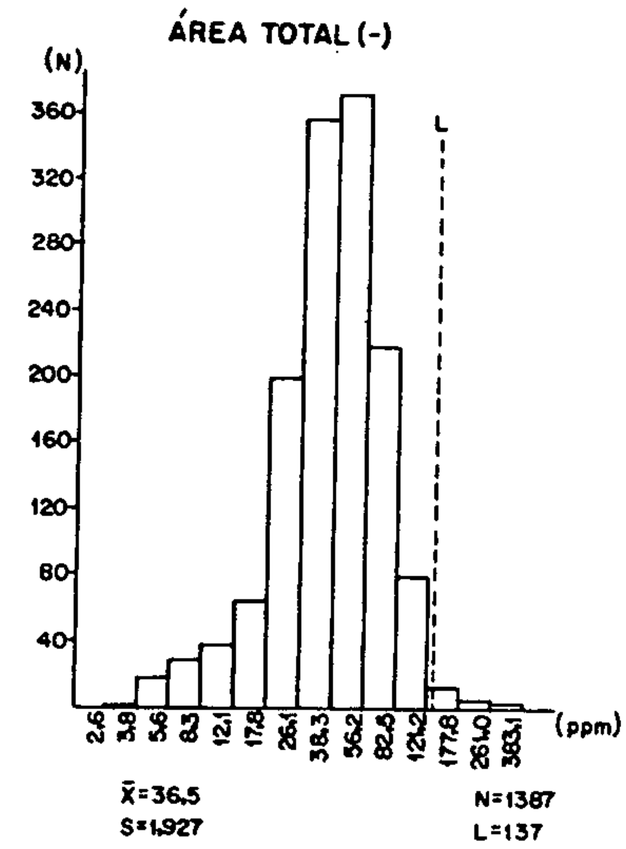
ao qui-quadrado, além da população Área total, que foi rejeitada, a população Ponta Grossa apresentou problemas com relação ao número de amostras analisadas, e, por isso mesmo, não foi testada por insuficiência de intervalos. Já as populações restantes aceitaram, total ou parcialmente, o qui-quadrado. Quanto à assimetria e curtose, paradoxalmente, houve um número maior de populações que rejeitaram estes testes. Assim, na assimetria, as populações Área total, Grupo Castro, Castro-andesitos, Castro-AD < 5 km^2 e Grupo Açungui rejeitaram o teste. Já na curtose, o mesmo ocorreu com a Área total, Grupo Castro, Castro-siltitos e arcósios, Castro-AD < 5 km^2, Castro-AD entre 10 e 20 km^2 e Formação Furnas.

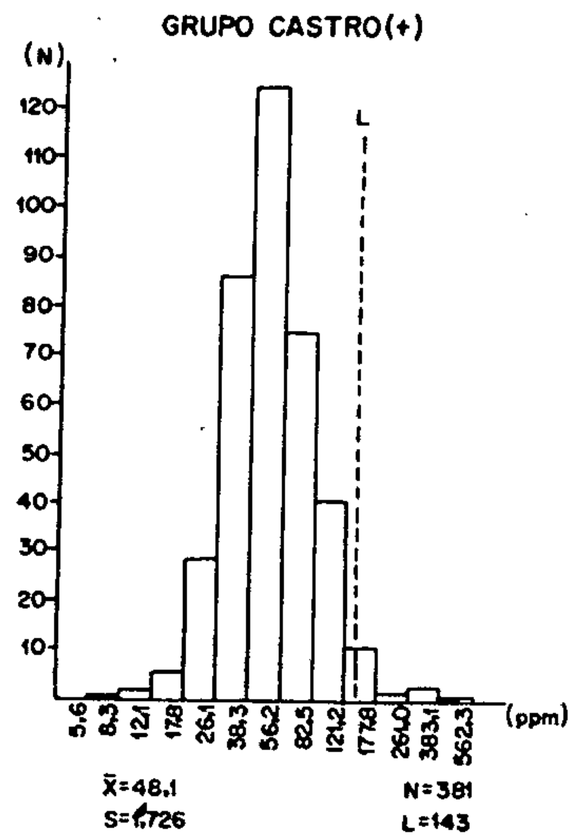
A partir dos histogramas apresentados nas figuras 15 e 16, nota-se que somente as populações Castro-siltitos e arcósios, bacias do Grupo Castro com áreas de drenagem entre 5 a 10 km^2 e Formação Ponta Grossa são as que melhor se aproximam do modelo gráfico correspondente à lognormalidade. Nestes casos, pode-se observar que a média coincide com a moda. Um modelo gráfico de curva lognormal atípica, com assimetria levemente positiva, é fornecida pelo histograma da população Granitos. Agui, a média acha-se ligeiramente acima da moda. O oposto é mostrado pelos histogramas da Área total, Castro-riolitos e do Grupo Açungui, onde as curvas são do tipo lognormal atípica, com assimetria negativa. Nestes casos, a moda posiciona-se acima da média. No caso específico da população Castro-riolitos, o modelo foge um pouco dos padrões normais, visto que há falta de observações em um dos intervalos de classe.

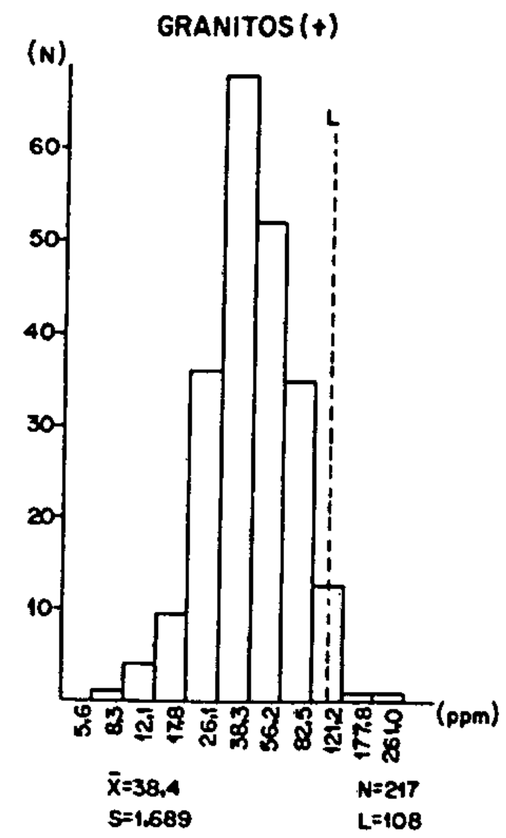
Os histogramas que não se enquadram dentro dos modelos gráficos de distribuição lognormal, são dados pelas populações Migmatitos, Grupo Castro, Castro-AD < 5 km^2, Castro-AD entre 10 e 20 km^2, Castro-andesitos, Castro-conglomerados e Formação Furnas. Nestes casos, os gráficos mostram, comumente, a presença de mais de um pico, e a existência de mais de uma curva, o que evidencia uma mistura de populações.

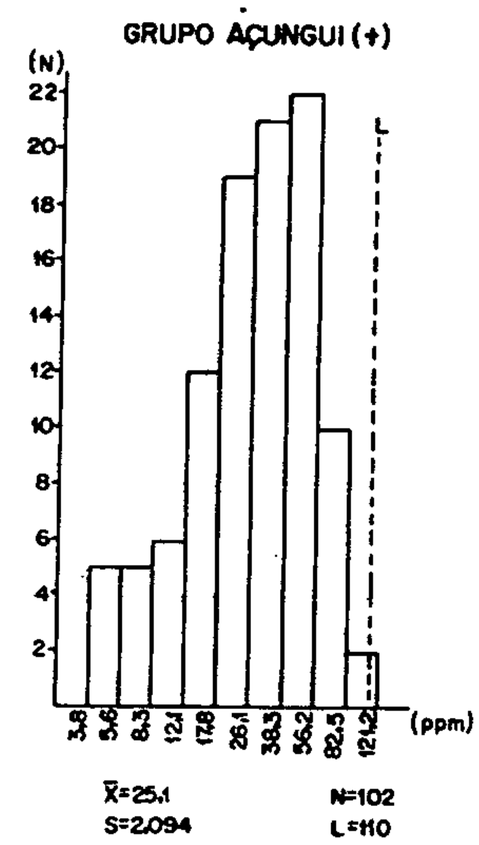
CPRM

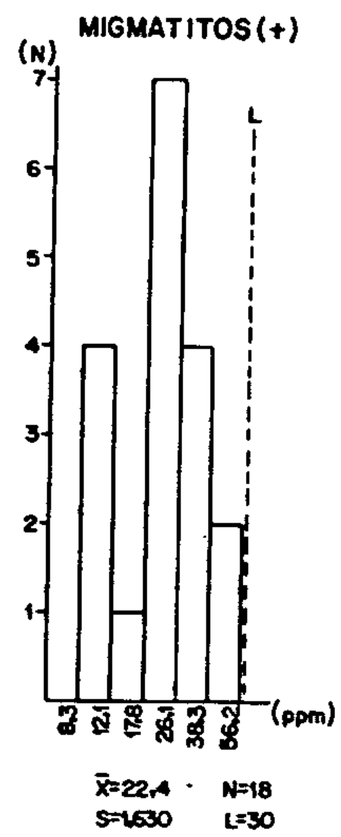
ZINCO-ABSORÇÃO ATÔMICA

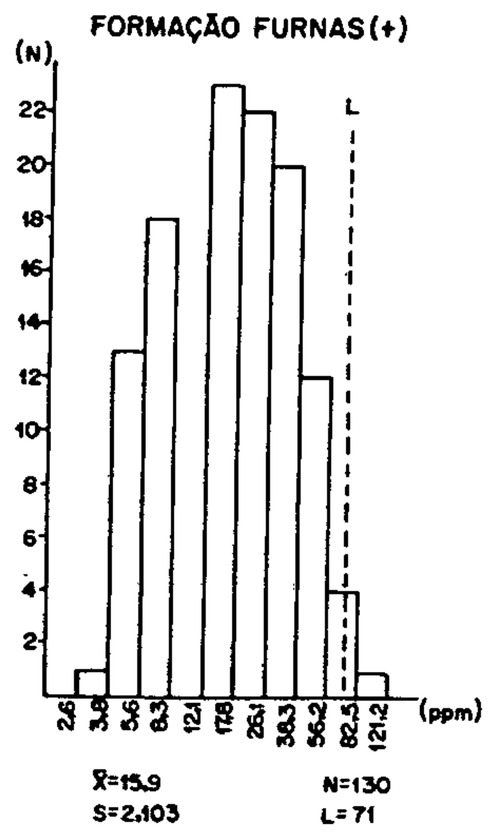


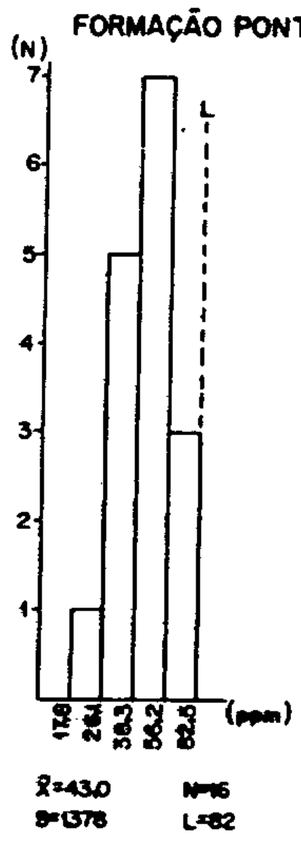












Legenda:

(+) hipótese log-normal aceita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

(-) hipótese log-normal rejeita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

N número de amostras

X̄ média geométrica

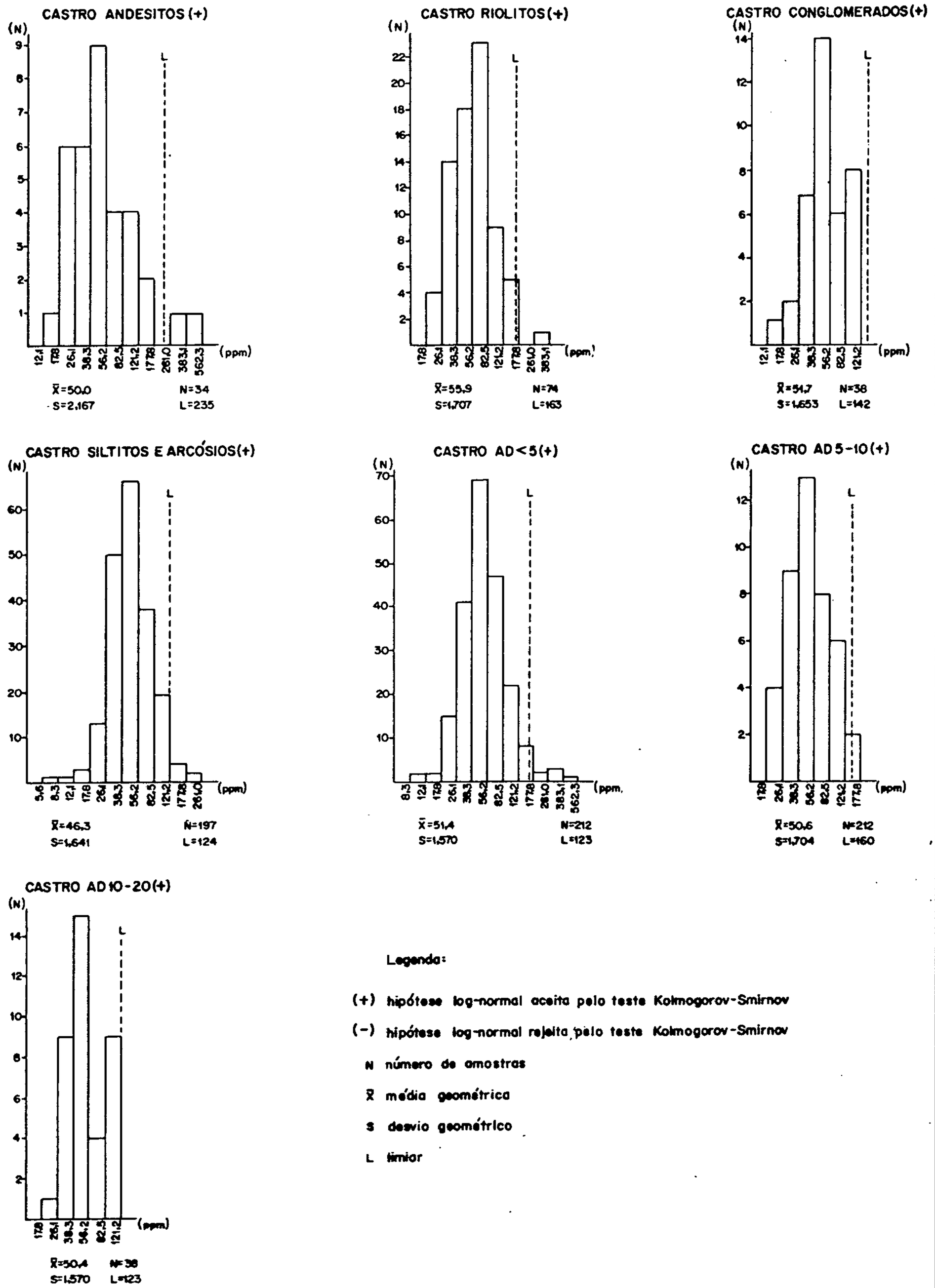
S desvio geométrico

L limiar

FIGURA 15 – Histogramas de zinco em sedimento de corrente.

CPRM

ZINCO-ABSORÇÃO ATÔMICA



Legenda:

(+) hipótese log-normal aceita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

(−) hipótese log-normal rejeita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

N número de amostras

X̄ média geométrica

s desvio geométrico

L limiar

FIGURA 16 – Histogramas de zinco em sedimento de corrente.

7.4.4.2 - Associação com outros elementos

A correlação do zinco com os demais elementos nas populações estudadas acha-se sumarizada na tabela XIII, onde estão plotados os dados da matriz de correlação x número de amostras.

Na Área total, as associações de zinco mostram-se regulares com chumbo, cobalto e níquel, ruim com o cobre e negativa com o molibdênio. Uma melhor associação com o elemento cobre poderia ser esperado, já que toda a área está cortada por diques básicos. Por outro lado, talvez este fato tenha contribuído para uma homogeneização dos teores de elementos siderófilos, elevando de um modo geral os *background* correspondentes, e diminuindo os contrastes.

No Grupo Castro a associação é boa com o chumbo, regular com cobre, cobalto e níquel e negativa com o molibdênio e o arsênio. A boa associação do zinco com Pb, que é um elemento tipicamente calcófilo, dá às rochas do Grupo Castro, como vai ser visto adiante, alguma perspectiva em conter depósito sulfetado.

Os andesitos são as rochas do Grupo Castro que mostram a melhor associação do zinco com o elemento chumbo. Confirmando os dados da tabela, as melhores anomalias de chumbo e zinco foram encontradas sobre esta litologia. A correlação também é boa com o cobre e o cobalto, regular com o níquel e ruim com molibdênio e arsênio.

Nas rochas riolíticas, as associações do Zn com os outros elementos alvos, apresentam-se bem mais fracas do que nos andesitos. Ainda assim, ela é boa com o chumbo, regular com o cobalto e o níquel, ruím com o cobre e o molibdênio e negativa com o arsênio.

Nos conglomerados e nos siltitos e arcósios, o zinco correlaciona-se de forma apenas regular com a maioria dos elementos. Ela é boa somente com o cobalto, no caso dos conglomerados, e com o níquel quando se trata dos siltitos e ar

CPRM

TABELA XIII – MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

ZINCO – ABSORÇÃO ATÔMICA

POPULAÇÕES / ELEMENTOS		Cu AA	Pb AA	Zn AA	Co AA	Ni AA	Mo AA	As Col.
ÁREA TOTAL	n	1387	1387	1387	1387	1387	380	
	Zn – AA	•	⊙	●	⊙	⊙	(•)	*
GRUPO CASTRO	n	381	381	381	381	381	370	360
	Zn – AA	⊙	◐	●	⊙	⊙	(•)	(•)
CASTRO ANDESITOS	n	34	34	34	34	34	34	34
	Zn – AA	◐	●	●	◐	⊙	•	•
CASTRO RIOLITOS	n	74	74	74	74	74	70	61
	Zn – AA	•	◐	●	⊙	⊙	•	(•)
CASTRO CONGLOMERADOS	n	38	38	38	38	38	37	38
	Zn – AA	⊙	⊙	●	◐	⊙	(•)	(•)
CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	n	197	197	197	197	197	191	189
	Zn – AA	⊙	⊙	●	⊙	◐	(•)	•
CASTRO AD<5	n	212	212	212	212	212		212
	Zn – AA	•	◐	●	⊙	⊙	*	(•)
CASTRO AD=5-10	n	42	42	42	42	42	41	42
	Zn – AA	⊙	⊙	●	◐	◐	(•)	(•)
CASTRO AD=10-20	n	38	38	38	38	38	38	38
	Zn – AA	⊙	◐	●	◐	◐	(•)	•
GRANITOS	n	217	217	217	217	217		
	Zn – AA	•	⊙	●	◐	•	x	x
GRUPO AÇUNGUI	n	102	102	102	102	102		
	Zn – AA	◐	⊙	●	◐	⊙	x	x
MIGMATITOS	n	18	18	18	18	18		
	Zn – AA	◐	◐	●	●	●	x	x
FORMAÇÃO FURNAS	n	130	130	130	130	130		
	Zn – AA	◐	⊙	●	●	•	x	x
FORMAÇÃO PONTA GROSSA	n	16	16	16	16	16		
	Zn – AA	⊙	(•)	●	●	⊙	x	x

Coeficiente de correlação

- • < 0,30
- ⊙ 0,30 a 0,59
- ◐ 0,60 a 0,79
- ● > 0,80
- ( ) inversa

n Número de amostras processadas
AA Absorção atômica
Col. Colorimetria
AD Área de drenagem em km^2
x Elementos não analisados
* Insuficiência de valores definidos

cósios. Em ambos os casos, é ruim ou negativa com os elementos Mo e As.

No que diz respeito às áreas de drenagem sobre o Grupo Castro, as melhores associações do zinco com os outros elementos alvos ocorrem naquelas compreendidas entre 10 e 20 km^2. Nestas, mostrou-se boa com o chumbo, cobalto e níquel, regular com o cobre, negativa com o molibdênio e ruim com o arsênio. Entre 5 e 10 km^2, ela é boa com os elementos Co e Ni, regular com Cu e Pb e negativa com Mo e As. As piores associações ficaram com as menores áreas de drenagem (> 5 km^2). A correlação é boa apenas com o chumbo, regular com o cobalto e níquel, ruim com o cobre e negativa com o arsênio.

Na população Granitos, a correlação do zinco é boa com o cobalto e regular com o chumbo; com o cobre e com o níquel ela é ruim.

No Grupo Açungui, a associação do zinco é boa com cobre e cobalto, sendo regular com o níquel e o chumbo.

Embora os migmatitos tenham fornecido as melhores associações do zinco com os outros elementos estudados, estas correlações ficam prejudicadas, ou pouco confiáveis, em razão do baixo número de amostras analisadas. Assim, as relações foram excelentes com o cobalto e o níquel e boa com o cobre e o chumbo.

Nos representantes da bacia sedimentar, o zinco confirma, de um modo geral, uma grande afinidade associativa com os elementos siderófilos. Note-se que, no caso da Formação Ponta Grossa, as correlações acham-se prejudicadas pelo baixo número de amostras processadas.

7.4.4.3 - Distribuição dos teores de zinco na área

A distribuição do zinco está representada em mapas de teores na escala 1:100.000, referentes aos anexos VII e VIII. Os intervalos definidos segundo os parâmetros estatísticos, constantes no sumário dos estimadores (tabela XI), fo

ram:

- ≤ 40 ppm: valores abaixo do *background*;
- 40 ppm - 75 ppm: valores da faixa de *background*;
- 75 ppm - 130 ppm: valores entre o alto *background* e o limiar;
- 130 ppm - 230 ppm: faixa de valores referente as anomalias possíveis;
- > 230 ppm: valores correspondentes as anomalias prováveis.

Na folha de Castro-Piraí do Sul (anexo VII), onde ocorre a quase totalidade das rochas visadas por este projeto, a região ocupada pelo Grupo Castro destaca-se, em função dos teores de zinco, do resto da área, constituída por sedimentos da Bacia do Paraná, granitos, metassedimentos do Grupo Açungui e migmatitos, que mostraram possuir teores mais baixos.

Na sequência vulcano-sedimentar que compõe o Grupo Castro, as rochas andesíticas foram as que apresentaram os maiores teores de zinco, e, consequentemente, as melhores anomalias. Predominaram os resultados compreendidos entre 75 ppm e 130 ppm. Os andesitos distribuem-se, preferencialmente, entre as localidades de Cerrado Chico Taquara e Campina de Guararema, onde foram encontradas as anomalias.

