

República Federativa do Brasil
Ministério de Minas e Energia
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Departamento de Recursos Minerais

PROJETO PLATINA E ASSOCIADOS

**PROSPECÇÃO GEOLÓGICA E GEOQUÍMICA
NOS CORPOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS DA
SUÍTE INTRUSIVA CATETÉ – PARÁ**

Edésio Maria Buenano Macambira

Superintendência Regional de Belém
Março - 2001

Orlando José Barros De Araújo
Gerente de Recursos Minerais

Maria Telma Lins Faraco
Supervisora da Área de Recursos Minerais

Rômulo Simões Angélica
Participação Especial

EQUIPE TÉCNICA

PROJETO PLATINA E ASSOCIADOS
Geól. Edésio Maria Buenano Macambira

Colaboração
Ass. Téc. Esp. Paulo Sérgio F. dos Santos
Ass. Téc. Esp. João Claudino Lucena

Referências Bibliográficas
Mária Léa Rebouças de Paula

Digitação
Luzanira Prazeres da Silva
Dileide Cirino dos Santos

Editoração
Tania Keyler Coelho de Argolo

Cartografia Digital
Tania Keyler Coelho de Argolo
Gilmar dos Santos

Revisão
Prof. Dr. Márcio Pimentel

Edição Final e Impressão pela Superintendência Regional de Porto Alegre
Coordenação: Geól. Luís E. Giffoni

Informe de Recursos Minerais
Série Metais do Grupo da Platina e Associados nº 27

Ficha Catalográfica

Macambira, Edésio Maria Buenano
Prospecção geológica e geoquímica nos corpos máfico-ultramáficos da suíte intrusiva Cateté – Pará: CPRM, 2001.
1 v.; il – (Informe de Recursos Minerais, Série Metais do Grupo da Platina e Associados, 27)
Projeto Platina e Associados

Apresentação

O Informe de Recursos Minerais objetiva sistematizar e divulgar os resultados das atividades técnicas da CPRM nos campos da geologia econômica, prospecção, pesquisa e economia mineral. Tais resultados são apresentados em diversos tipos de mapas, artigos bibliográficos, relatórios e estudos.

Em função dos temas abordados são distinguidas oito séries de publicações, abaixo relacionadas:

- 1) Série Metais do Grupo da Platina e Associados;
- 2) Série Mapas Temáticos do Ouro, escala 1:250.000;
- 3) Série Ouro – Informes Gerais;
- 4) Série Insumos Minerais para Agricultura;
- 5) Série Pedras Preciosas;
- 6) Série Economia Mineral;
- 7) Série Oportunidades Minerais – Exame Atualizado de Projetos;
- 8) Série Diversos.

A aquisição de exemplares deste Informe poderá ser efetuada diretamente na Superintendência Regional de Belém ou na Divisão de Documentação Técnica, no Rio de Janeiro.

As informações apresentadas baseiam-se em trabalhos de mapeamento geológico e prospecção geoquímica realizados nos corpos máfico-ultramáficos da Serra do Puma, Igarapé Carapanã, Serra do Jacaré e Serra do Jacarezinho. Esses corpos são agrupados na Suíte Intrusiva Cateté e estão localizados no sudeste do Estado do Pará. Situam-se na porção sul do Cráton Amazônico, mais particularmente, na região central do Bloco Araquacema.

Os trabalhos de campo consistiram em levantamento topográfico, mapeamento geológico e prospecção geoquímica (solo, concentrados de solo, sedimentos de corrente e concentrados de aluvião) para Ni, Co, Cu, Cr, Zn, Pt, Pd e Au. Esses corpos apresentam, em superfície, uma forma alongada, dispostos segundo as direções N-S e E-W obedecendo aos principais *trends* estruturais do Cinturão de Cisalhamento Itacaúnas. Apresentam-se intrusivos em rochas arqueanas do Complexo Xingu (gnaisses e migmatitos), Granito Plaquê (granitóides colisionais) e Grupo São Félix (rochas metavulcano-sedimentares).