Nos riolitos e na fase sedimentar, composta pelos siltitos e arcósios, é marcante o domínio dos teores no intervalo de 40 ppm a 75 ppm, isto é, valores entre o *background* e o alto *background*. Apenas um teor, na faixa das anomalias prováveis (230 ppm), ocorreu no âmbito das rochas riolíticas. Situado em um afluente do rio Jotuba, posiciona-se sobre um grande falhamento que separa localmente as vulcânicas ácidas das rochas graníticas, o que certamente contribuiu para elevar o teor em zinco.

Nas rochas graníticas, que ocupam extensa área da folha de Castro-Piraí, o zinco distribui-se de forma irregular, isto é, existem zonas em que os teores se destacam mais

do que em outras. Dessa forma, observa-se que na região sul, onde estão localizadas as bacias de captação dos rios Jotuba e Pitangui, predominam os teores compreendidos entre o *background* e o alto *background*, com valores entre 40 ppm e 75 ppm. Ainda na mesma região, mas confinada à um dos tributários do Jotuba, verifica-se a predominância de teores entre o alto *background* e o limiar (75 ppm - 130 ppm). Certamente, o grande número de diques de rocha básica que aí afloram, contribuiu decisivamente para o incremento destes teores. Um pouco mais a nordeste, nas bacias dos rios Campina e Tucum, existe um certo equilíbrio entre os teores com valores inferiores ao *background* (40 ppm) e valores entre o *background* e o alto *background* (40 ppm - 75 ppm). Finalmente, a norte do rio do Tigre, voltam a dominar os teores entre o *background* e o alto *background*, ocorrendo, em um afluente do citado rio, um valor anômalo da faixa das anomalias possíveis (130 ppm - 230 ppm).

7.4.4.4 - Anomalias

O zinco apresenta 14 anomalias, das quais cinco ocorrem em rochas do Grupo Castro, quatro em granitos, e cinco no arenito Furnas.

Dentre as anomalias detectadas, sem dúvida, as localizadas em Campina do Guararema (KY-48, KY-49 e KY-68) destacam-se como as mais importantes encontradas no projeto. Todas elas estão associadas a valores anômalos de chumbo, sendo que as KY-48 e KY-49 relacionam-se, ainda, à valores de alto *background* de cobre, cobalto e níquel. Localmente, predominam rochas andesíticas (KY-48 e KY-49), separadas de brechas vulcânicas (KY-68 e KY-69 - anomalia de chumbo), no mapa geológico representadas por conglomerados, por falhamento de direção NE. Baseado nesta associação de fortes anomalias de zinco, com as igualmente altas de chumbo, pode-se esperar uma origem para estes valores à partir de sulfetos, já que tal paragênese dificilmente ocorreria em silicatos, onde os teores de chumbo costumam baixar sensivelmente, e os

elementos siderófilos aumentam de forma marcante.

Como que confirmando as pesquisas geoquímicas empreendidas por este projeto, em trabalhos paralelos e de mesma natureza, técnicos da empresa UNIGEO confirmaram, verbalmente, as anomalias encontradas na região de Campina do Guarema, estando já as suas pesquisas em fase de sondagem, e com a área certamente requerida.

Ainda pertencentes ao Grupo Castro, estão as anomalias DB-22 e DB-38. Na primeira, localizada próximo as cabeceiras de um afluente do rio Jotuba, o ponto de coleta posiciona-se sobre falhamento NE, de caráter regional, que separa riolitos de rochas graníticas, o que pode ter influenciado nos teores encontrados. A anomalia de zinco está vinculada a valores anômalos de níquel e a faixa de alto *background* de cobalto. Entretanto, na anomalia DB-38, localizada em afluente do rio Iapó próximo a cidade de Castro, em siltitos e arcósios do Grupo Castro, o zinco associa-se com valores anômalos de cobre, cobalto e níquel, e de alto *background* de chumbo.

Entre as anomalias de zinco detectadas em rochas graníticas, pode-se destacar a IL-150, onde se associa com anomalia de chumbo e valor de alto *background* de cobre. Nas demais: IL-145, IL-118 e KY-131, os teores anômalos de zinco associam-se a alto *background* de cobalto e/ou níquel, podendo ser relacionados, de um modo geral, à presença de diques de rocha básica.

No arenito Furnas, único representante da bacia a conter anomalias de zinco, ocorrem nas estações DB-69, DB-71 e DB-72 localizadas próximo ao Cerrado Chico Taquara em afluentes do rio Iapó. Embora no mapa geológico apareçam sobre vulcânicas do Grupo Castro, na realidade sobrepõem-se localmente a sedimentos arenosos típicos da Formação Furnas, confirmados pelos paredões de arenitos que constituem as margens e onde o vale dos rios estão profundamente encaixados.

Na anomalia DB-69 o teor de zinco acha-se associa

do a anomalia de chumbo e os valores de alto *background* de cobre e cobalto. Na DB-71 a associação dá-se com valores anômalos de cobalto e níquel, e de alto *background* de chumbo. Já na anomalia DB-72 o relacionamento da anomalia de zinco é com valor anômalo de cobalto, e com teor de alto *background* de níquel. Não se descarta a possibilidade de que a rocha subjacente seja constituída de vulcanitos, como está mapeada pelos técnicos da Comissão da Carta Geológica do Paraná (1966), o que, em última análise, estaria influenciando estes resultados.

Ainda no arenito Furnas encontram-se as anomalias KY-319 e KY-110. Na KY-319, localizada no Arroio da Cotia, o valor de zinco acha-se associado a valor anômalo de cobre e a valores de alto *background* de chumbo, cobalto e níquel. Por outro lado, a KY-110, localizada na folha Curiúva-Jaguariaíva, posiciona-se sobre grande *sill* de diabásio, o que proporcionou, além da anomalia de zinco, um teor anômalo de cobre e um valor de alto *background* de cobalto.

7.4.5 - Cobalto

7.4.5.1 - Parâmetros estatísticos

As coletas realizadas em toda a área do projeto, depois de tratadas estatisticamente (tabela XIV), apresentaram para o cobalto, um *background* de 5 ppm, com os valores analíticos oscilando entre 0,5 ppm e 95 ppm.

Como as populações Grupo Castro, Granitos, Grupo Açungui, Migmatitos e Formação Furnas apresentaram problemas de rejeição, quanto aos testes de distribuição, nestas unidades, os valores de média, limiar e de anomalias possíveis e prováveis foram calculados à partir do gráfico de probabilidades que é fornecido por programa específico do SEAG/Rio.

Feita a ressalva, nota-se que dentro do Grupo Castro, a média geométrica pouco variou entretanto, o mesmo não pode ser dito quanto ao limiar, cabendo aos andesitos o mais

TABELA XIV — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES DO COBALTO EM SEDIMENTO DE CORRENTE — Co-AA

POPULAÇÕES	NÚMERO de AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA GEOMÉTRICA (MG)	DESVIO GEOMÉTRICO (DG)	COEFICIENTE de VARIAÇÃO	GRAU de DETECÇÃO	MG x DG	MG x DG^2	MG x DG^3
ÁREA TOTAL	1387	0,9	95	5	2,408	1,079	1387:1397	12	29	70
GRUPO CASTRO	381	0,9	95	7*	2,306	1,005	381: 385	15*	36*	75*
CASTRO ANDESITOS	34	1,5	35	6	2,808	1,380	034: 035	17	47	133
CASTRO RIOLITOS	74	1,5	28	7	2,194	0,924	074: 075	15	34	74
CASTRO CONGLOMERADOS	38	1,5	24	7	2,161	0,900	038: 038	15	33	71
CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	197	0,9	95	8	2,210	0,935	197: 199	18	39	86
CASTRO AD<5	212	1,5	90	7	2,430	1,095	212: 216	17	41	100
CASTRO AD=5-10	42	1,5	35	7	2,134	0,881	042: 042	15	32	68
CASTRO AD=10-20	38	1,5	26	8	1,954	0,753	038: 038	16	31	60
GRANITOS	217	0,9	45	6*	2,409	1,080	217: 218	13*	31*	56*
GRUPO AÇUNGUI	102	0,9	26	4*	2,378	1,058	102: 102	9*	19*	38*
MIGMATITOS	18	1,5	35	3*	2,548	1,182	018: 018	8*	19*	42*
FM. FURNAS	130	0,9	15	3*	2,140	0,885	130: 133	6*	14*	26*
FM. PONTA GROSSA	16	3,0	16	8	1,607	0,502	016: 016	13	21	33

1 Dados expressos em ppm

2 MG e DG são geométricos, supondo-se a distribuição log-normal

3 AD = Área de drenagem expressa em km^2

4 * Valores calculados pelo gráfico de probabilidade

5 Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos e transformados em relação ao total de valores analisados

6 AA = Absorção Atômica

7 MG = Background

8 MG x DG e MG x DG^2 = Alto background

9 MG x DG^2 = Limiar

10 MG x DG^2 e MG x DG^3 = Anomalia possível

11 ≥ MG x DG^3 = Anomalia provável

CPRM

elevado valor (47 ppm) o que não é de se estranhar, já que a esta população também pertence o mais alto desvio geométrico (2,808).

As médias apresentadas pelas populações Granitos (6 ppm), Grupo Açungui (4 ppm), Migmatitos (3 ppm) e Furnas (3 ppm), bem como pelos respectivos valores de limiar, acham se abaixo da expectativa se for levado em conta a afinidade do cobalto com rochas máficas. Além disso, foram estas unidades as que mais sofreram com o evento do Arqueamento de Ponta Grossa e, o consequente fissuramento acompanhado de preenchimento de rochas básicas, posicionando nas mesmas um exame de diques básicos, responsáveis pelo fornecimento de elementos siderófilos para o *overburden* local.

A Formação Ponta Grossa, ainda que, com uma média de 8 ppm, a mais alta entre as populações estudadas, não deve ter uma consideração muito especial, já que apenas 16 coletas foram realizadas sobre ela, não fornecendo subsídios suficientes para um estudo estatístico muito confiável.

Quanto aos coeficientes de variação, observa-se que eles variam de 0,502 nos sedimentos da Formação Ponta Grossa a 1,380 nos andesitos do Grupo Castro, encontrando-se três populações entre 0,801 e 0,900, no intervalo de 0,901 a 1,182, oito populações. Estes dados revelam uma dispersão relativa das observações, de baixa a moderada.

No que se refere aos testes de distribuição Kolmogorov-Smirnov, qui-quadrado, assimetria e curtose, sumarizados na tabela XV, nota-se que as populações Área total, Grupo Castro, Granitos, Grupo Açungui, Migmatitos e Formação Furnas, rejeitaram total ou parcialmente o teste de lognormalidade por Kolmogorov-Smirnov. Confirmando sua maior rigidez, o teste qui-quadrado foi rejeitado totalmente por sete populações, parcialmente por cinco e somente duas o aceitaram totalmente.

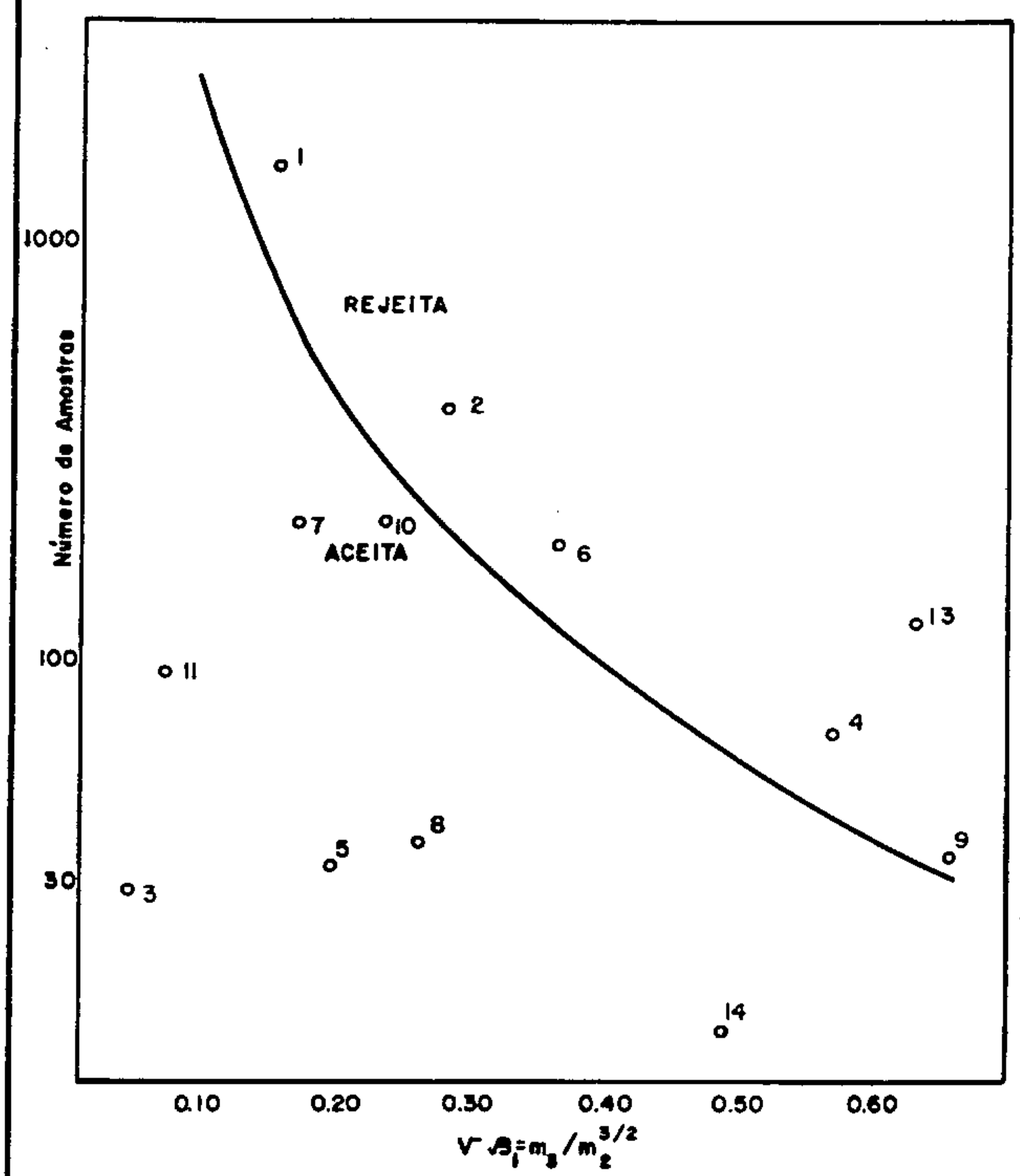
Quanto aos testes de assimetria e curtose (obser-

CPRM

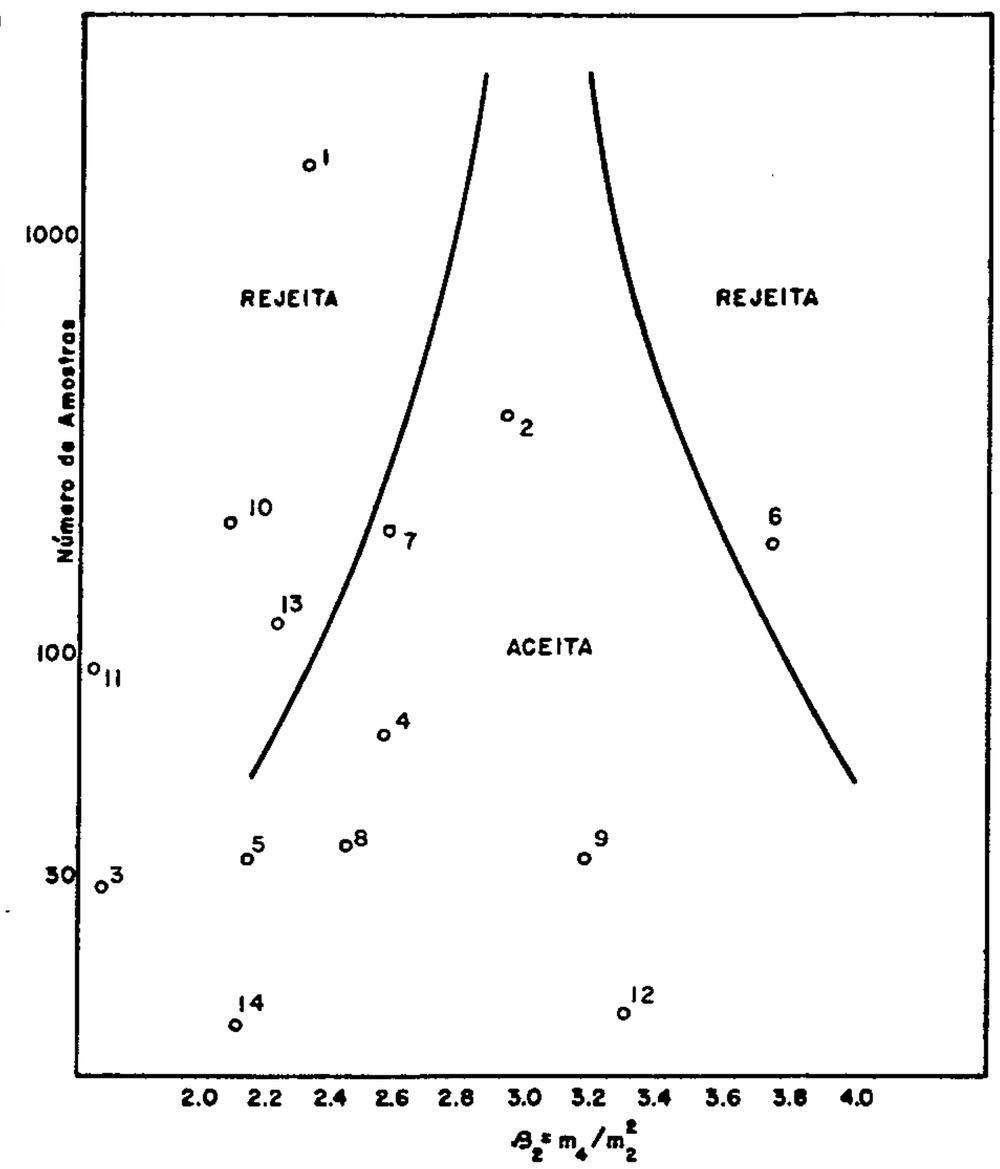
TESTES DE DISTRIBUIÇÃO

COBALTO – AA

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%



CURTOSE - Nível de Significância de 95%



POPULAÇÕES \ TESTES DE DISTRIBUIÇÃO		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV -SMIRNOV		QUI-QUADRADO			
						F. MÍN 1,5		F. MÁX 5,0	
				5%	1%	5%	1%	5%	1%
1	ÁREA TOTAL	– 0,150	2,307	–	–	–	–	–	–
2	GRUPO CASTRO	– 0,272	2,922	–	+	–	–	–	–
3	CASTRO ANDESITOS	0,037	1,752	+	+	–	–	+	+
4	CASTRO RIOLITOS	– 0,553	2,589	+	+	–	–	–	+
5	CASTRO CONGLOMERADOS	– 0,191	2,198	+	+	–	+	–	+
6	CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	– 0,356	3,716	+	+	–	–	–	+
7	CASTRO AD<5	– 0,161	2,594	+	+	–	–	–	–
8	CASTRO AD=5-10	– 0,249	2,475	+	+	+	+	+	+
9	CASTRO AD=10-20	– 0,640	3,176	+	+	+	+	+	+
10	GRANITOS	– 0,227	2,120	–	+	–	–	–	–
11	GRUPO AÇUNGUI	0,069	1,640	–	–	–	–	–	–
12	MIGMATITOS	1,139*	3,311	–	+	–	–	n	n
13	FM. FURNAS	0,615	2,259	–	–	–	–	–	–
14	FM. PONTA GROSSA	– 0,480	2,167	+	+	+	+	n	n

(+) Aceito a hipótese nula

(–) Rejeito a hipótese nula

(*) Rejeitados: o ponto cai além dos limites do quadro

(n) Não realizados por insuficiência de intervalos

TABELA XV - Testes de distribuição do cobalto: assimetria, curtose, kolmogorov-smirnov e qui-quadrado.

var gráficos na mesma tabela), verifica-se que apenas sete populações enquadram-se na zona de aceitação do gráfico de assimetria e oito no de curtose.

Analisando-se os histogramas (figuras 17 e 18) apresentados pelas diversas populações, constata-se que a exceção do Grupo Castro, com área de drenagem entre 10 e 20 km^2, e da Formação Ponta Grossa, nenhuma das outras se enquadram dentro dos padrões gráficos da lognormalidade. O histograma do Grupo Castro, com área de drenagem entre 10 e 20 km^2, apresenta uma curva lognormal atípica com assimetria negativa, isto é, com o intervalo que contém a média, colocado antes da moda. Na Formação Ponta Grossa, dois intervalos mostram a mesma frequência sendo a média incluída em um deles. Graficamente este modelo seria o que mais se aproxima da lognormalidade.

7.4.5.2 - Associação com outros elementos

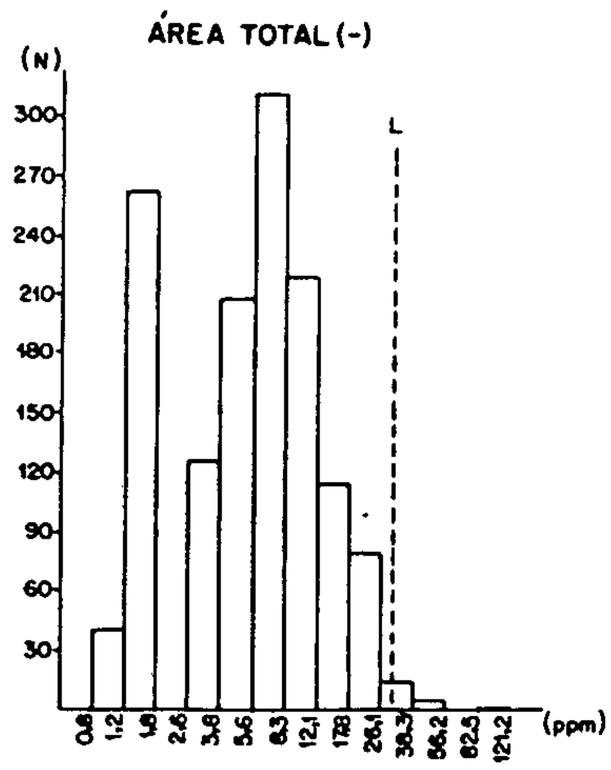
A matriz de correlação x número de amostras, apresentada na tabela XVI, mostra que a melhor associação do cobalto com outros elementos ocorreu na população andesito. Nesta unidade o cobalto revelou boas associações com o cobre, chumbo e zinco, e excelente com o níquel. Destacando dentre elas, a boa correlação do cobalto com o chumbo, que ao lado do zinco indica paragênese filiada a mineralizações sulfetadas. Corroborando este dado, as melhores anomalias de chumbo e zinco foram encontradas nos domínios desta população.