Sob o ponto de vista litológico, nos diversos corpos e em variadas proporções, constata-se a presença de serpentinitos, peridotitos, piroxenitos gabros. Na Serra do Puma os litótipos apresentam-se visivelmente acamadados, enquanto que nos demais o acamadamento é inferido de maneira semelhante, verificando-se um mergulho de 30° a 40° para sul; entretanto nos outros corpos a direção e o valor do mergulho não estão estabelecidos. Considera-se que os mencionados corpos máfico-ultramáficos são correlacionáveis ao Corpo da Serra Onça; dessa maneira, admite-se que aqueles são originados a partir de uma fonte de natureza toleítica, com um lento resfriamento a partir de elevadas temperaturas, em um ambiente de relativa calma tectônica, a qual era eventualmente interrompida pelo processo de intrusões múltiplas. Após a colocação dos corpos máfico-ultramáficos (2,4 Ga) os mesmos foram submetidos a eventos tectônicos rúpteis, resultando na atual configuração.

A prospecção realizada revelou uma favorabilidade metalogenética de serem detectados depósitos magmáticos. Dessa maneira, os dados de campo e os resultados geoquímicos indicam para a seqüência serpentinitica a possibilidade de serem detectados mineralizações de cromita, sulfetos de metais base e EGP; para as rochas piroxeníticas destaca-se a favorabilidade para mineralizações de sulfetos de metais base e EGP. As mineralizações de Zn e Au estão relacionadas a remobilizações hidrotermais associadas a fraturamentos e falhamentos.

Prioriza-se em termos de pesquisa a Serra do Puma, Serra do Jacaré, Igarapé Carapanã e Serra do Jacarezinho. As características geotectônicas, litoestratigráficas e metalogenéticas dos corpos da Suíte Intrusiva Cateté permitem correlacioná-los a outros complexos máfico-ultramáficos portadores de jazidas magmáticas, tais como os complexos de Bushveld, Stillwater, Great Dyke, Muscox e Penikate.

1 - Introdução

Desde o século passado é reconhecida a vocação metalogenética dos corpos máfico-ultramáficos para armazenar importantes jazidas minerais, de Cr, Ni, Cu, Elementos do Grupo da Platina – EGP e óxidos de Fe, Ti e V. Nesse contexto, os corpos acamadados, são indiscutivelmente os que apresentam o maior potencial mineral. Vários exemplos são conhecidos, salientando-se como os mais importantes, os complexos de Bushveld (África do Sul), Stillwater (Estados Unidos), Sudbury (Canadá), Noril'sk (Rússia), Great Dyke (Zimbábwe), etc.

No Brasil, existem vários corpos máfico-ultramáficos com importantes depósitos minerais, como o de Niquelândia (Goiás), Campo Formoso (Bahia) Bacuri (Amapá) além de outros com promissores indícios em Goiás, Bahia e Pará.

Com o avanço tecnológico tem-se verificado nas últimas décadas o aumento da demanda dos minérios associados às rochas máfico-ultramáficas, particularmente dos Elementos do grupo da Platina - EGP. Neste caso, constatou-se nos últimos anos, no cenário minero-econômico mundial, uma

crescente demanda para EGP, com projeções de incremento de consumo em uma taxa de cerca de 3% ao ano, com preços elevados e com tendência ascendente.

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM – Serviço Geológico do Brasil, desde a época de sua fundação, tem dedicado especial atenção à pesquisa de jazimentos minerais associados a rochas máfico-ultramáficas e inúmeros empreendimentos foram realizados.

Neste sentido, visando descortinar o potencial metalogenético para depósitos magmáticos foram selecionados para estudos os corpos máfico-ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté (Serra do Puma, Igarapé Carapanã, Serra do Jacaré e Serra do Jacarezinho).

Este Informe Técnico apresenta as principais atividades desenvolvidas na Suíte Intrusiva Cateté - SIC, os dados físicos de produção, as características geológicas, as informações geoquímicas, a metalogénia, os resultados obtidos e as recomendações para o prosseguimento das pesquisas.

2 - Metodologia de Trabalho

A seqüência metodológica básica utilizada na pesquisa realizada nos corpos máfico-ultramáficos foi a seguinte:

- Aquisição de Dados – Essa etapa consistiu no levantamento das informações geológicas e afins, existentes sobre cada um dos corpos a serem pesquisados. Paralelamente, efetuou-se uma consulta bibliográfica sobre as características geotectônicas, estratigráficas, petrográficas, químicas e metalogenéticas dos principais tipos de corpos máfico-ultramáficos que contêm jazimentos magmáticos existentes no mundo, procurando-se correlacionar um desses modelos com o contexto geológico-metalogenético do alvo a ser trabalhado.