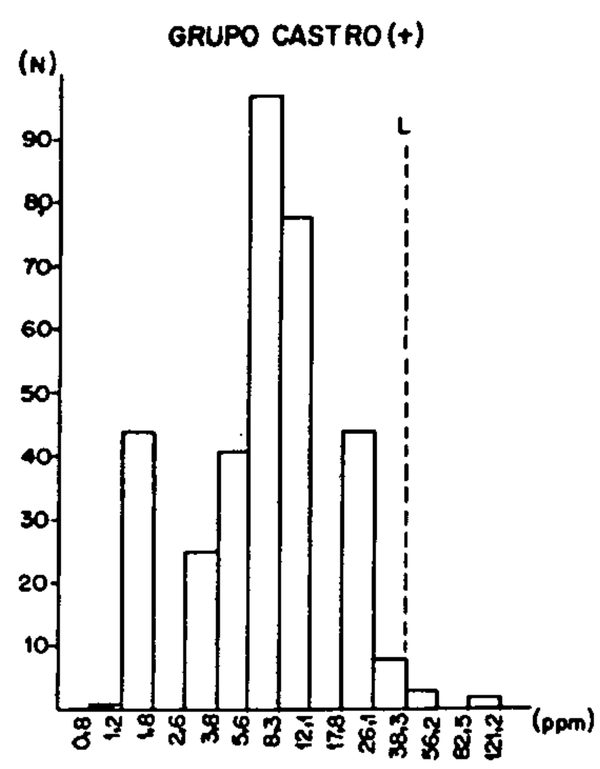
Na Área total o cobalto correlaciona-se de forma regular com cobre, zinco e níquel e pessimamente com chumbo e molibdênio.

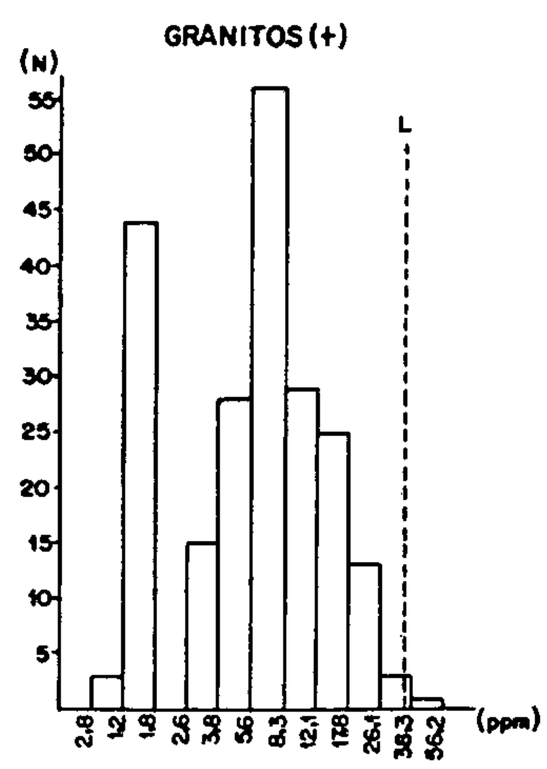
No Grupo Castro a correlação é boa com o níquel, regular com o cobre e zinco, ruim com chumbo e molibdênio, sendo negativa com o arsênio. Quando se considera nesta população, a associação do cobalto com os outros elementos analisados, segundo a ordem das bacias de captação, no caso entre 5 e 10 km^2, ela mostra-se boa com Cu, Zn, e Ni, regu-

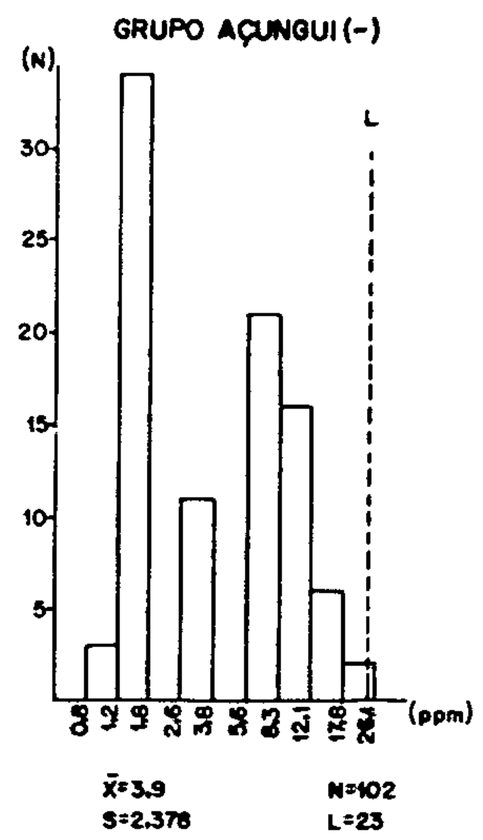
CPRM

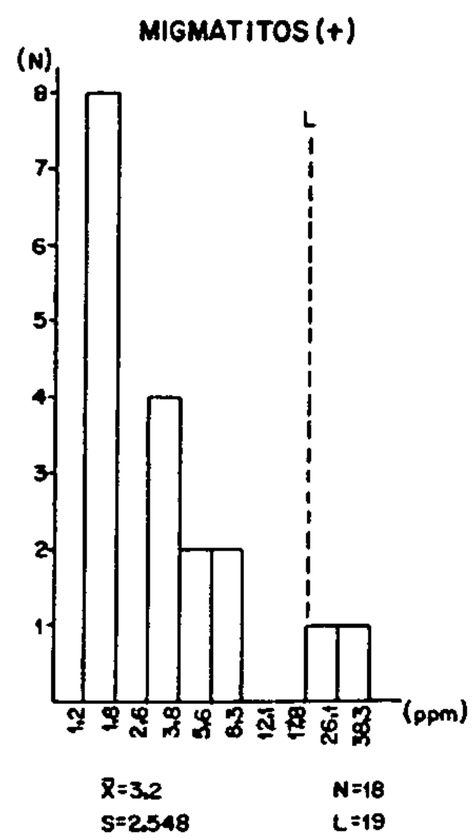
COBALTO - ABSORÇÃO ATÔMICA

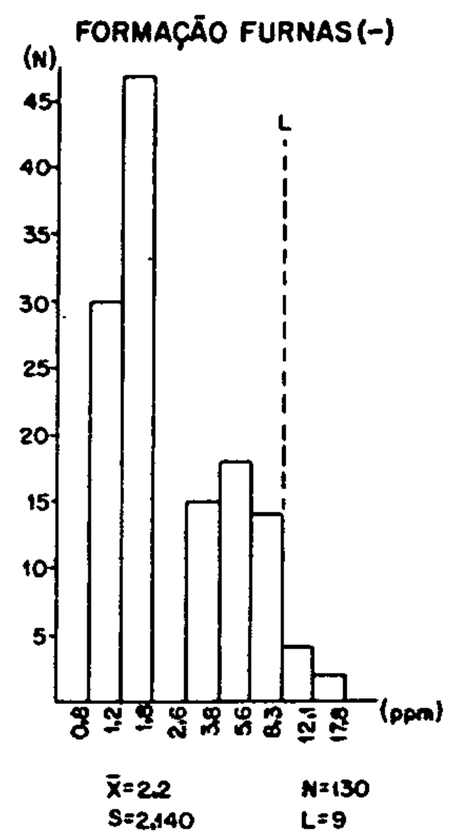


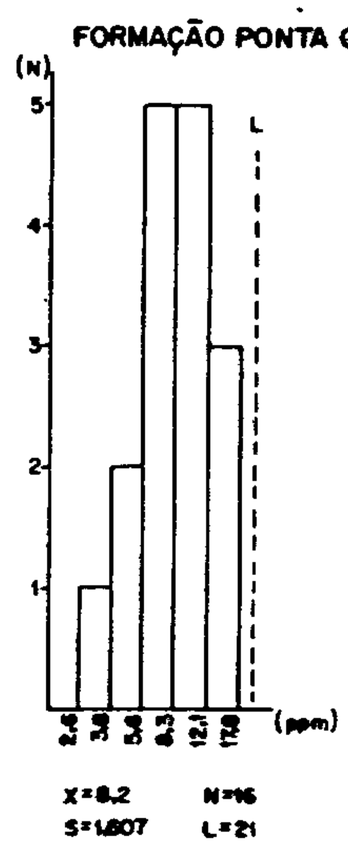












Legenda:

(+) hipótese log-normal aceita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

(-) hipótese log-normal rejeita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

N número de amostras

X̄ média geométrica

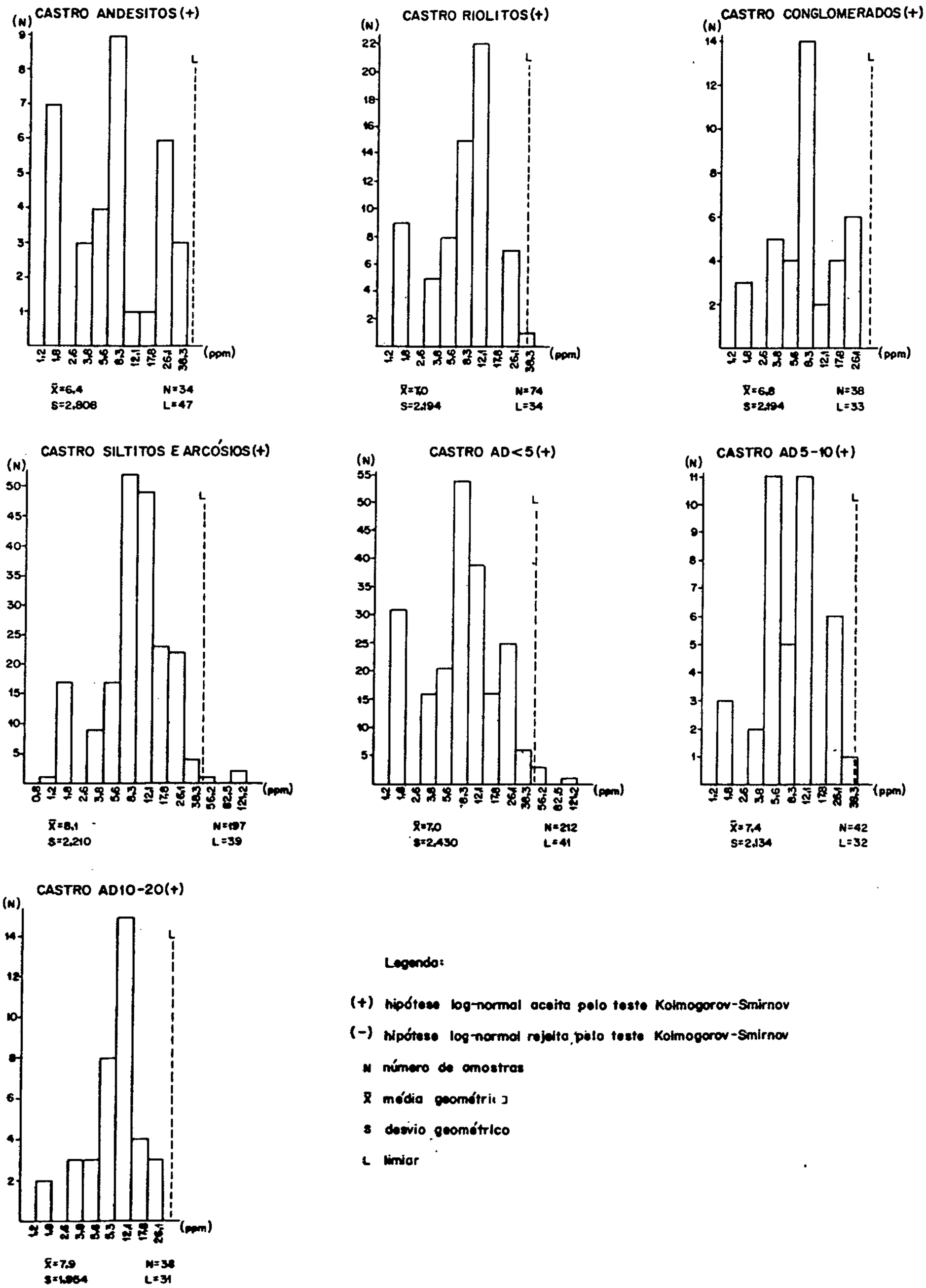
S desvio geométrico

L limiar

FIGURA 17 – Histogramas de cobalto em sedimento de corrente.

CPRM

COBALTO-ABSORÇÃO ATÔMICA



Legenda:

(+) hipótese log-normal aceita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

(-) hipótese log-normal rejeita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

N número de amostras

X̄ média geométrica

S desvio geométrico

L limiar

FIGURA 18 – Histogramas de cobalto em sedimento de corrente.

CPRM

TABELA XVI - MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

COBALTO - ABSORÇÃO ATÔMICA

POPULAÇÕES / ELEMENTOS		Cu AA	Pb AA	Zn AA	Co AA	Ni AA	Mo AA	As Col.
ÁREA TOTAL	n	1387	1387	1387	1387	1387	380	
	Co - AA	⊙	•	⊙	●	⊙	•	*
GRUPO CASTRO	n	381	381	381	381	381	370	360
	Co - AA	⊙	•	⊙	●	◐	•	(•)
CASTRO ANDESITOS	n	34	34	34	34	34	34	34
	Co - AA	◐	◐	◐	●	●	•	(•)
CASTRO RIOLITOS	n	74	74	74	74	74	70	61
	Co - AA	⊙	•	⊙	●	◐	•	(•)
CASTRO CONGLOMERADOS	n	38	38	38	38	38	37	38
	Co - AA	⊙	•	◐	●	⊙	•	(•)
CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	n	197	197	197	197	197	191	189
	Co - AA	⊙	•	⊙	●	⊙	•	(•)
CASTRO AD<5	n	212	212	212	212	212		212
	Co - AA	⊙	•	⊙	●	◐	*	(•)
CASTRO AD=5-10	n	42	42	42	42	42	41	42
	Co - AA	◐	⊙	◐	●	◐	•	(•)
CASTRO AD=10-20	n	38	38	38	38	38	38	38
	Co - AA	◐	⊙	◐	●	◐	•	•
GRANITOS	n	217	217	217	217	217		
	Co - AA	•	•	◐	●	•	x	x
GRUPO AÇUNGUI	n	102	102	102	102	102		
	Co - AA	◐	•	◐	●	◐	x	x
MIGMATITOS	n	18	18	18	18	18		
	Co - AA	⊙	⊙	●	●	●	x	x
FORMAÇÃO FURNAS	n	130	130	130	130	130		
	Co - AA	◐	◐	●	●	•	x	x
FORMAÇÃO PONTA GROSSA	n	16	16	16	16	16		
	Co - AA	⊙	•	●	●	⊙	x	x

Coeficiente de correlação

- • < 0,30
- ⊙ 0,30 a 0,59
- ◐ 0,60 a 0,79
- ● > 0,80
- ( ) inversa

- n Número de amostras processadas
- AA Absorção atômica
- Col. Colorimetria
- AD Área de drenagem em km^2
- x Elementos não analisados
- * Insuficiência de valores definidos

lar com Pb, ruim com Mo e negativa com As. Nas vulcânicas ácidas (riolitos) o comportamento associativo do cobalto foi idêntico ao da população Grupo Castro anteriormente descrito. Nos conglomerados a associação é negativa com o arsênio, ruim com o chumbo e o molibdênio, regular com cobre e níquel, e boa somente com o zinco. Já nos siltitos e arcósios ela foi apenas regular com Cu, Zn e Ni, ruim com Pb e Mo, e negativa com As.

Nos Granitos, a correlação do cobalto é boa somente com o zinco e ruim com os outros elementos. Já no Grupo Açungui ela mostra-se boa com o cobre, zinco e níquel, sendo ruim apenas com o chumbo. Enquanto nos migmatitos, com apenas 18 amostras, o cobalto associa-se de forma excelente com o zinco e o níquel, apresentando-se apenas regular com o cobre e o chumbo.

Nos sedimentos da Bacia do Paraná, o cobalto mostra uma melhor associação sobre os arenitos da Formação Furnas. Aí ela é excelente com o zinco, boa com o cobre, regular com o chumbo e péssima com o níquel. Por outro lado, com somente 16 amostras, na Formação Ponta Grossa, possui um ótimo relacionamento com o zinco, regular com cobre e níquel, e ruim somente com o chumbo.

Num panorama geral, observa-se que a afinidade do cobalto é maior com os elementos siderófilos, que por sua vez predominam nas rochas máficas, com presença muito marcante na área do projeto, encontradas sob a forma de diques em todas as lito-populações.

7.4.5.3 - Distribuição dos teores de cobalto na área

Os intervalos de teores foram calculados a partir da tabela referente ao sumário dos estimadores e, posteriormente, representados em mapas (anexo IX e X), são eles:

≤ 6 ppm: valores inferiores ao *background*

6 ppm - 15 ppm: valores compreendidos entre o

background e o alto *background*;

15 ppm - 30 ppm: intervalo entre o alto *background* e o limiar;

30 ppm - 65 ppm: valores na faixa das anomalias possíveis;

> 65 ppm: valores de anomalias prováveis.

Numa análise global da distribuição desses teores, observa-se um marcante predomínio dos dois primeiros intervalos.

Os poucos teores de cobalto que se destacam, ficaram na sua maioria restritos ao Grupo Castro, salvo alguns isolados em rochas graníticas.

No Grupo Castro, o cobalto está mais presente nas subpopulações andesitos, siltitos e arcósios e, em menor escala, nos riolitos. Nos andesitos existe uma ligeira predominância dos teores compreendidos entre 15 ppm e 30 ppm, ou seja, entre o alto *background* e o valor de limiar.

Na região da Campina de Guararema, um alto teor de cobalto (entre 30 ppm e 65 ppm) chama especial atenção, não tanto pelo valor em si, já que, como de resto em toda área do projeto, os valores geoquímicos de cobalto não possuem um maior significado em termos de jazimentos mineralizados a cobalto, mas sim pelo fato deste teor estar associado a teores anômalos de chumbo e zinco. Tal paragênese, traz indicações de uma provável mineralização sulfetada.

Dentro da subpopulação siltitos e arcósios, os teores de cobalto mais frequentes, acham-se numa faixa de valores que vai de 6 ppm a 30 ppm, que consequentemente engloba os intervalos referentes aos valores compreendidos entre o *background* e o alto *background* (6 ppm - 15 ppm) e entre o alto *background* e o limiar (15 ppm - 30 ppm). Também nesta litologia ocorre o único teor de cobalto, de toda área do projeto, posicionado no intervalo das anomalias prováveis (> 65 ppm). Situada a nordeste de Piraí do Sul, em afluente do rio Piraí, esta anomalia ocorre de forma isolada, sem qualquer

associação com valores altos de elementos que a ele comumente se correlacionam.

Nos riolitos, é marcante o predomínio dos teores de cobalto no intervalo que vai do valor de *background* ao valor de alto *background* (6 ppm - 15 ppm). No âmbito desta litologia, a melhor região, em termos de teores de cobalto, situa-se a sul do rio Iapó.

Os teores de Co são uniformemente baixos nas rochas graníticas.

7.4.5.4 - Anomalias

Das nove anomalias de cobalto detectadas no projeto, quatro ocorrem no Grupo Castro, três em sedimentos da bacia e duas em rochas migmatíticas.

Nos siltitos e arcósios, representantes da fase sedimentar do Grupo Castro, encontram-se três anomalias: KY-156, DB-38 e DB-50. Na KY-156, localizada ao sul da folha de Curiuva-Jaguariaíva, em um afluente das cabeceiras do rio Piraí, o valor anômalo de cobalto está totalmente isolado em relação aos teores dos elementos analisados. A anomalia DB-58, situada próxima a cidade de Castro, em afluente do rio Iapó, mostra uma boa paragênese, pois está associada com anomalias de Cu, Zn e Ni, e a valor de alto *background* de Pb. Embora localmente nos domínios dos siltitos e arcósios, o rio drena, à montante da coleta, uma área bem maior de rochas conglomeráticas.

Em um pequeno afluente do rio Iapó, a sul da região de Chico Taquara, ocorre a anomalia DB-50, cujo valor anômalo de cobalto está associado a anomalia de níquel e de alto *background* de zinco. Ao que tudo indica, estes valores estão relacionados com as rochas básicas que afloram no leito do rio, à montante do ponto de coleta.

Um caso semelhante a DB-50, ocorre com a DB-22, a quarta e última anomalia do Grupo Castro, só que, desta fei

ta, em rocha riolítica. Localizada praticamente em cima de falhamento regional de direção NE associado a dique de rocha básica (sul da folha de Castro-Piraí), o cobalto relaciona-se a valores anômalos de zinco e níquel.

As anomalias IL-173, DB-71 e DB-72, ocorrem no arenito Furnas. Embora as duas últimas estejam locadas no mapa, sobre rochas vulcânicas intermediárias (andesitos), verificou-se no campo, tratar-se as aluviões, de sedimentos arenosos claros, típicos representantes da Formação Furnas que aflora de forma exuberante nas margens das drenagens onde houveram as coletas. Ressalve-se, mais uma vez, que não se descarta a possibilidade da existência de andesitos no *bedrock* das drenagens, que em última análise, poderia ter influenciado nos resultados analíticos.

Na anomalia IL-173, situada no extremo sul da folha de Castro-Piraí, o cobalto está associado a valores anômalos de cobre e níquel e a alto *background* de chumbo e zinco. Nas anomalias DB-71 e DB-72, próximas uma da outra, localizadas a sul do Cerrado Chico Taquara em afluentes do rio Iapó, os teores anômalos de cobalto correlacionam-se nas duas, a valores anômalos de zinco. Entretanto, enquanto na primeira (DB-71) a associação se faz com anomalia de níquel, na segunda este valor está na faixa de alto *background*. Somente a primeira relaciona-se com o calcófilo Pb, cujo teor se enquadra na faixa de alto *background*.

As anomalias de cobalto (IL-137 e PS-150) que ocorrem nos migmatitos, em torno do quartzito Serra das Pedras, têm comportamento associativo idêntico. Assim, em ambas, os valores anômalos de cobalto associam-se a alto *background* de Pb, Zn e Ni. A anomalia PS-150 cresce em importância à partir do momento que se constata a existência de uma anomalia de chumbo (PS-151), na mesma drenagem, à montante. Tal fato, relacionado ao comportamento geoquímico da PS-150, pode indicar a presença de sulfetos de origem hidrotermal neste tipo de litologia.

Dada as características litológicas estruturais, somadas aos resultados analíticos obtidos em toda a área do projeto, conclui-se que as anomalias de cobalto destacam-se na medida em que a elas, se correlacionam valores interessantes de elementos calcófilos, notadamente chumbo e zinco.

7.4.6 - Níquel

7.4.6.1 - Parâmetros estatísticos

Na tabela XVII, encontram-se sumarizados os principais parâmetros estatísticos do tratamento efetuado para níquel em cerca de 1.387 amostras de sedimento de corrente. Os resultados analíticos revelaram valores compreendidos entre um mínimo de 0,9 ppm e um máximo de 150 ppm, com um *background* e limiar em torno de 12 e 38 ppm, respectivamente.

O Grupo Castro, como um todo, exibe uma média geométrica de 15 ppm e um limiar de 44 ppm. Dentro desta unidade estratigráfica, os siltitos e arcósios são os tipos petrográficos mais ricos em teores de níquel, apresentando um *background* de 17 ppm e um *threshold* de 42 ppm. Entretanto, as rochas andesíticas mostram os mais baixos valores, respectivamente de 11 e 38 ppm; valores estes, que se elevam para 15 e 43 ppm nos riolitos e para 15 e 40 ppm nos conglomerados. Por outro lado, nas subunidades do Grupo Castro, processadas em função do porte da bacia de captação, verifica-se que a população com área de drenagem entre 5 e 10 km^2, possue o mais alto teor de *background* (16 ppm), valor que decresce quando se aumenta a dimensão da bacia de captação, como era de se esperar. Entretanto, tal regularidade não acontece na população com área menor que 5 km^2, ostentando um *background* de 15 ppm, inferior ao da população com área entre 5 e 10 km^2, quando na realidade deveria acontecer o inverso. Essa discrepância, no entanto, deixa de existir se for levado em conta os valores de limiar, ao invés dos de média geométrica, cujos teores variam de 38 ppm, na população de área entre 10 e 20 km^2, para 47 ppm, na população de área

TABELA XVII — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES DO NÍQUEL EM SEDIMENTO DE CORRENTE — Ni-AA

POPULAÇÕES	NÚMERO de AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA GEOMÉTRICA (MG)	DESVIO GEOMÉTRICO (DG)	COEFICIENTE de VARIAÇÃO	GRAU de DETECÇÃO	MG x DG	MG x DG^2	MG x DG^3
ÁREA TOTAL	1387	0,9	150	12	1,776	0,625	1387:1397	21	38	67
GRUPO CASTRO	381	1,5	65	15	1,708	0,576	381: 385	26	44	75
CASTRO ANDESITOS	34	4,0	40	11	1,852	0,680	034: 035	20	38	70
CASTRO RIOLITOS	74	5,0	55	15	1,694	0,566	074: 075	25	43	73
CASTRO CONGLOMERADOS	38	5,0	35	15	1,642	0,528	038: 038	25	40	66
CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	197	4,0	65	17	1,575	0,478	197: 199	27	42	66
CASTRO AD<5	212	1,5	65	15	1,777	0,626	212: 216	27	47	84
CASTRO AD=5-10	42	7,0	45	16	1,578	0,481	042: 042	25	40	63
CASTRO AD=10-20	38	4,0	35	14	1,649	0,533	038: 038	23	38	63
GRANITOS	217	1,5	40	13	1,775	0,624	217: 218	23	41	73
GRUPO AÇUNGUI	102	0,9	23	9	2,009	0,792	102: 102	18	36	73
MIGMATITOS	18	3,0	35	11	1,877	0,697	018: 018	21	39	73
FM. FURNAS	130	1,5	150	8	2,097	0,855	130: 133	17	35	74
FM. PONTA GROSSA	16	9,0	29	17	1,431	0,370	016: 016	24	35	50

1 Dados expressos em ppm

2 MG e DG são geométricos, supondo-se a distribuição log-normal

3 AD = Área de drenagem expressa em km^2

4 Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos e transformados em relação ao total de valores analisados

5 AA = Absorção Atômica

6 MG = Background

7 MG x DG e MG x DG^2 = Alto background

8 MG x DG^2 = Limiar

9 MG x DG^2 e MG x DG^3 = Anomalia possível

10 ≥ MG x DG^3 = Anomalia provável

inferior a 5 km^2, sendo este último, o mais alto limiar de de níquel do projeto.

Os granitos, num total de 217 determinações, revelam uma média geométrica relativamente baixa, da ordem de 13 ppm, e um limiar de 41 ppm.

As rochas do Grupo Açungui, bem como as da Formação Furnas, constituem os litotipos mais carentes em teores de níquel, possuindo um *background*, respectivamente, de 9 e 8 ppm. Em consequência, essas populações apresentam um limiar relativamente baixo, da ordem de 35 ppm, apesar de terem os mais elevados desvios geométricos dentre todas as populações amostradas. Em situação semelhante, estão os migmatitos, com uma média geométrica de 11 ppm e um limiar de 39 ppm.

Os sedimentos da Formação Ponta Grossa, ao lado dos siltitos e arcósios do Grupo Castro, expõem os mais altos valores de *background* (17 ppm). Contudo, face a um desvio geométrico relativamente baixo, o seu limiar é de apenas 35 ppm.

No tocante aos coeficientes de variação, verifica-se que os mesmos, nas diversas populações, variam de 0,370, nos sedimentos da Formação Ponta Grossa, a 0,855, nos areniitos da Formação Furnas, sendo mais frequentes os valores no intervalo entre 0,501 e 0,700, observados em nove populações, denotando, de um modo geral, uma dispersão relativa de baixa a moderada.

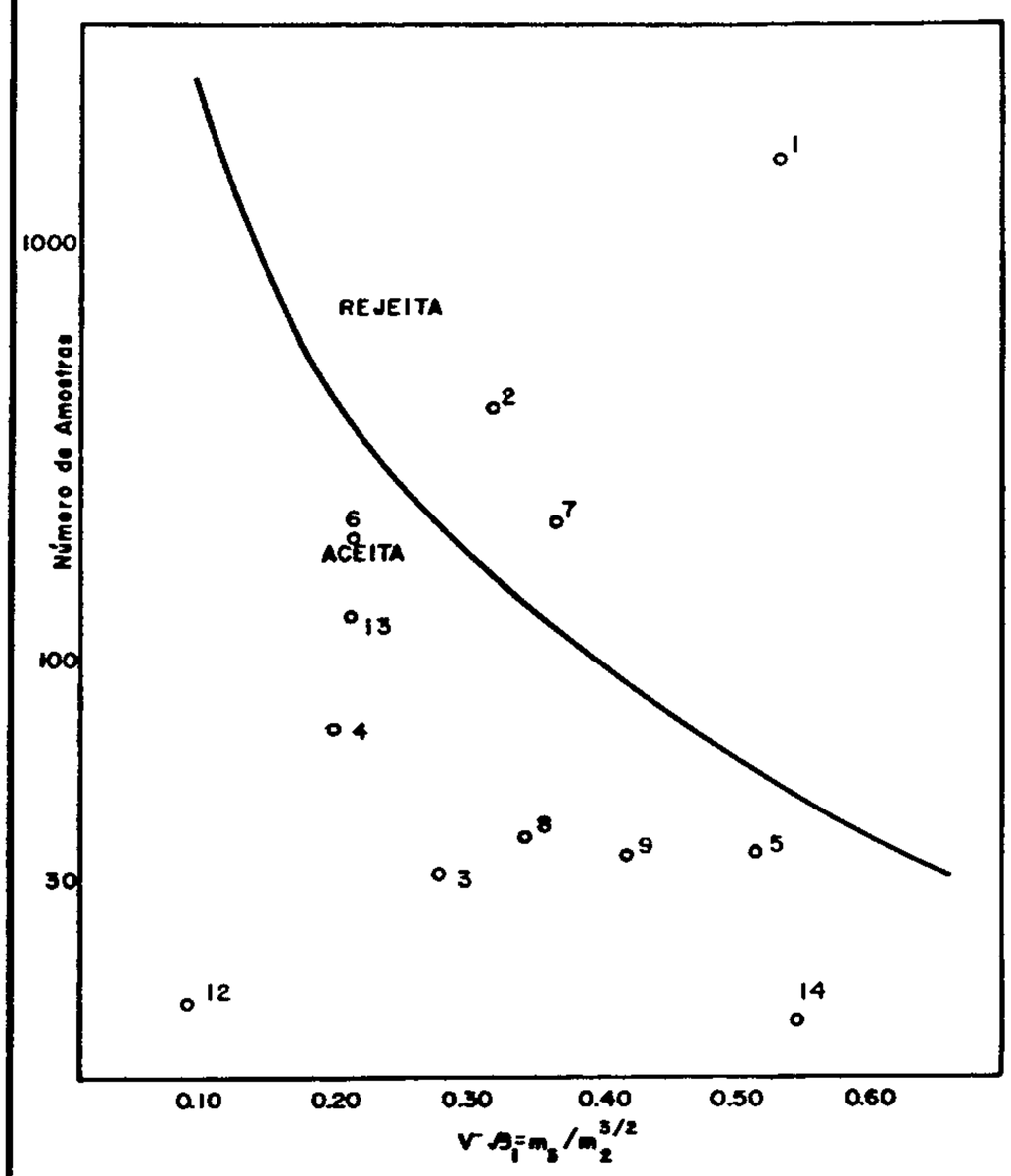
No que tange aos testes de distribuição aplicados às diversas populações, cujos resultados estão plotados na tabela XVIII, observa-se que o teste Kolmogorov-Smirnov foi aceito, em seus dois níveis de significância, por todas as populações. O teste qui-quadrado, não obstante o seu rigorismo, foi rejeitado apenas pela população Área total, sendo aceito, total ou parcialmente, pelas demais populações. Dentre estas, as que admitiram o teste em todos os níveis, figuram os andesitos, riolitos, siltitos e arcósios do Gru-

CPRM

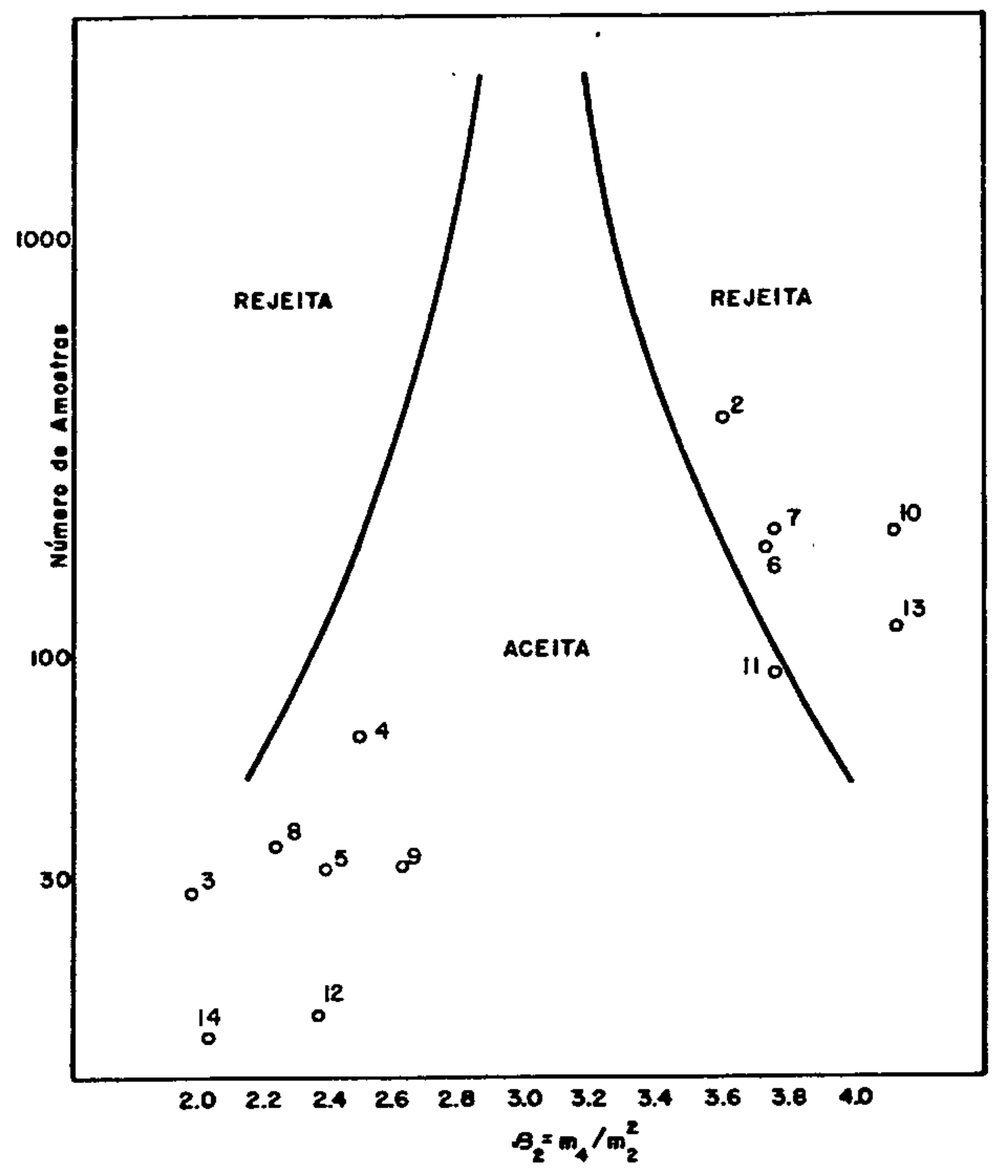
TESTES DE DISTRIBUIÇÃO

NÍQUEL – AA

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%



CURTOSE - Nível de Significância de 95%



POPULAÇÕES \ TESTES DE DISTRIBUIÇÃO		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV -SMIRNOV		QUI-QUADRADO			
						F. MÍN 1,5		F. MÁX 5,0	
				5%	1%	5%	1%	5%	1%
1	ÁREA TOTAL	– 0,514	4,429*	+	+	–	–	–	–
2	GRUPO CASTRO	– 0,303	3,582	+	+	–	+	–	+
3	CASTRO ANDESITOS	0,266	2,012	+	+	+	+	+	+
4	CASTRO RIOLITOS	0,191	2,501	+	+	+	+	+	+
5	CASTRO CONGLOMERADOS	– 0,499	2,392	+	+	+	+	n	n
6	CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	– 0,210	3,696	+	+	+	+	+	+
7	CASTRO AD<5	– 0,352	3,737	+	+	+	+	+	+
8	CASTRO AD=5-10	0,332	2,245	+	+	+	+	–	+
9	CASTRO AD=10-20	– 0,411	2,630	+	+	+	+	n	n
10	GRANITOS	– 0,743*	4,096	+	+	–	+	–	+
11	GRUPO AÇUNGUI	– 0,999*	3,732	+	+	+	+	+	+
12	MIGMATITOS	– 0,084	2,376	+	+	+	+	n	n
13	FM. FURNAS	0,201	4,107	+	+	+	+	+	+
14	FM. PONTA GROSSA	– 0,532	2,059	+	+	+	+	n	n

(+) Aceita a hipótese nula

(–) Rejeita a hipótese nula

(*) Rejeitados: o ponto cai além dos limites do quadro

(n) Não realizados por insuficiência de intervalos

TABELA XVIII - Testes de distribuição do níquel: assimetria, curtose, kolmogorov-smirnov e qui-quadrado.

po Castro, o Grupo Castro com área de drenagem inferior a 5 km^2, o Grupo Açungui e a Formação Furnas.

Por sua vez, os dados de assimetria e curtose, quando plotados nos gráficos respectivos, a um nível de significância de 95%, posicionaram-se, em sua maioria, na região de aceitação. Dentre as 14 populações amostradas, três rejeitaram a assimetria, enquanto cinco a curtose.

No estudo gráfico da distribuição da frequência dos valores de níquel, conforme os histogramas expostos nas figuras 19 e 20, percebe-se que a maioria das populações mostram um modelo gráfico lognormal. A população Área total apresenta um histograma que melhor se aproxima de um modelo ideal, expondo um maior agrupamento de valores em torno da média. As Formações Furnas e Ponta Grossa, bem como o Grupo Castro e suas subpopulações, excetuando-se os andesitos, mostram um padrão lognormal com uma sutil assimetria negativa. Nas populações restantes, os gráficos não se enquadram no modelo de distribuição lognormal. A população de andesitos revela, através de seu histograma, uma mistura de populações, exibindo dois picos de frequência, uma ao redor da média e outra acima da mesma. Comportamento semelhante é apresentado pelos granitos, migmatitos e pelas rochas do Grupo Açungui, cujos histogramas também sugerem a coexistência de duas populações.

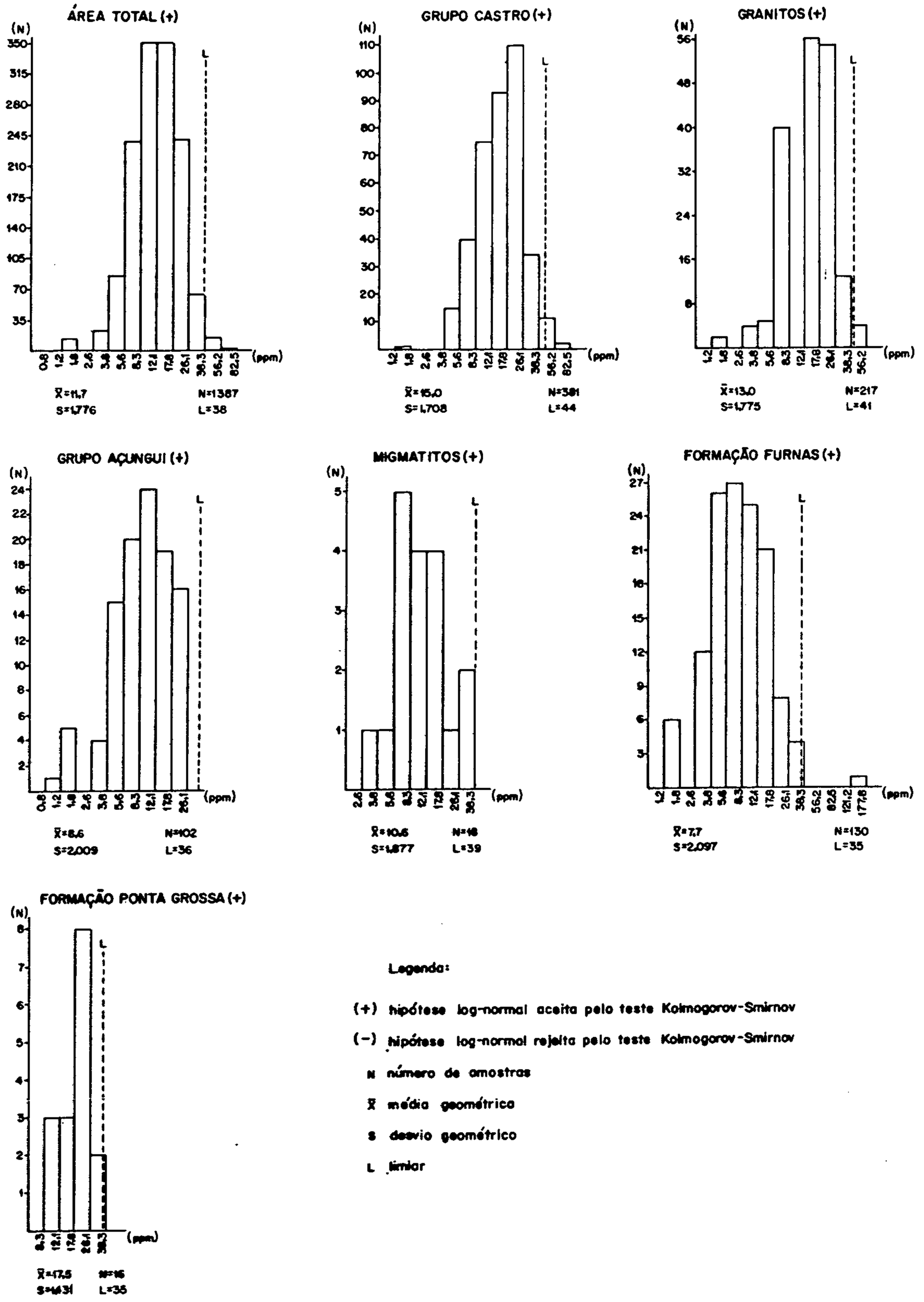
7.4.6.2 - Associação com outros elementos

A matriz de correlação x número de amostras, da tabela XIX, expõe um sumário do relacionamento do níquel com os demais elementos nas diversas populações do projeto.

Da análise da mesma, verifica-se que a maioria das vezes, o níquel mostra uma boa correlação, por vezes excelente, com o cobalto, sugerindo influência de rochas de natureza básica e semi-básica, as quais são abundantes em toda extensão da área do projeto. Entretanto, em algumas populações, o níquel possue uma boa afinidade não apenas com o

CPRM

NÍQUEL - ABSORÇÃO ATÔMICA



Legenda:

(+) hipótese log-normal aceita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

(−) hipótese log-normal rejeita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

N número de amostras

X̄ média geométrica

S desvio geométrico

L limiar

FIGURA 19 - Histogramas de níquel em sedimento de corrente.

NÍQUEL - ABSORÇÃO ATÔMICA

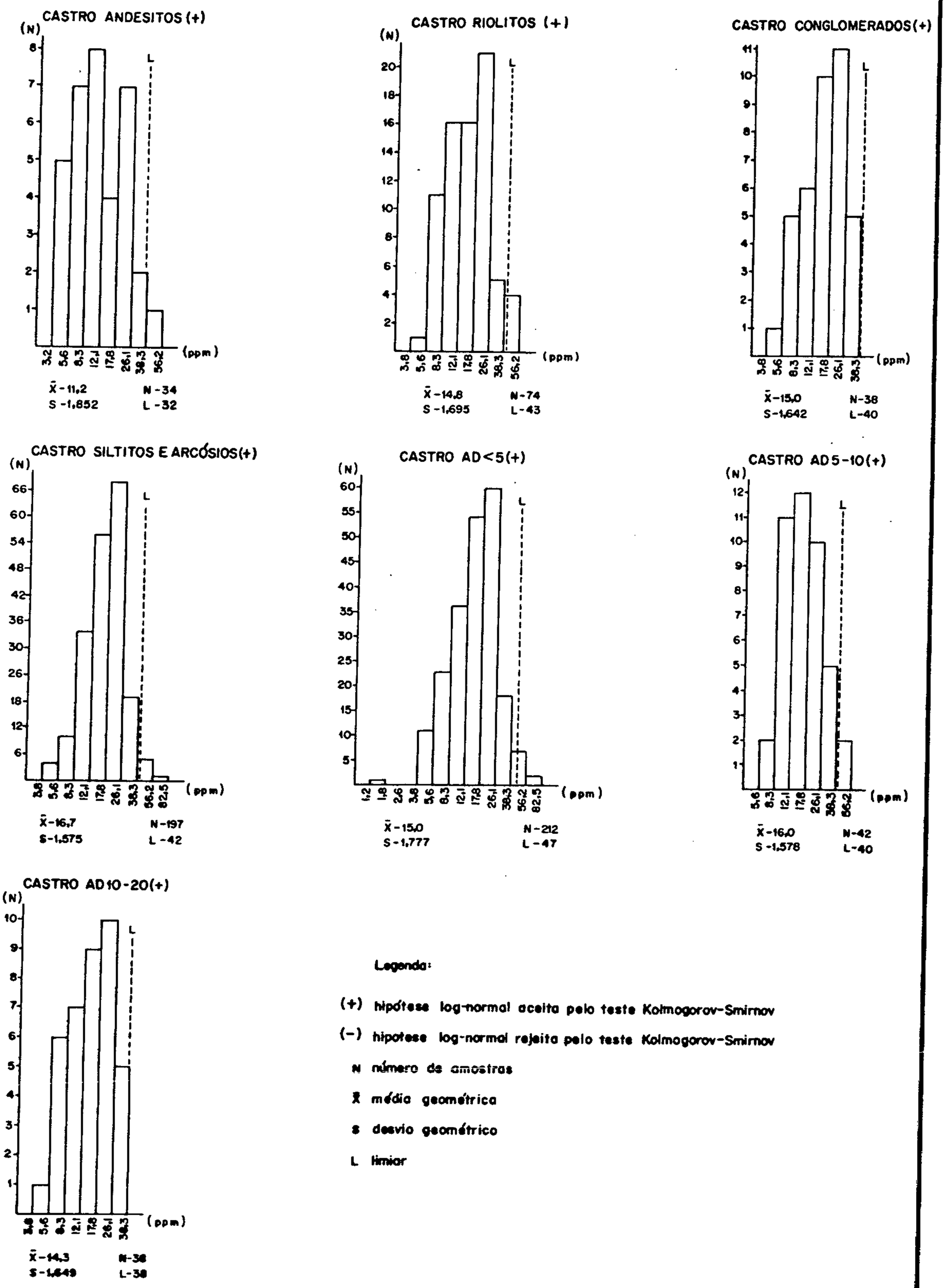


FIGURA 20 - Histogramas de níquel em sedimento de corrente.