- Fotointerpretação Geológica – Nessa fase foram utilizadas fotografias aéreas convencionais, na escala 1:45.000, obtidos pela PROSPEC S.A. Geologia, Prospecções e Aerofotogrametria e ampliações dessas fotos na escala 1:13.700 (aproximadamente); fotografias aéreas convencionais, na escala de 1:100.000, executadas pelo Convênio Força Aérea Brasileira/Plano de Dinamização da Cartografia; imagens de radar nas escalas de 1:250.000 e de 1:100.000, obtidas pelo Projeto RADAM; imagens de satélite LANDSAT TM-5 (bandas 3, 4 e 5) nas escalas de 1:250.000 e de 1:100.000; base planimétrica do IBGE na escala 1:100.000. Baseado no material cartográfico descrito e nos dados obtidos anteriormente, foi confeccionado um mapa fotogeológico na escala 1:20.000, utilizando-se o clássico método das “chaves”.

- Planejamento dos Trabalhos de Campo – Baseado nos dados adquiridos nas etapas anteriores foram elaborados, para cada alvo, os seguintes mapas de serviço, na escala de 1:20.000: litológico, estrutural, topográfico e logístico.

- Trabalhos de Campo – Inicialmente constaram de abertura de picadas transversais, espaçadas de 2 km, ao longo de cada corpo máfico-ultramáfico. Em seguida, efetuou-se o levantamento topográfico das picadas e das estradas existentes na

área de pesquisa. Finalmente, foi executado um mapeamento geológico convencional, na escala de 1:20.000, pelo método das sessões, ao longo das picadas e das estradas mencionadas. O levantamento geológico incluiu verificações de campo em pontos geológicos estratégicos e nos locais delimitados pela interpretação fotogeológica.

- Análises Petrográficas – As lâminas petrográficas foram confeccionadas no Laboratório Central de Análises Mineraias – LAMIN (CPRM-Rio de Janeiro), no Laboratório do Escritório de Itaituba, na Seção de Laboratório da CPRM-Belém. Os estudos petrográficos foram realizados pelos geólogos Xafi da Silva Jorge João e Edésio Maria Buenano Macambira.

- Amostragem Geoquímica – Essa metodologia foi baseada na coleta de solos, sedimentos de corrente, concentrados de solo e concentrados de aluvião. Os solos e concentrados de solos foram amostrados em uma mesma estação geoquímica, espaçados de 50 m, ao longo das mencionadas picadas transversais, seccionando o corpo máfico-ultramáfico, inclusive abrangendo uma representatividade dos solos originados das rochas encaixantes. Os solos foram coletados a uma profundidade de 20 cm, correspondendo ao topo do horizonte B. A amostragem de concentrados de solo foi feita através de trado manual, que alcançava uma profundidade de 40 a 50 cm (porção superior do horizonte B), de onde se obtinha cerca de 20 litros, que eram bateados até alcançar-se um volume de aproximadamente 1 litro de concentrado. Os sedimento de corrente e os concentrados de aluvião foram coletados em um mesmo ponto. Esses pontos foram selecionados estrategicamente, sendo que cada ponto abrange uma área de captação de 1 e 2 km² e distribuídos de maneira que cubrisse todo o alvo prospectado. Nessa amostragem, tanto para os sedimentos de corrente como para os concentrados de aluvião utilizou-se amostras compostas.

- Análises Geoquímicas – Os solos, os sedimentos de corrente, os concentra-

dos de solos e os concentrados de aluvião foram analisados no LAMIN, por Absorção Atômica para Cu, Ni, Co, Cr e Zn.

- Os Elementos do Grupo da Platina – EGP e Au foram pré-concentrados por Ensaio de Fusão e determinados por Absorção Atômica, (LAMIN e Laboratório GEOLAB, da empresa GEOSOL - Geologia e Sondagem Ltda.).

- Os concentrados de solo e de aluvião foram analisados no LAMIN, por via mineralógica específica para Minerais do

Grupo da Platina - MGP e associados.

- As partículas de MGP foram estudadas por Microscopia Eletrônica de Varredura com o instrumento Zeiss 940, com Espectroscopia por Dispersão de Energia na Pontifícia Universidade Católica, no Rio de Janeiro.

- Os dados acima foram catalogados, integrados e interpretados com a utilização de técnicas computadorizadas, particularmente, o programa NEWPET (Clarke, 1993).

3 - Dados Físicos de Produção

Com base nas atividades executadas apresenta-se a **Tabela 1**, que contém os principais dados de produção.