CPRM

TABELA · XIX - MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

NÍQUEL – ABSORÇÃO ATÔMICA

POPULAÇÕES \ ELEMENTOS		Cu AA	Pb AA	Zn AA	Co AA	Ni AA	Mo AA	As Col.
ÁREA TOTAL	n	1387	1387	1387	1387	1387	380	
	Ni - AA	⊙	•	⊙	⊙	●	•	*
GRUPO CASTRO	n	381	381	381	381	381	370	360
	Ni - AA	⊙	•	⊙	◐	●	•	(•)
CASTRO ANDESITOS	n	34	34	34	34	34	34	34
	Ni - AA	◐	⊙	⊙	●	●	•	(•)
CASTRO RIOLITOS	n	74	74	74	74	74	70	61
	Ni - AA	⊙	•	⊙	◐	●	(•)	(•)
CASTRO CONGLOMERADOS	n	38	38	38	38	38	37	38
	Ni - AA	◐	(•)	⊙	⊙	●	(•)	⊙
CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	n	197	197	197	197	197	191	189
	Ni - AA	◐	⊙	◐	⊙	●	•	•
CASTRO AD<5	n	212	212	212	212	212		212
	Ni - AA	⊙	•	⊙	◐	●	*	(•)
CASTRO AD=5-10	n	42	42	42	42	42	41	42
	Ni - AA	◐	◐	◐	◐	●	•	•
CASTRO AD=10-20	n	38	38	38	38	38	38	38
	Ni - AA	◐	⊙	◐	◐	●	(•)	•
GRANITOS	n	217	217	217	217	217		
	Ni - AA	⊙	⊙	•	•	●	x	x
GRUPO AÇUNGUI.	n	102	102	102	102	102		
	Ni - AA	◐	⊙	⊙	◐	●	x	x
MIGMATITOS	n	18	18	18	18	18		
	Ni - AA	◐	●	●	●	●	x	x
FORMAÇÃO FURNAS	n	130	130	130	130	130		
	Ni - AA	⊙	⊙	•	•	●	x	x
FORMAÇÃO PONTA GROSSA	n	16	16	16	16	16		
	Ni - AA	●	⊙	⊙	⊙	●	x	x

Coeficiente de correlação

- • < 0,30
- ⊙ 0,30 a 0,59
- ◐ 0,60 a 0,79
- ● > 0,80
- ( ) inverso

n Número de amostras processadas
AA Absorção atômica
Col. Colorimetria
AD Área de drenagem em km^2
x Elementos não analisados
* Insuficiência de valores definidos

cobalto, mas também com o cobre, e essa associação pode ser indicativa de origem a partir de depósito de sulfetos filiados a rochas básicas. Nessa situação encontram-se os andesitos do Grupo Castro, as subpopulações do Grupo Castro com áreas de drenagem entre 5 e 10 km^2 e entre 10 e 20 km^2, o Grupo Açungui e os Migmatitos. Nesta última população, além da associação com o cobalto e cobre, o níquel possue uma correlação excelente com o chumbo e zinco.

7.4.6.3 - Distribuição dos teores de níquel na área

A repartição dos teores de níquel nas diversas sequências litológicas, está expressa em mapas de escala 1: 100.000 e correspondem aos anexos XI e XII.

Os intervalos de teores, estabelecidos em função dos parâmetros estatísticos de todas as populações, estão assim definidos:

≤ 15 ppm: valores abaixo do *background*;

15 a 25 ppm: valores situados entre o *background* e o alto *background*;

25 a 40 ppm: faixa de valores entre o alto *background* e o limiar;

40 a 70 ppm: valores de anomalias possíveis;

> 70 ppm: valores de anomalias prováveis.

Na sequência vulcano-sedimentar do Grupo Castro que, no âmbito do projeto, representa a unidade mais promissora à mineralização, observa-se para o níquel, uma distribuição bastante heterogênea, com teores variando desde 1,5 ppm até 65 ppm. Tais valores estão dispostos de uma maneira relativamente caótica, sem apresentar áreas de predominância de determinadas faixas de teores. Entretanto, se analisarmos a distribuição do elemento segundo as unidades litológicas do grupo, torna-se saliente a presença de teores altos, na faixa de anomalia possível (40 - 70 ppm), de modo quase exclusivo, na sequência sedimentar de siltitos e arcósios, situados geralmente em pequenos tributários do rio Iapó. Nessas

rochas, também não são raros os valores na faixa de alto *background* (25 - 40 ppm), destacando-se as concentrações ocorrentes a sudoeste de Piraí do Sul e a norte de Castro, ambas em afluentes do rio Piraí, bem como a oeste de Castro, já nas proximidades da escarpa do arenito Furnas, em um afluente do rio Iapó. Contudo, a grande maioria dos teores de níquel situa-se abaixo do valor de alto *background* (25 ppm), principalmente na faixa inferior ao *background* (15 ppm).

Comportamento geoquímico semelhante aos siltitos e arcósios é apresentado pelos conglomerados, mostrando um predomínio de valores abaixo da média (15 ppm). Valores pouco mais elevados também são frequentes, principalmente na faixa entre 15 e 25 ppm, que se distribuem ora aleatoriamente, ora formando aglomerados, como acontece a sudoeste de Piraí do Sul, em tributários da margem direita do rio Piraí. Os teores na classe de alto *background* (25 - 40 ppm) são observados em apenas quatro amostras, coletadas em afluentes do rio Piraí-Mirim, a sudoeste da cidade de Piraí do Sul, e em um tributário do rio Piraí, próximo dessa cidade.

Sobre a sequência de andesitos verifica-se um domínio marcante dos teores abaixo da média (15 ppm). Os valores na faixa de *background* (15 - 25 ppm) são constatados em algumas bacias e de maneira bem isolada. Para os valores da classe de alto *background* (25-40 ppm), destaca-se a concentração de cinco amostras, situadas a sul da localidade de Cerrado Chico Taquara, em afluentes do rio Iapó. Esses valores aparecem, ainda, em duas amostras isoladas e situadas a sudoeste de Piraí do Sul, em braços do rio Piraí-Mirim.

Na sequência vulcânica ácida, destaca-se a concentração dos teores no intervalo entre 25 e 40 ppm, a sudoeste e perto de Castro, ao longo de afluentes da margem esquerda do rio Iapó. Ainda saliente, é a presença de um teor anômalo, detectado na amostra coletada nas cabeceiras de um afluente do rio Jotuba, a sudoeste de Castro. Também nessa sequência, os teores mais frequentes pertencem à classe abai-

xo do *background* (15 ppm).

Os granitos, de expressiva distribuição na área, apresentam uma distribuição bastante homogênea para o níquel, visto que mais de 90% dos teores estão englobados na faixa de 15 a 25 ppm e abaixo de 15 ppm. Os restantes pertencem à faixa de alto *background* (25 - 40 ppm) e se distribuem caoticamente por toda extensão do maciço granítico, sem definir qualquer região de concentração.

Os metamorfitos do Grupo Açungui representam os termos de mais baixa concentração em níquel, apresentando uma notável frequência de valores abaixo do *background* (15 ppm), com alguns teores esporádicos no intervalo de 15 a 25 ppm. Num confronto entre as litologias do grupo, as lentes de dolomitos exibem os melhores resultados, em relação aos filitos e quartzitos.

Compondo as rochas mais antigas da região, têm-se os migmatitos, que, geoquimicamente, expõem um domínio de baixos teores de níquel, inferiores a 15 ppm. Merece destaque a região a nordeste de Castro, em afluentes do rio Iapó, onde coexistem, proporcionalmente, valores no intervalo de 15 a 25 ppm e de 25 a 40 ppm, formando um aglomerado de teores elevados.

Os sedimentos da Bacia do Paraná estão representados, basicamente, pelas Formações Furnas e Ponta Grossa. A maioria das amostras coletadas em seus domínios registram valores predominantemente baixos, inferiores a 15 ppm. Valores nos intervalos de 15 a 25 ppm e 25 a 40 ppm, pouco comuns, aparecem, preferencialmente, por sobre os sedimentos da Formação Ponta Grossa. Entretanto, é na região coberta pelo arenito Furnas que se observa o mais expressivo teor de níquel (150 ppm) do projeto, a noroeste de Piraí do Sul, em um afluente do rio Guaricanga.

7.4.6.4 - Anomalias

Os resultados do tratamento estatístico do níquel

identificaram um total de oito amostras com teores anômalos, estando cinco sobre a área de ocorrência do Grupo Castro, e três no domínio da Formação Furnas.

Dentre as anomalias detectadas na sequência vulcano-sedimentar, apenas duas (DB-22 e 38) parecem merecer maiores atenções, entre outros motivos, por apresentarem uma associação de valores anômalos. Situada próxima à cidade de Castro, em afluente do rio Iapó, a amostra DB-38 relaciona-se a valores anômalos de Cu, Zn, Co, compondo uma paragênese indicativa de depósito de sulfetos filiados a rocha básica. Essa amostra, não obstante estar localizada na sequência de siltitos e arcósios, recebe uma maior influência por parte dos conglomerados.

A amostra DB-22, coletada nas cabeceiras de um afluente do rio Jotuba, a sudoeste de Castro, associa-se a valores anômalos de Zn e Co. Geologicamente, posiciona-se sobre uma grande falha de direção nordeste que, localmente, separa as rochas graníticas dos riolitos do Grupo Castro. Sua bacia de captação, além de englobar as referidas rochas, é cortada por um dique de natureza básica, com direção noroeste, que pode estar influenciando na elevação dos teores, principalmente de níquel e cobalto. Contudo, não deve ser descartada a influência de uma possível concentração associada ao falhamento.

Os demais valores anômalos verificados no âmbito do Grupo Castro referem-se às amostras DB-50 e 87 e IL-156, que foram consideradas de importância secundária para a etapa do *fill-in*. Tratam-se de amostras que revelaram teores inexpressivos de níquel e cobalto, além de uma sugestiva influência de rochas básicas. Reforçando tal hipótese, as amostras DB-50 e 87 possuem suas bacias de captação atravessadas por um dique, muito provavelmente de composição diabásica. Ambas coletadas em pequenos tributários do rio Iapó, a noroeste de Castro, ocorrem sobre a sequência sedimentar constituída predominantemente por siltitos e arcósios. Estão asso

ciadas a alto *background* de Pb e Zn, e anomalias de cobre e cobalto. Suas áreas de drenagem revestem-se de relativa importância, visto que a paragênese Ni, Cu, Co pode ser indicativa de mineralização sulfetada.

Não menos interessante é a amostra IL-28, coletada em um afluente do rio Guaricanga, a noroeste de Piraí do Sul. Em sua bacia de captação ocorrem, além dos arenitos Furnas, sedimentos da Formação Ponta Grossa, bem como um *sill* de diabásio, que se separa daquelas rochas por meio de uma falha direcionada para nordeste. Apesar de ser uma anomalia isolada, e estar visivelmente submetida à influência de um corpo de diabásio, o que acarreta, certamente, um natural incremento nos teores de níquel e cobalto, a sua importância se justifica pelo expressivo teor em níquel, contraposto a um valor extremamente baixo de cobalto. Face a essa proporcionalidade de teores, incomum em diabásios, a anomalia pode estar vinculada a uma fonte mineralizada. Naturalmente, existe a possibilidade de a anomalia ser derivada de algum tipo de contaminação.

Por fim, para a amostra DB-71 deve-se esclarecer que, apesar de a mesma constar na sequência vulcânica, segundo o mapa geológico, foi considerada como pertencente à Formação Furnas, visto que são as rochas desta formação que ocorrem na estação de amostragem. A amostra, coletada em um afluente do rio Iapó, a noroeste de Castro, representa o aporte de material originado dos andesitos do Grupo Castro e arenitos da Formação Furnas. Sua anomalia de níquel associa-se a teores anômalos de zinco e cobalto e de alto *background* de chumbo. A sua importância é devida à anomalia de zinco que, no local, constitui um conjunto de valores anômalos originados de um mesmo chapadão.

7.4.7 - Arsênio

7.4.7.1 - Parâmetros estatísticos

Os principais parâmetros obtidos do tratamento estatístico executado em 373 determinações de arsênio estão sintetizados na tabela XX. Tais resultados analíticos, variando entre 5 e 80 ppm, referem-se basicamente às amostras coletadas sobre a região coberta pela sequência vulcano-sedimentar do Grupo Castro, que apresenta um *background* da ordem de 8 ppm e um desvio geométrico igual a 1,853.

Entretanto, analisando-se a população Grupo Castro em detalhe, através de suas unidades litológicas, percebe-se uma pequena oscilação nos valores de *background*, cujos extremos referem-se aos teores de 7 ppm, nos andesitos, e de 9 ppm, nos riolitos. Contudo, é nos conglomerados que se verifica o mais baixo valor de limiar (20 ppm), resultante de uma média geométrica de 8 ppm e um desvio bastante baixo, de 1,590 (o menor dentre todas as populações). Os siltitos e arcósios, com um desvio igual a 1,801, apresentam, também, uma média em torno de 8 ppm.

Por outro lado, se considerarmos o Grupo Castro em função do porte das suas bacias de captação, constata-se que a população com as maiores áreas de drenagem (10 a 20 km^2) possue o menor valor de média, fato teoricamente correto. Assim sendo, a maior média deveria corresponder à população com menor área de drenagem (< 5 km^2). Entretanto, a população com áreas de drenagem entre 5 e 10 km^2 é a que apresenta a maior média (10 ppm), e em razão de um desvio igualmente expressivo, de 2,166, exibe o mais elevado limiar de arsênio (47 ppm).

Ainda na tabela XX, verifica-se que o coeficiente de variação das diversas populações situa-se em um intervalo de 0,490 (conglomerado do Grupo Castro) a 0,904 (Grupo Castro com área de drenagem entre 5 e 10 km^2), mais comumente na faixa entre 0,601 e 0,700, observado em cinco populações, denotando uma dispersão relativa de baixa a moderada.

No tocante ao comportamento da distribuição de frequência do arsênio, segundo mostra a tabela XXI, houve uma

TABELA XX - SUMÁRIO DOS ESTIMADORES DO ARSÊNIO EM SEDIMENTO DE CORRENTE — As - Col

POPULAÇÕES	NÚMERO de AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA GEOMÉTRICA (MG)	DESVIO GEOMÉTRICO (DG)	COEFICIENTE de VARIAÇÃO	GRAU de DETECÇÃO	MG x DG	MG x DG^2	MG x DG^3
ÁREA TOTAL	373	5	80	8	1,845	0,675	373:1397	15	27	50
GRUPO CASTRO	363	5	80	8	1,853	0,680	363: 385	15	27	51
GRUPO CASTRO	363	5	80	10*	1,853	0,680	363: 385	20*	40*	60*
CASTRO ANDESITOS	34	5	60	7	1,800	0,642	034: 035	13	23	41
CASTRO RIOLITOS	62	5	80	9	1,954	0,753	062: 075	18	34	67
CASTRO CONGLOMERADOS	38	5	20	8	1,590	0,490	038: 038	13	20	32
CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	191	5	60	8	1,801	0,643	191: 199	14	26	47
CASTRO AD<5	215	5	80	9	1,873	0,694	215: 216	17	32	59
CASTRO AD=5-10	42	5	80	10	2,166	0,904	042: 042	22	47	102
CASTRO AD=10-20	38	5	20	8	1,640	0,526	038: 038	13	22	35

OBSERVAÇÕES:

1 Dados expressos em ppm

2 MG e DG são geométricos, supondo-se a distribuição log-normal

3 AD = Área de drenagem expressa em km^2

4 * Valores definidos empiricamente

5 Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos e transformados em relação ao total de valores analisados

6 Col = Colorimetria

7 MG = Background

8 MG x DG a MG x DG^2 = Alto background

9 MG x DG^2 = Limiar

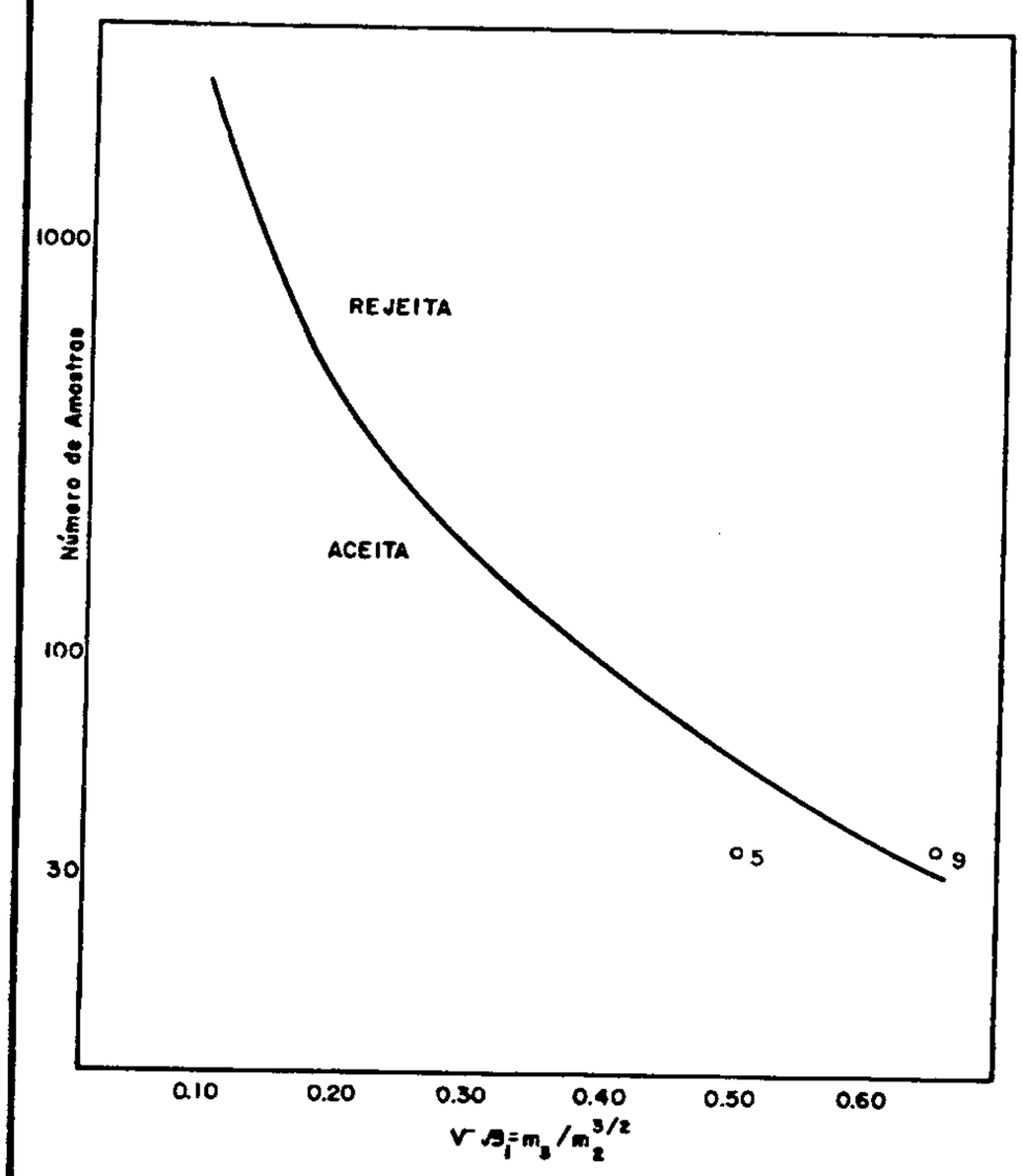
10 MG x DG^2 a MG x DG^3 = Anomalia possível