TABELA 1 - DADOS FÍSICOS DE PRODUÇÃO

ALVO	Área prospectada (Km ²)	Quilômetros de picada aberta	Quilômetros de levantamento topográfico	Estações Geológicas Descritas	Amostras Coletadas				Análises			
					Rocha	Solo	Sed. Corrente	Conc. de Solo	Conc. de Aluvião	Petrográfica	Mineralógica	Geoquímica (determinações)
Serra do Puma	86,42	25,20	46,58	164	188	269	27	269	27	165	296	3.848
Igarapé Carapanã	104,46	22,68	40,98	82	96	197	20	197	20	71	217	2.821
Igarapé Maguari	339,18	11,80	27,92	46	36	-	66	-	66	33	66	858
Serra do Jacarezinho	271,26	28,25	59,17	128	154	219	44	219	44	156	263	3.419
Serra do Jacare	235,33	29,60	40,80	161	171	569	25	569	25	172	594	7.722
TOTAIS	1.036,65	117,53	215,45	581	645	1254	182	1254	182	597	1.436	18.698

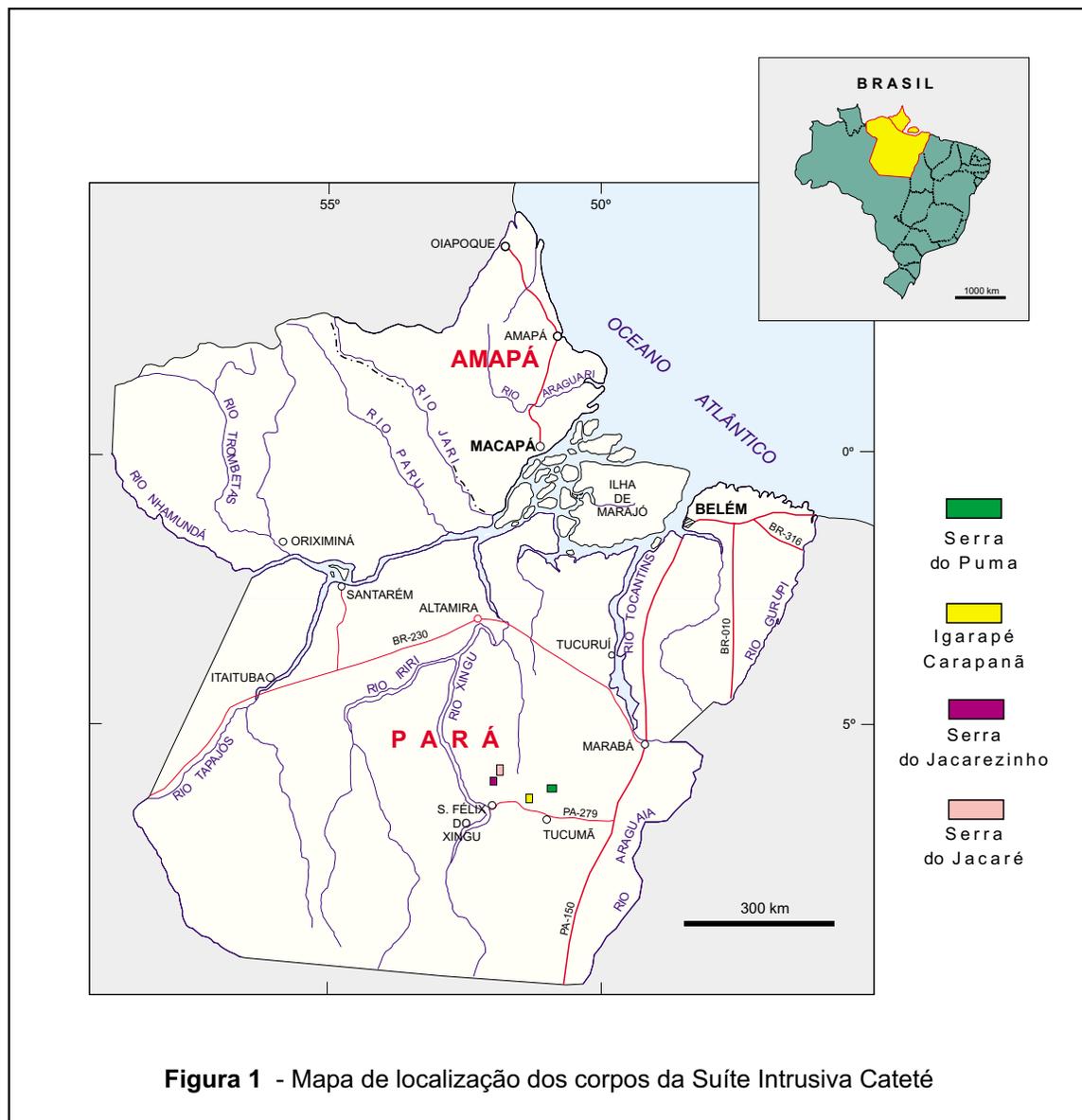
4 - Localização e Acesso

Os alvos de pesquisa estão localizados na região sudeste do Estado do Pará (Figura 1).

A cidade de Tucumã é o principal ponto de apoio logístico à área de trabalho e pode ser alcançada por linhas aéreas regulares e pela Rodovia PA-279, a qual está conectada à malha rodoviária nacional. O acesso aos alvos de pesquisa pode ser feito a partir de Tucumã, através de uma diversifi-

cada rede de estradas secundárias, conforme mostrado na (Figura 2).

Sob o ponto de vista geopolítico as porções leste e oeste da Serra do Puma, enquadram-se na Área Indígena do Cateté e no município de Parauapebas, respectivamente. Os demais alvos pesquisados, Igarapé Carapanã, serra do Jacaré e serra do Jacarezinho, localizam-se no município de São Félix do Xingu.



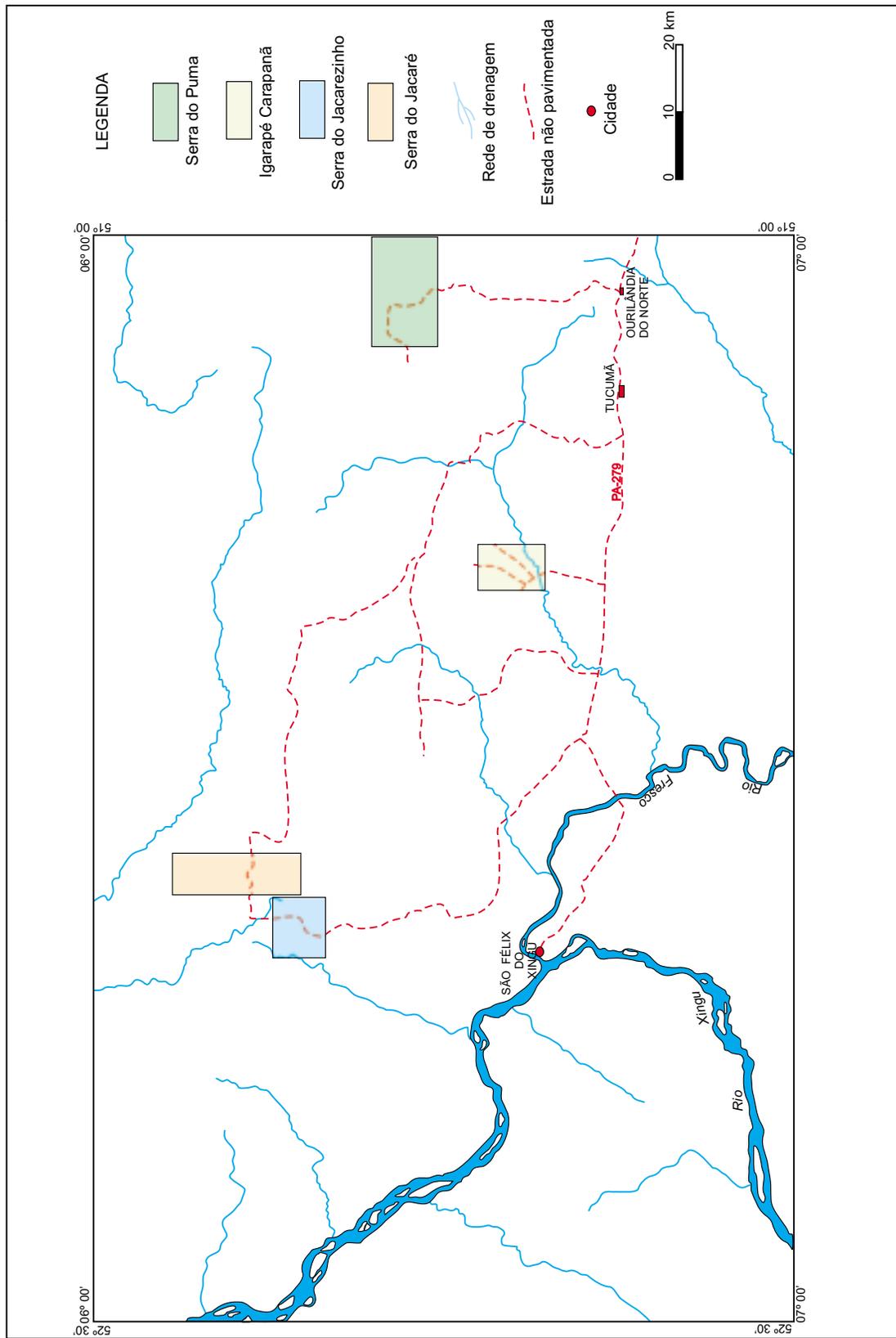


Figura 2 - Mapa de acesso aos alvos de pesquisa Cateté

5 - Arcabouço Geológico Regional

5.1 COMPARTIMENTAÇÃO GEOTECTÔNICA

Os trabalhos de mapeamentos geológicos executados pela CPRM (1991 e 1997) apresentam uma revisão atualizada do conhecimento geológico da região e portanto são tomados como referências básicas para este capítulo.

Do ponto de vista geotectônico, a Suíte Intrusiva Cateté - SIC está localizada na porção sudeste do Cráton Amazônico (Almeida et al., 1976). Na articulação de blocos crustais proposta por Hasui et al. (1984) para a região Amazônica (**Figura 3**), a SIC situa-se na região central do Bloco Araguacema. De acordo com os levantamentos geológicos executados nas regiões de São Félix do Xingu (CPRM, 1997) e da Serra dos Carajás (CPRM, 1991), destacam-se as seguintes unidades geotectônicas: o Terreno Granito-*Greenstone* do Sul do Pará, o Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas e a Bacia do Médio Xingu, além de corpos intrusivos e coberturas cenozóicas (**Figura 4**). O arranjo estratigráfico das unidades presentes na região enfocada consta na **Tabela 2**.

5.1.1 TERRENO GRANITO-GREENSTONE DO SUL DO PARÁ

O Terreno Granito-*Greenstone* do Sul do Pará ocorre como uma faixa segundo a direção NW-SE e posicionada na porção sul-sudeste da área em estudo. Essa unidade, formada e tectonicamente estabilizada no Arqueano (Macambira & Lafon, 1995) é constituída por um conjunto de granitóides e rochas supracrustais que esboçam um padrão anastomosado. As rochas supracrustais estão representadas por uma seqüência metavulcano-sedimentar, denominada de Grupo Tucumã (CPRM, 1991) composta essencialmente de xistos, filitos, quartzitos, *banded