11 ≥ MG x DG^3 = Anomalia provável

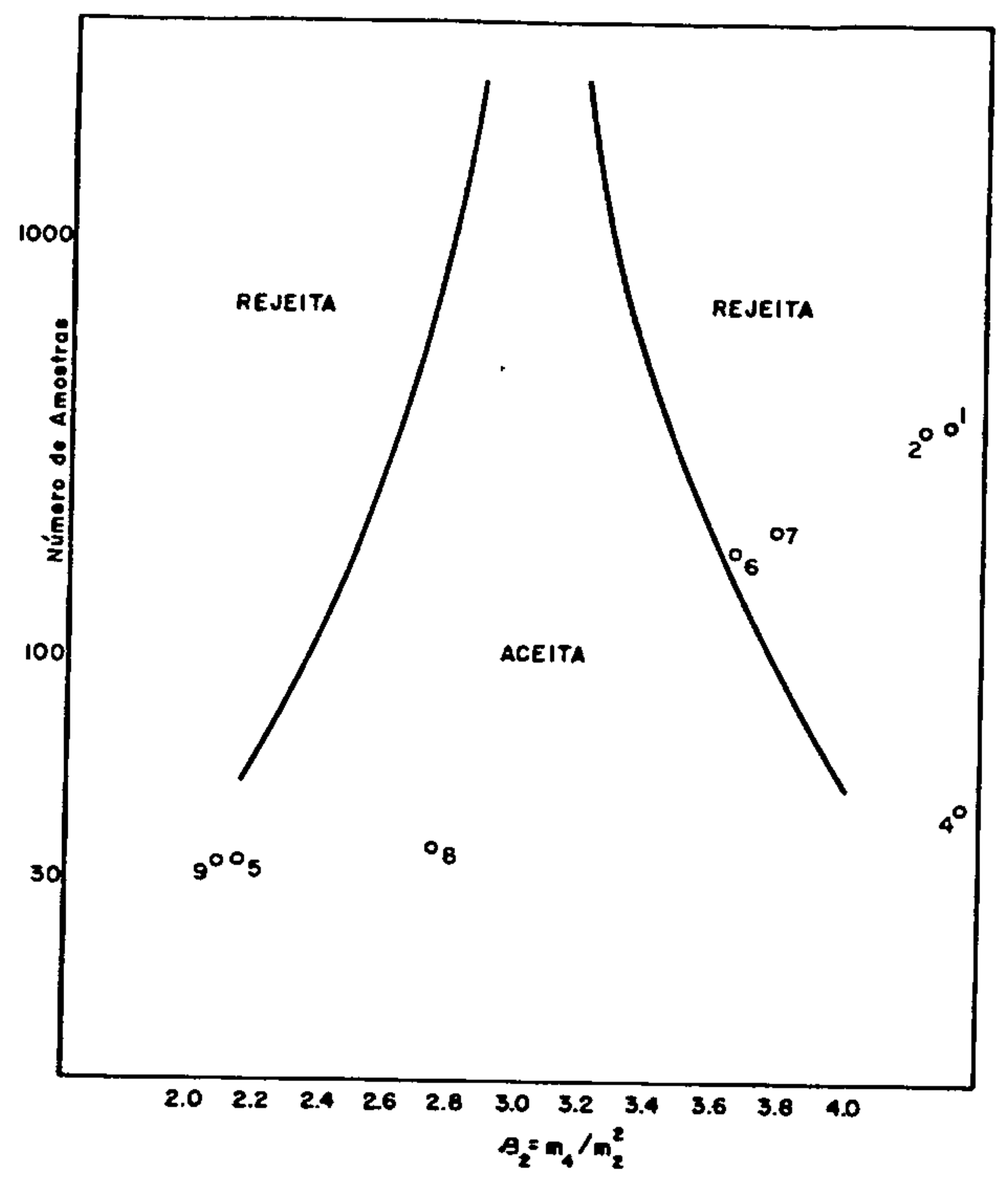
TESTES DE DISTRIBUIÇÃO

ARSÊNIO – COLORIMETRIA

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%



CURTOSE - Nível de Significância de 95%



	TESTES DE DISTRIBUIÇÃO / POPULAÇÕES	ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV -SMIRNOV		QUI-QUADRADO			
						F. MÍN 1,5		F. MÁX 5,0	
				5%	1%	5%	1%	5%	1%
1	ÁREA TOTAL	1,220*	4,254	–	–	–	–	–	–
2	GRUPO CASTRO	1,200*	4,183	–	–	–	–	–	–
3	CASTRO ANDESITOS	2,231*	7,925*	–	–	–	–	–	–
4	CASTRO RIOLITOS	1,213*	4,368	–	–	–	–	–	–
5	CASTRO CONGLOMERADOS	0,485	2,156	–	–	–	–	–	–
6	CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	1,075*	3,627	–	–	–	–	–	–
7	CASTRO AD<5	0,981*	3,750	–	–	–	–	–	–
8	CASTRO AD=5-10	0,882*	2,741	–	–	–	–	–	–
9	CASTRO AD=10-20	0,632	2,112	–	–	–	–	–	–

(+) Aceita a hipótese nula

(–) Rejeita a hipótese nula

(*) Rejeitados: o ponto cai além dos limites do quadro

(n) Não realizados por insuficiência de intervalos

TABELA XXI - Testes de distribuição do arsênio: assimetria, curtose, kolmogorov-smirnov e qui-quadrado.

rejeição completa à lognormalidade por todas as populações, quando submetidas aos testes de Kolmogorov-Smirnov e de qui quadrado. Já no teste de assimetria, a lognormalidade foi admitida pelos conglomerados do Grupo Castro e pelo Grupo Castro com áreas de drenagem entre 10 e 20 km^2. Por sua vez, o teste da curtose foi aceito por quase todas as populações, com excessão apenas dos andesitos do Grupo Castro.

Ratificando os dados obtidos nos testes de Kolmogorov-Smirnov e de qui-quadrado, os histogramas de todas as populações, conforme mostra a figura 21, esboçam um modelo gráfico que não se ajusta aos padrões de lognormalidade.

Face aos resultados de todos esses testes, e em função da variação dos teores de arsênio, bem como de sua distribuição, estabeleceu-se empiricamente um limiar de 40 ppm As para as amostras do Grupo Castro.

7.4.7.2 - Associação com outros elementos

O grau de correlação do arsênio, analisado por método colorimétrico, com os demais elementos, todos dosados por espectrofotometria de absorção atômica, está exposta na tabela XXII. De acordo com a mesma, o arsênio possue um relacionamento regular com o níquel nos conglomerados, bem como com o chumbo na população do Grupo Castro com áreas de drenagem entre 10 e 20 km^2. Nos demais casos, o arsênio exibe uma baixa correlação com os outros elementos, mostrando, em algumas populações, uma total interdependência com determinados elementos.

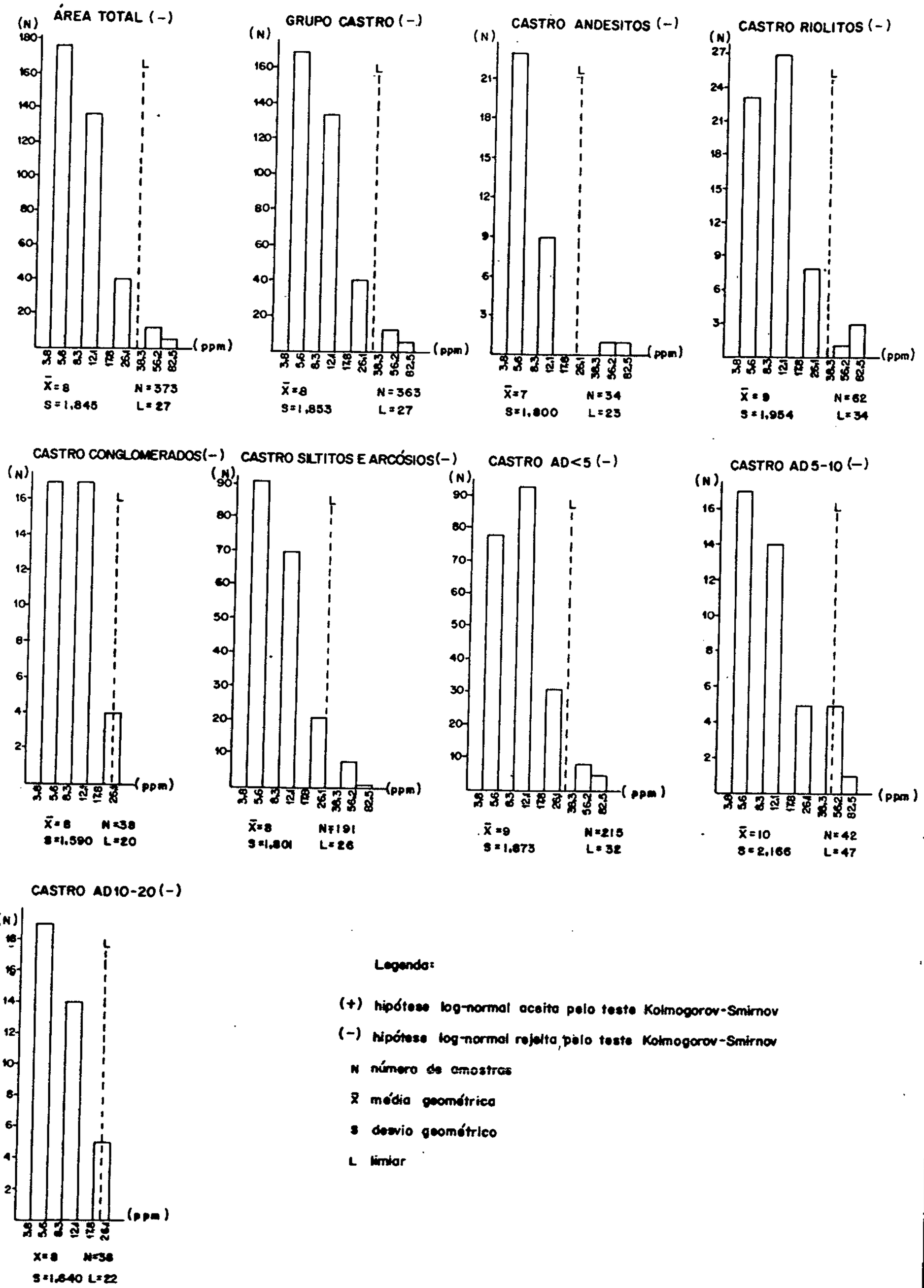
7.4.7.3 - Distribuição dos teores de arsênio na área

Está representada em mapas na escala de 1:100.000, correspondendo aos anexos XIII e XIV. Os intervalos de teores, definidos em função dos parâmetros geoquímicos estabelecidos empiricamente a todas as amostras analisadas para o arsênio, referem-se aos seguintes valores:

$\leq$ 10 ppm: valores abaixo do *background*;

CPRM

ARSÊNIO—COLORIMETRIA



Legenda:

(+) hipótese log-normal aceita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

(-) hipótese log-normal rejeita pelo teste Kolmogorov-Smirnov

N número de amostras

$\bar{X}$ média geométrica

S desvio geométrico

L limiar

FIGURA 21 – Histogramas de arsênio em sedimento de corrente.

CPRM

TABELA XXII - MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

ARSÊNIO - COLORIMETRIA

POPULAÇÕES / ELEMENTOS		Cu AA	Pb AA	Zn AA	Co AA	Ni AA	Mo AA	As Col
GRUPO CASTRO	n	360	360	360	360	360	352	360
	As - Col	(•)	•	(•)	(•)	(•)	•	●
CASTRO ANDESITOS	n	34	34	34	34	34	34	34
	As - Col	(•)	•	•	(•)	(•)	•	●
CASTRO RIOLITOS	n	61	61	61	61	61	61	61
	As - Col	(•)	(•)	(•)	(•)	(•)	(•)	●
CASTRO CONGLOMERADOS	n	38	38	38	38	38	37	38
	As - Col	•	•	(•)	(•)	⊙	•	●
CASTRO SILTITOS e ARCÓSIOS	n	189	189	189	189	189	185	189
	As - Col	•	•	•	(•)	•	(•)	●
CASTRO AD< 5	n	212	212	212	212	212		212
	As - Col	(•)	•	(•)	(•)	(•)	*	●
CASTRO AD= 5-10	n	42	42	42	42	42	41	42
	As - Col	(•)	•	(•)	(•)	•	•	●
CASTRO AD= 10-20	n	38	38	38	38	38	38	38
	As - Col	•	⊙	•	•	•	•	●

Coeficiente de Correlação

- • < 0,30
- ⊙ 0,30 a 0,59
- ◐ 0,60 a 0,79
- ● > 0,80
- ( ) inversa

Observações

- n número de amostras processados
- AA absorção atômica
- Col colorimetria
- AD área de drenagem em km^2
- * insuficiência de valores definidos

10 - 20 ppm: teores entre o *background* e o alto *background*;

20 - 40 ppm: teores entre o alto *background* e o limiar;

40 - 60 ppm: teores de anomalias possíveis;

> 60 ppm: valores de anomalias prováveis.

Uma análise global do Grupo Castro ressalta de imediato um predomínio de valores baixos (inferior a 10 ppm) amplamente distribuídos, juntamente com teores nas faixas de 10 a 20 ppm e de 20 a 40 ppm, em menor frequência. Mais raros ainda são os teores entre 40 e 60 ppm e maiores que 60 ppm, que se posicionam na parte ocidental da folha Castro - Piraí do Sul, na porção compreendida entre a cidade de Castro e a localidade de Cerrado Chico Taquara.

Outrossim, analisando o Grupo Castro através de suas sequências litológicas, continua evidente o predomínio de teores inferiores a 10 ppm, sendo marcante na subpopulação siltitos e arcósios, principalmente no trecho compreendido entre as cidades de Castro e Piraí do Sul, mais especificamente em afluentes da margem esquerda do rio Piraí. Nesses sedimentos, os teores mais elevados não chegam a 40 ppm (anomalia possível) e geralmente posicionam-se isoladamente. Observa-se, a sudoeste de Piraí do Sul, em afluente do rio Piraí-Mirim, a coexistência de três valores entre 20 e 40 ppm, ao lado de dois entre 10 e 20 ppm.

Constituindo as rochas mais carentes em arsênio, os conglomerados apresentam teores compreendidos na faixa de 0 a 20 ppm, com predomínio quase absoluto dos valores inferiores a 10 ppm.

Com um padrão de distribuição similar aos conglomerados, os andesitos caracterizam-se por conter uma constância de valores baixos e uniformes, inferior a 10 ppm. Excessões a essa regra, referem-se a duas amostras, uma com valor entre 20 e 40 ppm e outra com valor entre 40 e 60 ppm (anomalia possível), coletadas em um afluente do rio Iapó,

perto da localidade de Cerrado Chico Taquara. Por outro lado, os riolitos expõem os melhores resultados de arsênio, embora aqui, também, ocorra uma frequência de valores abaixo de 10 ppm. Os valores mais significativos situam-se em afluentes da margem esquerda do rio Iapó, no trecho entre Cerrado Chico Taquara e Castro, onde se constata dois valores acima de 60 ppm (anomalia provável), além de um teor na faixa de 40 - 60 ppm (anomalia possível). Este valor de anomalia possível ocorre, ainda, em um afluente da margem esquerda do rio Piraí-Mirim, a noroeste de Castro.

7.4.7.4 - Anomalias

Os resultados analíticos revelaram um total de dezenove anomalias, todas detalhadas na etapa de *fill in*, distribuídas através das unidades litológicas do Grupo Castro na seguinte proporção: nove nos siltitos e arcósios, oito nos riolitos e duas nos andesitos. Já do ponto de vista geográfico, as anomalias são procedentes exclusivamente de três regiões bem distintas.

Na região a sudoeste de Piraí do Sul, em um afluente da margem esquerda do rio Piraí, ocorrem as anomalias KY-11, 12, 13 e PS-85, todas com teor de 40 ppm de arsênio. As três primeiras estão relacionadas a uma mesma fonte com a KY-13 apresentando os melhores resultados. As anomalias KY-12 e 13, estando esta a montante daquela, situam-se em uma mesma corrente que drena, além de rochas básicas que aparecem sob a forma de dique de direção noroeste, os riolitos, conglomerados, siltitos e arcósios. Enquanto a anomalia KY-12 não se associa a valores elevados de outros elementos, a KY-13 relaciona-se a alto *background* de Cu, Pb, Ni. Semelhantemente à KY-12, a anomalia KY-11 não apresenta associação paragenética. A mesma foi detectada em uma corrente que deságua naquela anteriormente citada, na altura em que foi coletada a amostra KY-12, e que drena os siltitos e arcósios. Por fim, a anomalia PS-85, isolada das outras, relaciona-se a valor de alto *background* de cobre, e em sua bacia de cap-

tação drena um domínio de siltitos e arcósios, cortado por dique, provavelmente de diabásio, direcionado segundo NW.

Um segundo agrupamento de valores anômalos aparece a noroeste da cidade de Castro, constituído pelas amostras KY-89, 90, 91, 92 e 93, coletadas em correntes que drenam um mesmo espigão, sustentado por rochas de natureza vulcânica ácida, localmente, cortadas por um dique de natureza básica e de direção noroeste.

De um dos lados do espigão, em afluente da margem esquerda do rio Piraí-Mirim, ocorrem as duas primeiras amostras, sendo que a KY-90, situada a montante da KY-89, apresenta um teor mais elevado (60 ppm As). No outro lado do espigão, somente a amostra KY-93 exibe o valor de 60 ppm, contra o de 40 ppm mostrado pelas amostras KY-91 e 92. Essas três amostras situam-se em pequenos tributários da margem esquerda do rio Piraí, os quais drenam, além dos riolitos em suas cabeceiras, os siltitos e arcósios.

Todas essas anomalias não apresentam correspondência com valores altos de outros elementos analisados (cobre, chumbo, zinco, cobalto e níquel), tornando muito remota a possibilidade de sua filiação com alguma fonte de sulfetos desses metais ou influência de rochas de constituição básica. No caso, os valores anômalos de arsênio podem estar relacionados a alguma ocorrência aurífera (p. ex. arsenopirita), conectada com as rochas vulcânicas. Esta hipótese é reforçada pelo registro da presença de ouro em concentrado de bateia (KY-87), coletado 4 km a juzante da estação KY-90.

A terceira região refere-se ao trecho grosseiramente balizado pela cidade de Castro e pela localidade de Cerrado Chico Taquara, com as anomalias DB-32 e 34, CA-88 e 111, PS-85, CA-86, DB-41, 42, 47, 65 e 66, todas em afluentes da margem direita do rio Iapó.

As primeiras quatro anomalias são oriundas praticamente de um mesmo lugar, oeste de Castro, cuja geologia está representada quase exclusivamente por rochas vulcânicas

de composição ácida que, no local, encontram-se cortadas por diques de natureza básica, bem como por duas falhas, sendo uma de direção noroeste, na qual está encaixado o leito do rio em que foi coletada a amostra CA-88, e a outra de direção nordeste. Secundariamente, ocorrem os siltitos e arcósios em boa parte da bacia de captação da amostra DB-34. O mais expressivo valor de arsênio (80 ppm), corresponde a anomalia CA-88, seguida pela CA-111 (60 ppm) e associada a valor de alto *background* de chumbo. As outras, DB-32 e 34, revelaram teores de 40 ppm, estando a primeira acompanhada de valor de alto *background* de níquel.

Procedentes, também, de uma mesma localidade, conhecida por Cerrado Chico Taquara, as amostras DB-65 e 66 revelaram teores respectivamente de 40 e 60 ppm, sem vinculação com valores elevados de outros elementos. A geologia dessa área constitue-se de andesitos do Grupo Castro e arenitos da Formação Furnas.

As anomalias restantes distribuem-se, de modo isolado, a sudeste da localidade de Cerrado Chico Taquara. A geologia local, onde foi coletada as amostras DB-41 e 42, compõe-se exclusivamente de rochas vulcânicas de natureza ácida. Este tipo petrográfico aflora também na bacia de captação da amostra DB-47, juntamente com os arenitos da Formação Furnas que, no local, são cortados por uma pequena falha de direção noroeste. Por sua vez, a amostra CA-86 foi coletada em corrente que drena além das rochas anteriormente citadas, os siltitos e arcósios, limitados dos riolitos por uma falha de direção nordeste, bem como um dique básico direcionado segundo NW. Seu teor de 40 ppm de arsênio relaciona-se a valores de alto *background* de Pb, Zn, Co e Ni.

Por fim, numa análise global do comportamento geológico-geoquímico das anomalias de arsênio, observa-se que as mesmas estão relacionadas, com maior probabilidade, à presença de ouro na região; fato notavelmente denotado pela área a noroeste de Castro, mais especificamente a região de

Cerrado Chico Taquara, que além de confirmar a presença de ouro em amostras das aluviões, também o foi pelos moradores locais, que se referem a existência de antigas faisqueiras na área.

7.4.8 - Molibdênio

7.4.8.1 - Considerações preliminares

Cerca de 383 amostras foram analisadas para Mo pelo LAMIN. Destas apenas duas tiveram valores definidos e mesmo assim no limite inferior do método analítico empregado (2 ppm). Entretanto, em duas pedreiras de vulcanitos ácidos detectou-se molibdênio, ora sob a forma de molibdenita, ora como limonita molibdênica. Em alguns espécimes oriundos dessas pedreiras foram observados teores de até 500 ppm Mo (W.Addas e C.C. de Sá, 1976).

As rochas vulcânicas ácidas podem ser portadoras de Mo. R.W. Boyle (1974), cita a presença de Mo sob a forma disseminada em riolitos, quartzo-feldspato pórfiro, tufitos, ignimbritos, etc. Depósitos desse tipo são conhecidos no México e New Brunswick. Segundo R.W. Boyle *(op. cit.)*, o principal mineral de molibdênio nesses depósitos é a molibdenita que está comumente associada com fluorita, cassiterita, wolframita, scheelita e bismuto nativo.

Com base nesses dados, duas resoluções foram tomadas: a primeira de se analisar somente as amostras oriundas do Grupo Castro e a segunda de se reanalisar essas 383 amostras por um outro laboratório. Isto em consequência dos resultados fornecidos, pelo LAMIN, terem apresentado apenas dois valores definidos e no limite inferior do método, além deste limite (2 ppm) ser relativamente alto para este tipo de pesquisa.

O limiar obtido empiricamente, em situações similares (sedimentos de corrente oriundos de rochas vulcano-clásticas) é da ordem de 3 ppm, muito próximo ao limite inferior

do método analítico executado pelo LAMIN.

Após consultas e estudos diversos, o laboratório escolhido para executar a reanálise dessas amostras foi a PURIQUIMA Ltda., Laboratório de análises, São Paulo, SP. Este laboratório prontificou-se a efetuar testes comparativos visando a definição do tipo de digestão.

A tabela XXIII, mostra os resultados analíticos das amostras-testes, com três dosagens diferentes, ao lado dos resultados do LAMIN. Verifica-se aí, pequena diferença entre o PU-2 e PU-3 e como o PU-3 tem menor custo e é mais simples, foi o método escolhido para as análises.

Apenas a título de esclarecimento, o método adotado tem como limite inferior de detecção 0,5 ppm e leituras em intervalos de 0,5 a 0,5 ppm.

A dispersão secundária do molibdênio é particularmente complicada e os detalhes de sua migração e concentração na natureza são poucos conhecidos, sabe-se entretanto que é essencialmente não catiônica e as espécies solúveis são principalmente molibdatos ou complexos. O molibdênio é relativamente móvel em um ambiente alcalino e bastante imóvel sob condições ácidas.

Os resultados analíticos foram analisados a luz do pH da água, nas estações de coleta dos sedimentos de corrente. O ambiente mostrou-se ácido em todas elas, com o pH variando de 5,0 a 5,7 e um predomínio absoluto do pH= 5,3 (90% das estações).

O processamento dos dados analíticos, obtidos após a reanálise das amostras, foi executado pela SECQUI/SP, utilizando-se calculadora manual que forneceu os seguintes parâmetros: $\bar{x}$ = 1,18; δ = 0,876; γ = 6,76 e β = 1,70. Foi suposta uma distribuição normal sendo $\bar{x}$ a média aritmética, δ o desvio padrão, γ a curtose e β a assimetria. Os dados não aceitaram perfeitamente a normalidade, embora os parâmetros estatísticos estabelecidos estivessem dentro do esperado, pois,

CPRM

TABELA XXIII – ESTUDO EXPERIMENTAL EM 10 AMOSTRAS ANALISADAS PARA Mo (ppm), POR DIFERENTES MÉTODOS ANALÍTICOS.