iron formation - BIF* e conglomerados. Intrusivos nessa seqüência ocorrem granodioritos, tonalitos e monzogranitos, que compõem a unidade chamada de Granodiorito Rio Maria (Dall'Agnol et al., 1986). A estruturação interna do Terreno Granito-*Greenstone* do Sul do

Pará é definida por zonas de cisalhamento oblíquas e transcorrentes, cujas relações geométricas esboçam um quadro definido como hemiflores positivas.

5.1.2 CINTURÃO DE CISALHAMENTO ITACAIÚNAS

O Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas ocupa a maior porção da região enfocada e limita ao norte e a oeste o Terreno Granito-*Greenstone* do Sul do Pará. De acordo com CPRM (1997) é considerado como uma estrutura arqueana, disposta segundo a direção E-W e composta por um domínio imbricado e por dois domínios transcorrentes (N-S e E-W).

O domínio imbricado apresenta-se estruturado na direção E-W e está estratigraficamente constituído, da base para o topo, pelo Complexo Pium (Araújo et al., 1988), Grupo Sapucaia (CPRM, 1991) e Complexo Xingu (CPRM, 1991). A unidade Pium é composta por kinzigitos, piriclasitos e granoblastitos, dispostos em forma de faixas orientadas segundo a direção geral do Cinturão Itacaiúnas. O Grupo Sapucaia ocorre também como faixas orientadas segundo a direção E-W, litologicamente constituídas por xistos, filitos, quartzitos e *BIF*. O Complexo Xingu é a unidade de maior extensão no domínio imbricado sendo composto por gnaisses e migmatitos de natureza granítica, granodiorítica e tonalítica, com enclaves anfíbolíticos. A arquitetura interna do domínio imbricado é fornecida por zonas de cisalhamento com caráter de cavalgamento oblíquo, de direção geral WNW-ESE e com fortes mergulhos ($>70^{\circ}$) para NNE.

O domínio transcorrente E-W está constituído pelos Grupos Grão-Pará (Araújo et al., 1988), Aquiri (Soares et al., 1988) e São Sebastião (CPRM, 1997), que ocupam a porção norte da região em estudo. Essas unidades são compostas por intercalações de rochas metavulcânicas félsicas e máficas, com rochas metassedimentares (quartzitos e *BIF*). Nesses conjuntos rochosos estão presentes zonas de cisalhamento de movimentação cavalgante oblíqua. Es-

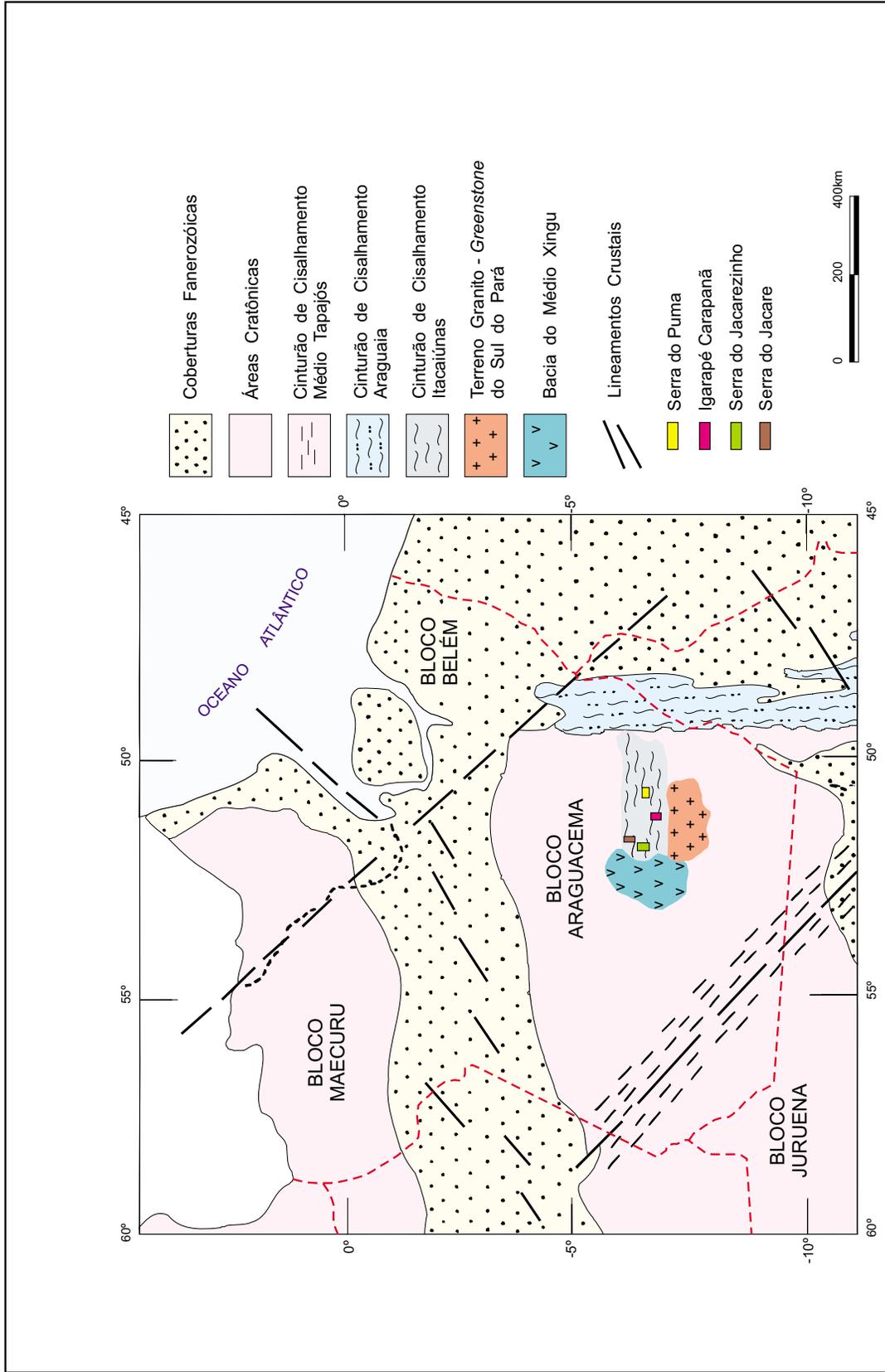


Figura 3 - Compartimentação Geotectônica do Sudeste da Amazônia (Adaptado de Hasui et al., 1984).