Nº DA AMOSTRA	LAMIN		PU - 1	PU - 2	PU - 3
	I	II			
KY-S- 280	N(2,0)	N(2,0)	N(0,5)	0,5	0,5
IL-S- 106	N(2,0)	3,0	1,5	3,0	3,0
IL-S- 116	N(2,0)	N(2,0)	0,5	1,5	1,5
IL-S- 124	N(2,0)	N(2,0)	0,5	2,0	2,0
IL-S- 126	N(2,0)	L(2,0)	1,0	2,0	N(0,5)
IL-S- 130	N(2,0)	N(2,0)	N(0,5)	N(0,5)	0,5
IL-S- 173	N(2,0)	N(2,0)	N(0,5)	1,0	1,5
IL-S- 175	N(2,0)	N(2,0)	0,5	2,0	1,0
IL-S- 183	N(2,0)	N(2,0)	N(0,5)	1,0	1,0
IL-S- 185	N(2,0)	N(2,0)	N(0,5)	2,0	1,5

I - Análise efetuada pelo LAMIN com equipamento da Perkin Elmer

II - Análise efetuada pelo LAMIN com equipamento da Variant

PU-1- Análise efetuada pela PURIQUIMA após abertura por HNO_3 a quente por equipamento da Variant

PU-2- Análise efetuada pela PURIQUIMA após abertura por água régia a quente com equipamento da Variant

PU-3- Análise efetuada pela PURIQUIMA após abertura por HF

L - Menor que o valor registrado

N - Não detectado

empiricamente já se tinha definido como limiar para Mo o teor de 3 ppm. O limiar estatístico foi 2,938 ppm ($\bar{x} + 2\ \delta$), não havendo diferença significativa entre os dois limiares (empírico e estatístico).

7.4.8.2 - Anomalias

A partir dos parâmetros estabelecidos, foi possível a seleção de sete estações anômalas para molibdênio.

A estação KY-17 que acusou 3,5 ppm Mo, situa-se sobre conglomerados do Grupo Castro, cujos seixos são predominantemente constituídos por vulcanitos ácidos. Geograficamente encontra-se a sudoeste de Piraí do Sul, em afluente da margem esquerda do rio Piraí-Mirim. O pH 5,3 denuncia um ambiente ligeiramente ácido com poucas possibilidades de migração hidromórfica deste elemento. A fonte deve estar nas proximidades do ponto de coleta. Não é observada nenhuma associação de importância com os outros elementos analisados, cujos resultados mostram-se bastante acanhados, não havendo nenhum outro destaque nesta bacia.

A amostra KY-48, também com 3,5 ppm de Mo, foi coleta em área de predominância de rochas vulcânicas ácidas. Localiza-se a oeste da estação KY-17, nas proximidades das faldas das *cuestas* do Furnas. Da mesma forma que a drenagem anterior, esta também apresenta um pH ligeiramente ácido igual a 5,3, denunciando ambiente equivalente e mesmo padrão migratório. Ao contrário da estação anterior, nesta, observa-se elevados teores em outros elementos, mormente chumbo e zinco, obtendo-se 340 ppm Zn e 200 ppm Pb. Mesmo para o cobre, o teor encontrado não deve ser desprezado (70 ppm Cu). Principalmente pelos teores de Pb e Zn, e secundariamente de Cu e Mo, foi recomendado um detalhamento desta anomalia, na fase de *fill in*.

Menos expressiva que as anteriores, a estação KY-57 revela um teor de 3,0 ppm Mo, praticamente no limiar inferior da anomalia. Situada nas proximidades das anteriores,

particularizando uma região de teores mais elevados, esta amostra foi coletada em área de conglomerados do Grupo Castro (faz parte do mesmo corpo da KY-17) mas recebe influência de vulcanitos ácidos que constitui aproximadamente 50% de sua bacia de captação. O pH é o mesmo dos anteriores. Quanto aos resultados analíticos dos outros elementos, não há destaque digno de qualquer menção.

Ao sul de Piraí do Sul salienta-se a estação IL-46 com 3,5 ppm Mo, cujas aluviões apresentam-se grosseiras com textura arenosa. A região drenada é constituída por arenitos arcosianos do Grupo Castro, fato que torna mais importante ainda essa anomalia, pois, o teor médio nesse litotipo é da ordem de 0,2 ppm (H.J. Rösler e H. Lange, 1972). O único destaque observado nesta amostra é quanto ao teor em Mo, não havendo nenhuma distinção nos demais resultados analíticos.

Em condições semelhantes à anomalia IL-46, encontra-se a IL-79 situada a SW de Piraí do Sul, que apresenta 3,5 ppm Mo em área constituída por arenito arcosiano do Grupo Castro. Mesmo quanto aos teores obtidos para os demais elementos analisados, a similaridade foi mantida, notando-se da mesma forma que na IL-46, inexpressivos valores analíticos.

Na amostra IL-71 foi obtido 3,0 ppm de Mo, valor situado no limiar deste elemento. A estação de coleta está situada em sedimentos do Grupo Castro, com predominância para os termos mais grosseiros. Localiza-se muito próxima a Piraí do Sul a oeste desta cidade, nas cabeceiras de pequeno afluente do rio Piraí. Os teores obtidos para os demais elementos são pouco significativos. Sua importância maior refere-se ao fato de estar situada sobre arenito, rocha normalmente pobre neste elemento.

A única anomalia de molibdênio, situada fora do Grupo Castro, foi encontrada sobre o rio Jotuba, ao sul da cidade de Castro, na estação IL-148. Esta amostra possui 3,5 ppm Mo, sua bacia de captação encontra-se sobre *bedrock* gra

nítico, não sendo observado qualquer relacionamento com teores mais elevados dos demais elementos analisados. Esta anomalia reveste-se de importância se for levado em consideração que o teor médio em rochas graníticas é da ordem de 1,0 ppm (H.J. Rösler e H. Lange, *op. cit.*).

7.5 - Concentrado de bateia

7.5.1 - Considerações gerais

O levantamento regional, por concentrado de bateia, teve como objetivo fornecer informações sobre o comportamento geoquímico dos elementos e minerais, encontrados na fração pesada dos sedimentos de corrente.

Foram coletadas 49 amostras de concentrado de bateia e analisadas pelo método de emissão espectrográfica para 30 elementos. Adicionalmente, em 24 amostras pertencentes ao domínio do Grupo Castro, foram executadas análises para Au e As por absorção atômica e colorimetria, respectivamente. Além disso, executou-se análises mineralógicas qualitativa, que possibilitaram a correlação com a ambiência geológica e com o potencial metalogenético, objetivando uma melhor avaliação do conteúdo dos minerais pesados existentes no concentrado.

A integração dos dados geoquímicos com a análise mineralógica e a geologia da área do projeto, possibilitou a seleção de alguns sítios potencialmente anômalos para posterior estudo de detalhe.

As populações alvos foram definidas em termos do substrato geológico, e foram divididas em Área total, Granitos e Grupo Castro. Nestas populações aplicaram-se os programas do Sistema Estatístico de Amostragem Geoquímica da CPRM.

Como metodologia, neste capítulo, utilizou-se a descrição do comportamento geoquímico do elemento em cada população, assim como a distribuição dos principais minerais pesados. Os principais parâmetros estatísticos dos elementos

analisados estão representados na tabela XXIV.

7.5.2 - Ferro

A distribuição geoquímica dos teores de ferro em concentrado de bateia, na Área total, está situada entre 10 e 26% do elemento, com média geométrica de 15% e desvio padrão de 1,27. Na população Granitos, a variação de teores está compreendida entre 10 e 26%, com média geométrica de 16,7% e desvio de 1,3. A população Grupo Castro exibe valores entre 10 e 20%, média de 14,3% e desvio de 1,2. O concentrado de bateia revelou, assim, uma maior contribuição de minerais de ferro nas áreas de influência dos granitos, em comparação com as das rochas do Grupo Castro.

7.5.3 - Magnésio

Este elemento, no âmbito geral do projeto, apresenta variação entre 0,02 e 0,2%, com média de 0,13% e desvio de 1,56. Na população Granitos é verificada a variação de 0,02 a 0,2%, média geométrica de 0,12 e desvio de 1,7. No Grupo Castro constatou-se variação de 0,07 a 0,2%, média de 0,15% e desvio de 1,40. Analisando o comportamento geoquímico do magnésio nota-se um ligeiro enriquecimento do mesmo nas rochas vulcano-sedimentares do Grupo Castro. De uma forma global, a distribuição do magnésio no concentrado apresenta-se discreta. Este comportamento já era esperado, tendo em vista que o elemento é característico de rocha ígnea básica a ultrabásica, ocorrendo também em rochas sedimentares e metamórficas carbonatadas, especialmente dolomitos.

7.5.4 - Cálcio

Na Área total, o cálcio exibe teores situados entre 0,025 a 0,05%, com teor médio de 0,027% e desvio de 1,26. Na zona de influência das rochas do Grupo Castro a variação de valores está compreendida entre 0,025 a 0,050%, apresentando média de 0,026 e desvio geométrico de 1,216. Na população Granitos a variação do elemento ocorre entre 0,025 a

CPRM

TABELA XXIV - CONCENTRADO DE BATEIA POR S — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES

ELEMENTO	POPULAÇÃO	NUMERO DE AMOSTRA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA GEOMÉTRICA (MG)	DESVIO GEOMÉTRICO (DG)	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	GRAU DE DETECÇÃO	MG x DG	MG x DG²	MG x DG³
Fe (%)	ÁREA TOTAL	49	10,00	26,00	15	1,27	0,24	49:49	20	26	33
	GRUPO CASTRO	24	10,00	20,00	14,3	1,2	0;185	24:24	17	20	24
	GRANITOS	21	10,00	26,00	16,7	1,3	0,27	21:21	22	29	38
Mg (%)	ÁREA TOTAL	49	0,02	0,2	0,13	1,56	0,47	49:49	0,2	0,3	0,5
	GRUPO CASTRO	24	0,07	0,2	0,15	1,40	0,34	24:24	0,2	0,3	0,4
	GRANITOS	21	0,02	0,2	0,12	1,70	0,57	21:21	0,01	0,35	0,59
Co (%)	ÁREA TOTAL	49	0,025	0,05	0,027	1,26	0,23	49:49	0,03	0,04	0,05
	GRUPO CASTRO	24	0,025	0,05	0,026	1,22	0,198	24:24	0,03	0,04	0,05
	GRANITOS	21	0,025	0,05	0,029	1,32	0,284	21:21	0,04	0,05	0,07
Mn (ppm)	ÁREA TOTAL	49	300,00	2000,00	820,00	1,59	0,487	49:49	1303	2073	3296
	GRUPO CASTRO	24	500,00	2000,00	950,00	1,58	0,481	24:24	1501	2371	3747
	GRANITOS	21	500,00	1500,00	785,00	1,49	0,413	21:21	1169	1743	2597
B (ppm)	ÁREA TOTAL	49	3,00	500,00	13,84	6,32	6,04	49:49	87	553	3493
	GRUPO CASTRO	24	3,00	500,00	39,28	6,71	6,04	24:24	264	1768	11866
	GRANITOS	21	3,00	50,00	3,85	1,99	0,781	21:21	8	15	30
Ba (ppm)	ÁREA TOTAL	49	20,00	200,00	50	2,11	0,861	49:49	105,5	222,6	469,7
	GRUPO CASTRO	24	20,00	150,00	43,80	2,08	0,842	24:24	91,1	189,4	394,1
	GRANITOS	21	20,00	150,00	61,33	2,00	0,784	21:21	122,6	245,3	490,6
Co (ppm)	ÁREA TOTAL	49	30,00	200,00	94,40	1,53	0,447	49:49	144,4	220,9	338,1
	GRUPO CASTRO	24	50,00	200,00	99,33	1,53	0,446	24:24	152,0	232,5	355,8
	GRANITOS	21	50,00	150,00	93,29	1,46	0,395	21:21	136,2	198,9	290,3
Cr (ppm)	ÁREA TOTAL	49	50,00	1500,00	223,90	2,50	1,149	49:49	559,8	1399,3	3498,2
	GRUPO CASTRO	24	50,00	700,00	162,50	2,43	1,098	24:24	394,9	987,1	2467,9
	GRANITOS	21	70,00	1500,00	295,70	2,44	1,103	21:21	721,5	1760,4	4295,5
Cu (ppm)	ÁREA TOTAL	49	2,50	70,00	7,40	2,20	0,930	49:49	16,3	35,8	78,8
	GRUPO CASTRO	24	2,50	70,00	8,20	2,52	1,167	24:24	20,7	52,1	131,2
	GRANITOS	21	2,50	30,00	6,70	1,75	0,610	21:21	11,7	20,5	35,9
La (ppm)	ÁREA TOTAL	49	6,00	1000,00	36,65	4,59	3,035	49:49	168,2	772,1	3544
	GRUPO CASTRO	24	6,00	1000,00	56,07	5,09	3,626	24:24	285,4	1452,7	6667,8
	GRANITOS	21	6,00	100,00	18,67	2,70	1,350	21:21	50,41	136,1	367,5
Nb (ppm)	ÁREA TOTAL	49	5,00	70,00	10,81	1,64	0,592	49:49	17,7	29,1	47,7
	GRUPO CASTRO	24	5,00	20,00	9,85	1,65	0,535	24:24	16,3	26,8	44,2
	GRANITOS	21	5,00	20,00	11,10	1,64	0,527	21:21	18,2	29,9	49,0
Ni (ppm)	ÁREA TOTAL	49	10,00	70,00	20,24	1,53	0,444	49:49	44,7	68,4	104,7
	GRUPO CASTRO	24	20,00	70,00	28,10	1,47	0,403	24:24	41,3	60,7	89,3
	GRANITOS	21	10,00	70,00	29,25	1,59	0,494	21:21	46,5	73,9	117,6
Pb (ppm)	ÁREA TOTAL	49	3,00	100,00	10,90	2,34	1,034	49:49	25,5	59,7	139,7
	GRUPO CASTRO	24	3,00	70,00	11,10	2,66	1,265	24:24	29,5	78,5	208,9
	GRANITOS	21	3,00	20,00	9,70	1,79	0,633	21:21	17,4	31,1	55,6
Sc (ppm)	ÁREA TOTAL	49	20,00	100,00	51,42	1,61	0,508	49:49	82,8	133,3	214,6
	GRUPO CASTRO	24	20,00	100,00	52,55	1,61	0,504	24:24	84,6	136,2	219,3
	GRANITOS	21	20,00	100,00	49,55	1,59	0,49	21:21	78,8	125,3	199,2
Sn (ppm)	ÁREA TOTAL	49	3,00	30,00	8,73	1,92	0,732	49:49	16,7	32,2	61,8
	GRUPO CASTRO	24	3,00	30,00	11,42	1,57	0,478	24:24	17,9	28,1	44,2
	GRANITOS	21	3,00	30,00	6,41	2,05	0,819	21:21	13,1	26,9	55,2
V (ppm)	ÁREA TOTAL	49	200,00	700,00	314,48	1,48	0,409	49:49	465,4	688,8	1019,5
	GRUPO CASTRO	24	200,00	700,00	306,24	1,50	0,423	24:24	459,4	689,1	1033,6
	GRANITOS	21	200,00	700,00	314,10	1,47	0,400	21:21	461,8	678,9	997,9
Y (ppm)	ÁREA TOTAL	49	10,00	1500,00	68,99	3,31	1,785	49:49	228,4	755,9	2501,9
	GRUPO CASTRO	24	10,00	1500,00	111,78	3,29	1,770	24:24	367,8	1209,9	3980,6
	GRANITOS	21	10,00	100,00	34,47	2,15	0,896	21:21	74,1	159,3	342,6
Zn (ppm)	ÁREA TOTAL	49	60,00	500,00	130,48	1,99	0,778	49:49	259,7	516,7	1028,3
	GRUPO CASTRO	24	60,00	500,00	218,90	1,51	0,434	24:24	330,5	499,1	753,7
	GRANITOS	21	60,00	200,00	84,63	1,75	0,604	21:21	148,1	259,2	453,6
Zr (ppm)	ÁREA TOTAL	49	100,00	1300,00	724,97	2,26	0,971	49:49	1638,4	3702,9	8368,5
	GRUPO CASTRO	24	150,00	1300,00	682,24	2,15	0,895	24:24	1466,8	3153,7	6780,3
	GRANITOS	21	100,00	1300,00	727,65	2,52	1,162	21:21	1833,7	4620,9	11644,6

0,05%, média de 0,029% e desvio de 1,32. É verificado que o cálcio, assim como o magnésio, não exibe altas concentrações, em bateia, na área do projeto. Tal fato era presumível, visto que os referidos elementos são amplamente difundidos em rochas carbonatadas, litotipos que não foram encontrados na região trabalhada.

7.5.5 - Manganês

A análise geoquímica do concentrado de bateia indicou, na população total amostrada, uma amplitude de valores entre 300 ppm e 2000 ppm, com média de 820 ppm e desvio de 1,59. No Grupo Castro são verificadas variações entre 500 ppm e 2000 ppm, teor médio de 950 ppm e desvio de 1,58. Nos Granitos a faixa de valores situa-se entre 500 ppm e 1500 ppm, *background* de 785 ppm, e desvio de 1,49. Observa-se que a concentração do manganês no Grupo Castro está levemente superior a dos Granitos quando comparados a amplitude e as médias.

7.5.6 - Boro

Na população Área total, registrou-se uma amplitude dos teores de boro entre 3 a 500 ppm, com média de 13,84 ppm, desvio de 6,32 e coeficiente de variação de 6,04.O Grupo Castro apresentou teores situados entre 3 a 500 ppm, média de 39,28 ppm, desvio de 6,71 e coeficiente de variação 6,04. Na população Granitos a faixa de teores situa-se entre 3 e 50 ppm, média de 3,85 ppm, desvio 1,99 e coeficiente de variação de 0,78.

Analisando os dados estatísticos das duas últimas populações, verifica-se que existe diferença significativa quanto ao comportamento do boro nessas populações geológicas. Na população Grupo Castro a média geométrica é dez vezes maior do que a média exibida pela população Granitos. Todavia é constatado que os desvios e coeficientes de variação são bem elevados, o que demonstra uma dispersão relativa do elemento, bem acentuada na área do projeto.

7.5.7 - Bário

Os valores de bário na população total amostrada, variam de 20 a 200 ppm, tendo teor médio de 50 ppm e desvio geométrico de 2,11. Na população Grupo Castro os teores oscilam de 20 a 150 ppm para uma média de 43,8 ppm e desvio de 2,08. Nos Granitos a taxa de variação situa-se entre 20 e 150 ppm, com média de 61,33 ppm e desvio de 2,00. O teor médio desta última população apresenta-se levemente superior ao Grupo Castro. É provável que este teor esteja refletindo uma oscilação normal do *background* do elemento na área do projeto, podendo o Ba estar relacionado, principalmente, aos minerais formadores de rocha como, por exemplo, o feldspato potássico.

7.5.8 - Cobalto

Na Área total o cobalto sofreu variação analítica entre 30 e 200 ppm, com média de 94,40 ppm e desvio de 1,53. No Grupo Castro, a oscilação de teores está situada entre 50 e 200 ppm para um *background* de 99,33 ppm e desvio geométrico de 1,53. No tocante a área de influência dos Granitos, a taxa de variação está compreendida entre 50 e 150 ppm, com a média de 93,29 ppm e desvio de 1,46.

Os valores de cobalto na população Granitos são inferiores aos apresentados pelo Grupo Castro, evidenciando, assim, que os minerais pesados das rochas vulcano-sedimentares estão um pouco mais enriquecidos em cobalto do que os existentes nas rochas graníticas.

7.5.9 - Cromo

Os teores de cromo na Área total oscilam de 50 a 1500 ppm, com média de 223,90 ppm e desvio de 2,50. No Grupo Castro os teores abrangem o intervalo de 50 a 700 ppm, com o *background* de 162,50 ppm e desvio de 2,43. Nos Granitos observam-se valores entre 70 e 1500 ppm, média geométrica de 295,70 ppm e desvio de 2,44.

A distribuição geoquímica do cromo apresenta-se discreta, como já era de se esperar, haja visto a vocação metalogenética da região não ser propícia à ocorrência de concentração econômica deste metal. Os valores mais elevados, são interpretados, a *priori*, como uma oscilação normal do *background* local, não necessariamente relacionado à mineralização. Este elemento, como se sabe, é largamente difundido na maioria das rochas ultrabásicas, e tais litotipos não foram identificados na região trabalhada.

7.5.10 - Cobre

O *range* de concentração do cobre, na Área total, situa-se entre 2,50 e 70 ppm, com média geométrica de 7,40 ppm e desvio de 2,20. Considerando o Grupo Castro, nota-se que o valor mínimo alcançado é de 2,50 ppm e o valor máximo 70 ppm, para uma média de 8,20 ppm e desvio de 2,52. Nos Granitos a variação de teores está situada entre 2,50 a 30 ppm, com média de 6,70 ppm e desvio de 1,75.

O comportamento geoquímico do cobre, no concentrado de bateia, evidencia a sua baixa concentração. No entanto, analisado por critérios puramente estatísticos, verifica-se que os limiares alcançados estão abaixo do maior valor encontrado, tanto no Grupo Castro quanto nos Granitos, significando que existem anomalias dentro do conjunto de dados amostrados. Apesar da análise por emissão espectrográfica não ser o melhor método para cobre, obtém-se uma visualização satisfatória do conteúdo do elemento na fração pesada. Neste contexto, a julgar pelos valores encontrados, pode-se supor, com relativa segurança, que não foi detectado, nas amostras coletadas, nenhum mineral do minério de cobre, como confirmado pelas análises mineralógicas qualitativas realizadas.

7.5.11 - Lantânio

No âmbito geral do projeto, este elemento varia de 6 a 1000 ppm, com média geométrica de 36,65 ppm, desvio de 4,59 e coeficiente de variação de 3,035. No Grupo Castro mos

tra variação de 6 a 1000 ppm, com *background* de 56,07 ppm, desvio de 5,09 e coeficiente de variação 3,626. Nos Granitos é observada variação de 6 a 100 ppm, média de 18,67 ppm, desvio de 2,70 e coeficiente de variação 1,350.

O conjunto desses dados mostra que, a distribuição geoquímica apresentada pelo lantânio no Grupo Castro é distinta da que exibe nos Granitos. Nas rochas vulcano-sedimentares indica teores mais elevados que nos Granitos, sendo que a média do primeiro grupo é cerca de três vezes superior a do segundo.

7.5.12 - Molibdênio

Este elemento não apresentou nenhum valor definido nas 49 amostras analisadas. Nem por isso deve-se considerar a área do projeto como estéril para pesquisa de molibdênio. Deve ser levado em consideração que a emissão espectrográfica não é o método mais sensitivo para a análise do elemento, acrescido do fato de que o molibdênio não é abundante na crosta da terra (1,5 ppm), podendo alcançar até 3 ppm em folhelhos (A.A. Levinson, 1974).

7.5.13 - Nióbio

Apresenta variação de teores na Área total entre 5 e 70 ppm, média geométrica de 10,81 ppm e desvio geométrico 1,51. No Grupo Castro, observam-se valores entre 5 e 20 ppm, com média de 9,85 ppm e desvio de 1,65. Nos Granitos a variação está compreendida entre 5 e 20 ppm, média de 11,10 ppm e desvio de 1,61.

De modo geral, a concentração do nióbio não apresenta valor elevado que possa ser discriminado em termos de valor anômalo, tanto no Grupo Castro como no Granito. Contudo, em quartzitos pertencentes à população Área total, detectou-se o teor de 70 ppm, considerado anômalo no conjunto total dos dados analíticos.

7.5.14 - Níquel

Este elemento exibe, na Área total, variação de 10 a 70 ppm, *background* de 29,24 ppm e desvio geométrico de 1,53. Na população Grupo Castro a amplitude de teores está compreendida entre 20 e 70 ppm, média e desvios geométricos de 28,10 ppm e 1,47, respectivamente. Nos Granitos a variação de teores está localizada entre 10 e 70 ppm, com média de 29,25 ppm e desvio de 1,59.

Analisando os resultados obtidos, verifica-se que o teor de 70 ppm exibido por uma amostra do Grupo Castro, poderia ser considerado anômalo. Todavia, a geologia aflorante não apresenta potencial econômico com relação à mineralização niquelífera.

7.5.15 - Chumbo

A variação do chumbo na Área total, corresponde ao intervalo de teores de 3 a 100 ppm, com média de 10,90 ppm e desvio de 2,34. No Grupo Castro o *range* de concentração varia de 3 a 70 ppm, *background* de 11,10 ppm e desvio de 2,66. Nos Granitos a taxa de variação situa-se entre 3 e 20 ppm, com média de 9,70 ppm e desvio de 1,79.

De acordo com os dados registrados verificou-se que o chumbo exibe teor considerado estatisticamente anômalo na população Área total, mais precisamente sobre arenitos da Formação Furnas. Entretanto, na região em que se constatou esta anomalia, sudoeste da localidade de Chico Taquara, admite-se um possível substrato andesítico que poderia estar influenciando este teor anômalo.

7.5.16 - Escândio

A oscilação de teores na Área total compreende intervalo de 20 a 100 ppm, com média geométrica de 51,42 ppm e desvio geométrico de 1,61. Nas rochas do Grupo Castro a variação está situada entre 20 e 100 ppm, média geométrica de 52,55 ppm e desvio de 1,61. Nos Granitos os teores estão dis

tribuídos no intervalo de 20 a 100 ppm, com média e desvio, respectivamente, de 49,55 ppm e 1,59.

Os dados estatísticos apresentados, não indicam nenhum valor anômalo de escândio, o que vale dizer que estão enquadrados nos teores considerados normais dentro da área do projeto.

7.5.17 - Estanho

Considerando a Área total amostrada, verifica-se que o estanho apresenta variação de 3 a 30 ppm, média de 8,73 ppm e desvio de 1,92. No Grupo Castro a variação é idêntica, sendo o valor médio de 11,42 ppm e o desvio de 1,57. Nos Granitos constata-se também o mesmo intervalo (3 a 30 ppm), média de 6,41 ppm e desvio de 2,05.

Com relação aos dados acima mencionados, pode-se inferir, em princípio, que o estanho apresenta valores anômalos nas populações Grupo Castro e Granitos. Do ponto de vista do ambiente geológico, é possível a ocorrência de concentrações de estanho nas duas populações, uma vez vez que granitos e riolitos podem encerrar mineralizações de cassiterita.

7.5.18 - Vanádio

O comportamento geoquímico do elemento na Área total amostrada, evidencia oscilação de teores entre 200 e 700 ppm, média 314,48 ppm e desvio 1,48. No Grupo Castro, os teores mínimo e máximo são 200 e 700 ppm respectivamente, com média geométrica de 306,24 ppm e desvio de 1,50. Na população Granitos, os teores variam de 200 a 700 ppm, com teor médio de 314,16 ppm e desvio geométrico de 1,47.

A análise destes parâmetros estatísticos revela a existência de amostras anormais nas duas últimas populações. Em princípio, ao que tudo indica, parece tratar-se de concentração não necessariamente ligada à mineralização.

7.5.19 - Ytrio

O *range* de concentração do elemento na Área total, apresenta teores situados entre 10 e 1500 ppm, com média de 68,99 ppm e desvio 3,31. Nas vulcano-sedimentares do Grupo Castro a variação é a mesma da Área total, com média de 111,78 ppm, sendo o desvio e o coeficiente de variação 3,29 e 1,77, respectivamente. Nos Granitos a variação vai de 10 a 100 ppm, com média de 34,47 ppm e desvio de 2,15.

De um modo geral é observado que o elemento apresenta valores anômalos nas populações Área total e Grupo Castro. Estes valores elevados, provavelmente, estão refletindo a presença de minerais como o xenotímio no concentrado de bateia.

7.5.20 - Zinco

Este elemento acusa valores analíticos que vão de 60 ppm a 500 ppm, com média de 130,48 ppm e desvio de 1,99. No Grupo Castro é idêntica a oscilação dos resultados, entretanto, a média é de 218,90 ppm e o desvio de 1,51. Nos Granitos a variação de teores está compreendida entre 6 e 200 ppm, com média de 84,63 ppm e desvio de 1,75.

Pelos dados obtidos, os valores de zinco enquadram-se dentro dos padrões normais, não se evidenciando nenhum valor anômalo. Deve-se salientar que o método de emissão espectrográfica não é adequado para a análise do zinco, o que prejudica a interpretação dos resultados.

7.5.21 - Zircônio

A variação apresentada pelo zircônio, na Área total, está compreendida na faixa de 100 a 1300 ppm, com média de 724,97 ppm e desvio de 2,26. No Grupo Castro a variação de teores ocorre entre o intervalo de 150 a 1500 ppm, para a média de 682,24 ppm e desvio de 2,15. Na população Granitos a variação analítica dá-se entre 100 e 1300 ppm, com

média de 727,65 ppm e desvio de 2,52.

De maneira geral, verifica-se que o zircônio mostra valores semelhantes tanto no Grupo Castro quanto nos Granitos, sobretudo quando são comparadas as suas médias. É possível que os teores de zircônio nos concentrados estejam refletindo a presença de zirconita, ou então que este elemento esteja associado a minerais, tais como: ilmenita, turmalina e biotita.

7.5.22 - Ouro

Além das 49 análises espectrográficas, sem nenhum resultado definido, executou-se também, em 24 amostras do Grupo Castro, análises por absorção atômica, para ouro, das quais, duas exibiram valores definidos. Devido à importância econômica deste elemento, foi considerada como anômala toda amostra que apresentou valor definido. Assim sendo, não foi apresentado o sumário estatístico para o referido elemento.

7.5.23 - Análise mineralógica qualitativa

A análise mineralógica qualitativa visou complementar o estudo geoquímico da área do projeto, fornecendo a distribuição espacial, abundância e variedade dos minerais pesados, notadamente os minerais de minério. Seus resultados, tornaram viável a integração com a geoquímica de sedimento de corrente e concentrado de bateia para definição de *trends* anômalos.

Os minerais pesados foram discriminados em três populações geológicas, do mesmo modo em que foram definidos no concentrado de bateia, objetivando a interpretação da distribuição dos minerais. Assim sendo, foram definidas as populações: Área total, Grupo Castro e Granitos.

Os resultados obtidos estão registrados na tabela XXV. Observa-se que a análise mineralógica não detectou nenhum mineral sulfetado de cobre, chumbo, zinco ou molibdênio, tendo sido apenas encontrado aluminato de zinco (gahni

CPRM

TABELA XXV - ANÁLISE MINERALÓGICA QUALITATIVA

MINERAL	POSSÍVEL USO	DENSIDADE	ÁREA TOTAL	GRUPO CASTRO	GRANITO
MAGNETITA	a, b, c.	5,17 - 5,8	46	24	22
ILMENITA	a	4,5 - 5,0	46	24	22
CASSITERITA	a, e	6,8 - 7,1	1	1	-
RUTILO	a, b	4,2 - 5,1	45	23	22
CROMITA	a, b	4,1 - 4,9	5	5	-
MONAZITA	a	4,9 - 5,3	38	16	22
ZIRCÃO	a, b, d.	4,68 - 4,7	42	20	22
XENOTÍMIO	a, b, d.	4,95 - 5,1	12	9	3
ANATÁSIO	a, b.	3,82 - 3,95	36	14	22
GRANADA	b, c, d, f	3,7 - 3,8	20	18	2
ANFIBÓLIO	b, c, f.	2,8 - 3,7	13	4	9
TURMALINA	d, e, f.	2,98 - 3,2	34	15	19
GAHNITA	a	4,1 - 4,6	1	1	-
CIANITA	a, c.	3,4 - 3,8	4	1	3
SILIMANITA	b, c, d.	3,23 - 3,27	4	1	3
EPIDOTO	b, c, e.	3,2 - 3,5	24	13	.21
TITANITA	a, c, e, f	3,4 - 3,6	21	-	21
ESPINÉLIO AL.	b, c, d.	3,5 - 4,1	7	-	7
LEUCOXÊNIO	c, e, f.	4,7 - 4,78	24	13	11
PIRITA LIMONITIZADA	e, f.	4,95 - 5,1	5	3	2

A) MINERAL DE MINÉRIO

B) INDICADOR GROSSEIRO DA LITOLOGIA

C) INDICADOR DO GRAU DE METAMORFISMO

D) INDICADOR DE METAMORFISMO DE CONTATO

E) INDICADOR DE ATIVIDADE E HIDROTERMAL

F) POSSÍVEL INDICADOR DE MINÉRIOS INSTÁVEIS

SEGUNDO W. C. OVERSTREET (1963), E. S. DANA (1951) E W. A. DEER F. R. S (197.).

ta) numa amostra no Grupo Castro, mais precisamente em zona de influência de rocha andesítica.

Os minerais magnetita, ilmenita, rutilo e zircão estão presentes na maior parte das amostras analisadas. Pirita, que é um mineral indicador de sulfeto, teve presença restrita, só sendo encontrado em três amostras no Grupo Castro e duas na população Granitos. Dentre os minerais indicadores do grau de metamorfismo, como silimanita e cianita, não foi constatado alto grau de detecção na região estudada.

Este resultado já era esperado, uma vez que as rochas da região, as vulcano-sedimentares do Grupo Castro, não exibem metamorfismo. A cassiterita foi detectada em apenas uma amostra, localizada em rocha pertencente ao Grupo Castro. A cromita ficou constatada em cinco amostras do Grupo Castro e, ao que tudo indica, parece tratar-se de ocorrência sem importância, já que não se tem conhecimento da existência de rocha ultrabásica na área estudada.

7.5.24 - Discussão dos resultados de concentrado de bateia e análises mineralógicas

Os resultados obtidos pela geoquímica dos elementos, nos concentrados de bateia, conjugados com a análise mineralógica qualitativa dos minerais pesados, evidenciaram algumas amostras consideradas anômalas, comentadas a seguir:

O maior valor de cobre (90 ppm) está localizado na amostra DB-63 encontrada no afluente do rio Iapó. Apresenta, ainda, 50 ppm de chumbo, 500 ppm de zinco e acima de 1000 ppm de zircônio. A análise mineralógica detectou o mineral turmalina como de interesse prospectivo. A amostra DB-62 coletada em outro afluente próximo do Iapó, apresentou teor de 50 ppm de cobre, 70 ppm de chumbo, 700 ppm de cromo, 1500 ppm de ytrio e 500 ppm de zinco. A geologia local reporta-se a andesitos do Grupo Castro e diques de diabásio. Provavelmente os teores realçados de cobre estejam relacionados aos

diques, o que diminui a possibilidade de ocorrências de mineralizações econômicas.

O valor mais elevado de chumbo (100 ppm) localiza se na amostra DB-69 no afluente do rio Iapó, em área cuja geologia local refere-se aos arenitos da Formação Furnas. No mapa (anexo XVII), esta anomalia posiciona-se sobre rochas andesíticas do Grupo Castro. Não obstante, durante os trabalhos de campo, constatou-se que as aluviões pertenciam ao arenito Furnas, aflorante nas margens da drenagem. Por outro lado, não se descarta um possível *bedrock* andesítico, incrementando aquele teor de chumbo. Destaca-se, ainda, o valor de 200 ppm de boro e 700 ppm de lantânio. A análise mineralógica detectou a presença de turmalina e monazita como de interesse prospectivo e que estão coerentes com os teores de boro e lantânio encontrados. Não foi revelado, entretanto, galena ou cerussita.

Verificou-se, também, a presença de cromita nas amostras DB-65, DB-76, KY-06 e KY-63. A geologia dos locais amostrados, rochas andesíticas nos dois primeiros sítios de amostragem, conglomerados no terceiro sítio e siltitos e arcósios no último, desautorizam dizer que estes locais tenham possibilidades de concentrações econômicas de cromita.

O valor de 70 ppm de nióbio na amostra IL-96, no Piraizinho, área de influência de rochas quartzíticas do Grupo Açungui, configura-se como anômalo no cômputo geral dos dados.

No tocante ao estanho é observada a existência de duas amostras, IL-148 (sobre granitos) no rio Jotubá e IL-168 (em riolitos) na Campina de São João, com 30 ppm de estanho cada uma. Ocorre, entretanto, que a análise mineralógica destas amostras não detectou cassiterita. A única amostra com cassiterita, a KY-76, localiza-se no ribeirão das Pombas em rochas andesíticas, as quais não são as mais adequadas para a localização de concentrações econômicas de cassiterita.

Com relação ao ouro, observou-se que as amostras KY-71 e KY-87 contêm os teores de 0,15 ppm e 0,05 ppm restectivamente. A primeira amostra está localizada no Ribeirão das Pombas em andesitos e principalmente sobre rocha conglomerática pertencentes ao Grupo Castro. A outra amostra foi coletada no Ribeirão Mato Grande, cuja drenagem está situada na zona de influência de arenitos e siltitos do Grupo Castro, estando encaixada em um dique de diabásio. A próximidade dessas duas drenagens sugere que as mesmas formam um pequeno *trend* de ouro na área estudada.

Como foi observado nos comentários acima, a análise mineralógica não evidenciou nenhum mineral sulfetado de interesse econômico nas amostras analisadas. No entanto, estes resultados não podem ser considerados definitivos para descaracterizar a área como prospectiva para mineralizações de cobre, chumbo e zinco. Em certas condições de intemperismo, minerais sulfetados tornam-se instáveis no perfil do solo e seus cátions são carreados para a bacia de drenagem ao invés do mineral do minério. Nesse caso, o sedimento de corrente é um meio mais efetivo para pesquisar mineralizações sulfetadas, e os concentrados de minerais pesados tornam-se mais úteis quando utilizados em bacias de drenagem de menor área de captação.

8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A prospecção geoquímica regional permitiu as seguintes conclusões:

1 - A epiderme pedológica predominante é característica de clima subtropical a tropical úmido.

2 - Coberturas lateríticas estão extensamente distribuídas, destacando-se dentre elas, aquela situada a sul de Castro, cujo *trend* leste-oeste mostra um alinhamento de *gossans*, alguns com apreciável espessura.

3 - Muitos dos conglomerados documentados em mapas geológicos, tratam-se na realidade de brechas vulcânicas constituídas, predominantemente, de seixos angulosos a subarredondados de vulcânicas ácidas (riolitos), envolvidos por matriz, igualmente, riolítica.

4 - O teste "t" de Student não mostrou diferença significativa entre as equipes de coleta, tornando-se insignificante o erro introduzido pela variância de amostragem.

5 - Da mesma forma as técnicas analíticas mostraram-se aceitáveis, permitindo a utilização dos dados analíticos de todos os elementos dosados, a exceção do Ni quando em baixos teores, mas sem nenhuma influência nos resultados alcançados.

6 - Na interpretação dos resultados obtidos, os parâmetros estatísticos, aliados aos fatores geológicos e geoquímicos, tiveram grande importância na indicação de concentrações anômalas dos diversos elementos estudados, tanto isoladamente quanto em associações. Além disso, permitiu-se visualizar áreas geoquimicamente favoráveis a possíveis mineralizações.

7 - Assim sendo, duas áreas destacam-se como potencialmente favoráveis a conter mineralizações. A primeira é a região da Campina de Guararema, onde foram delineadas as melhores anomalias de Pb e Zn, bem como, a mais importante associação paragenética voltada à presença de bens minerais

não ferrosos. Nesta região, a população alvo predominante é a Castro-andesitos, embora tivesse sido observada, a montante das drenagens anômalas, vulcânicas ácidas como riolitos, dacitos e brechas vulcânicas, além de clastitos siltico-arcosianos.

8 - Corroborando a prospecção geoquímica levada a efeito nesta etapa, técnicos da empresa UNIGEO confirmaram, verbalmente, através de estudos da mesma natureza e realizados em trabalhos paralelos a deste projeto, as anomalias encontradas na região da Campina de Guararema, estando já as suas pesquisas em fase de sondagem.

9 - A segunda área, Cerrado Chico Taquara, é destacada muito mais pela importância do elemento Au, que propriamente pelos resultados analíticos obtidos. Na análise, por absorção atômica, de 24 concentrados de bateia, coletados sobre rochas do Grupo Castro, apenas dois acusaram a presença do ouro, com teores baixos mas, o que é importante, definidos. Estes localizam-se em drenagens que possuem as respectivas cabeceiras naquela região. O litotipo predominante é o andesito, embora, localmente, possam ser observadas vulcânicas ácidas, além do topo do cerrado constituir-se de arenitos, grosseiros a conglomeráticos, da Formação Furnas. Cabe acrescentar que moradores daquela localidade, noticiaram a presença de antigos garimpos e faisqueiras.

10 - Em outras regiões, como à sudeste do Cerrado Chico Taquara e a sul do rio Iapó, onde predominam os riolitos do Grupo Castro, foram detectados *trends* anômalos de arsênio que é o principal farejador do elemento Au.

11 - Com relação aos elementos Cu, Co e Ni, conclui-se que suas concentrações anômalas estão muito mais correlacionadas com a grande quantidade de diques de rochas básicas intermediárias (produto do Arqueamento Ponta Grossa) que cortam, no sentido NW, toda a área do projeto, do que a possíveis mineralizações, salvo aquelas em que existam paragênese favorável, como no caso da Campina de Guararema.

12 - Condições ambientais desfavoráveis (pH ácido), não permitiram a detecção de Mo na maioria das amostras, impedindo um estudo mais refinado da distribuição desse elemento, embora ele seja encontrado em determinados locais (análises geoquímicas de rocha), de forma disseminada.

13 - As análises mineralógicas qualitativas, não evidenciaram nenhum mineral de interesse econômico.

Algumas dessas conclusões poderão ser melhor aquilatadas no volume III, referente ao *fill in*, que representa uma fase mais avançada da prospecção geoquímica, com o detalhamento das anomalias encontradas na etapa regional. Certamente, algumas serão melhor desenvolvidas e outras acrescentadas.

Com relação ao item recomendações, estas são feitas visando-se o *fill in* de todas as anomalias detectadas na geoquímica regional, a excessão de umas poucas, isoladas e praticamente pontuais, que a luz dos dados geológicos e geoquímicos não apresentaram qualquer interesse prospectivo.

9 - BIBLIOGRAFIA

ADDAS, W. - Projeto Geoquímica no Vale do Ribeira; relatório final - estudo orientativo. DNPM/CPRM. São Paulo, 1978, v. V, ilust., mapas.

ADDAS, W. e SÁ, C.C. de - Estudo de viabilidade econômica das áreas de Castro, Guaratubinha e Campo Alegre (Reconhecimento Geoquímico Preliminar). DNPM/CPRM. São Paulo. Inédito.

BIGARELLA, J.J. et alii - Geologia do pré-Devoniano e intrusivas subsequentes da porção oriental do Estado do Paraná. B. Paran. Geoc., Curitiba, 23/25, 1967, il.

BOYLE, R.W. - *Elemental associations in mineral deposits and indicator elements of interest in geochemical prospections (revised)*. Geological Survey of Canada, paper 74-45. Ottawa, 1974, 40 pp.

CORDANI, V.G. e BITTENCOURT, I. - Determinações de idade potássio-argônio em rochas do Grupo Açungui. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21, Curitiba, Anais do ..., Soc. Bras. Geol., p. 218-233, 1967, il.

CUNHA, H.C. da S. e KAEFER, L.Q. - Geologia da Folha de Castro. Parcial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, Soc. Bras. Geol., 1974 (B. espec. 1, resumo das comunicações, p. 189-191.

DANA, E.S. - *A Textbook of Mineralogy*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1951, 851 p.

DEER, W.A.F.R.S. et alii - *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. Longman, London, 1971, 528 pp.

FUCK, R.A. et alii - Contribuição ao estudo das rochas graníticas do Estado do Paraná. In: BIGARELLA, J.J. et alii - Geologia do pré-Devoniano e intrusivas subsequentes da porção oriental do Estado do Paraná. B. Paran. Geoc., Curitiba, 23/25: 183-219, 1967, il.

JONHANSEN, A. - *A descriptive petrography of the igneous rocks*. Chicago, 4, 1931, 1949.

KAWASHITA, K. - Análises geocronológicas pelo método Rb - Sr. In: Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo - Folha Asunción (SG-21) - Folha Curitiba (SG-22), MME-DNPM, Brasília, 1974.

KOCH JR., G.S. e LINK, R.F. - *Statistical Analysis of Geological Data*. N. York, John Wiley & Son Co.,1970, 375 p.

LEVINSON, A.A. - *Introduction to Exploration Geochemistry*. Calgary Applied Publishing Ltd., Illinois, 1974, 612 pp.

LOPES JR., I. et alii - Projeto Leste do Paraná; folha Piraí do Sul. Relatório final - Geologia. CPRM/DNPM/BADEP/IGUFP. São Paulo, 1977, v.1, ilust., mapas.

MAACK, R. - Mapa Geológico do Estado do Paraná. IBPT, Curitiba, esc. 1:750.000, 1953.

NIMER, E. - Clima. In: Geografia do Brasil. Região Sudeste. Rio de Janeiro, SERGRAF - IBGE, 1977, v.3, p. 51-89.

OVERSTREET, W.C. - *Regional heavy-mineral reconnaissance as a guide to ore deposits in areas underlain by deeply weathered crystalline rocks*. In: SEMINARY ON GEOCHEMICAL PROSPECTING METHODS AND TECHNICS, Bangkok, United Nations, ECAFE, BTAO, 1963, p. 57-66.

PINHO FILHO, W.D. de e MARTINS, A.J.M. - Projeto Castro-Piraí do Sul. CNEN/CPRM, São Paulo, 3, 59 p., 1972.

RÖSLER, H.J. e LANGE, H. - *Geochemical tables*. Elsevier publish. Co., London, 1972, 468 pp.

VIEIRA, A.J. e MAINGUÉ, E. - Geologia de semi-detalhe do centro e nordeste do Paraná e centro-sul de São Paulo. Relatório nº 425, PETROBRÁS/DESUL, Ponta Grossa, Paraná. 1972.