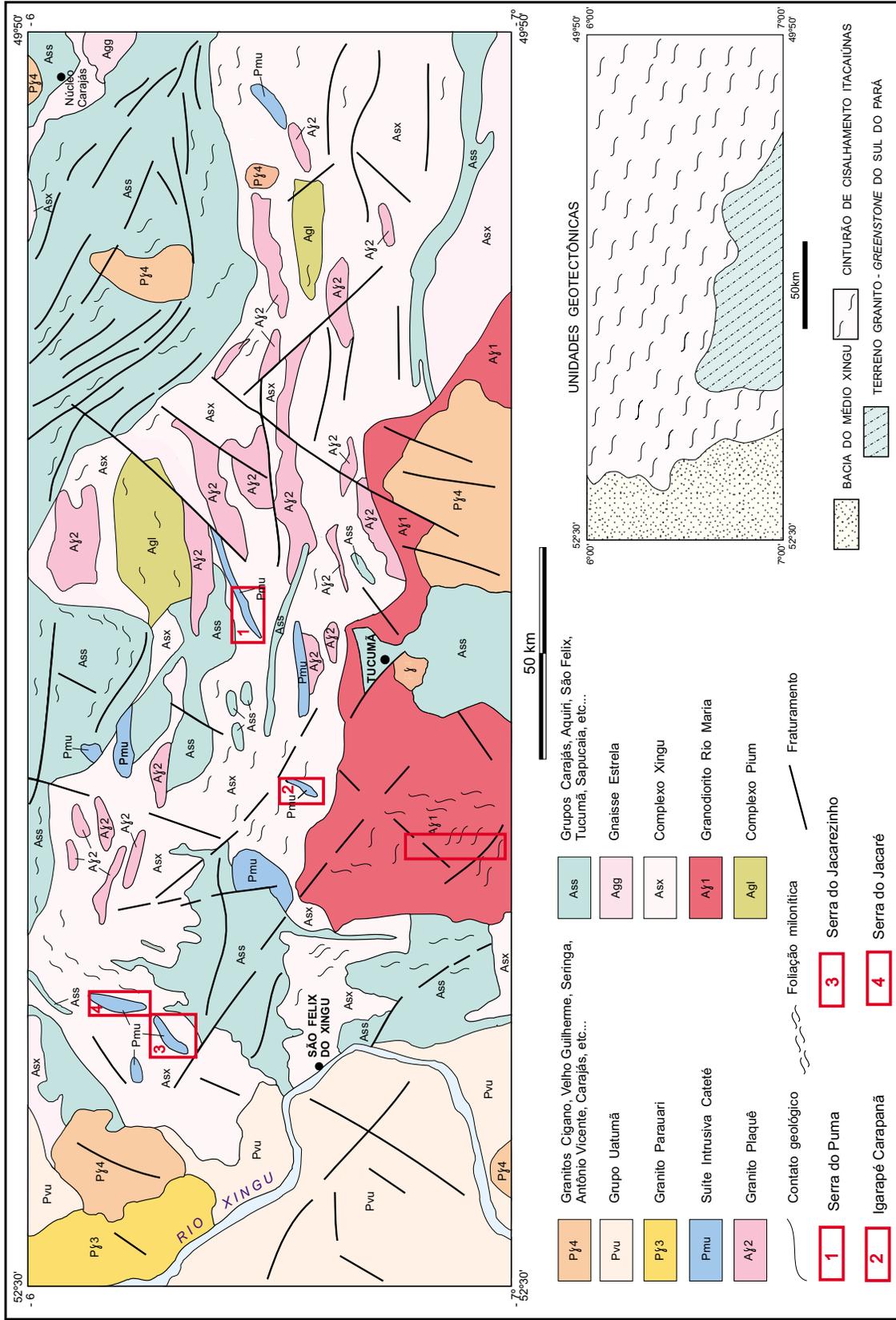
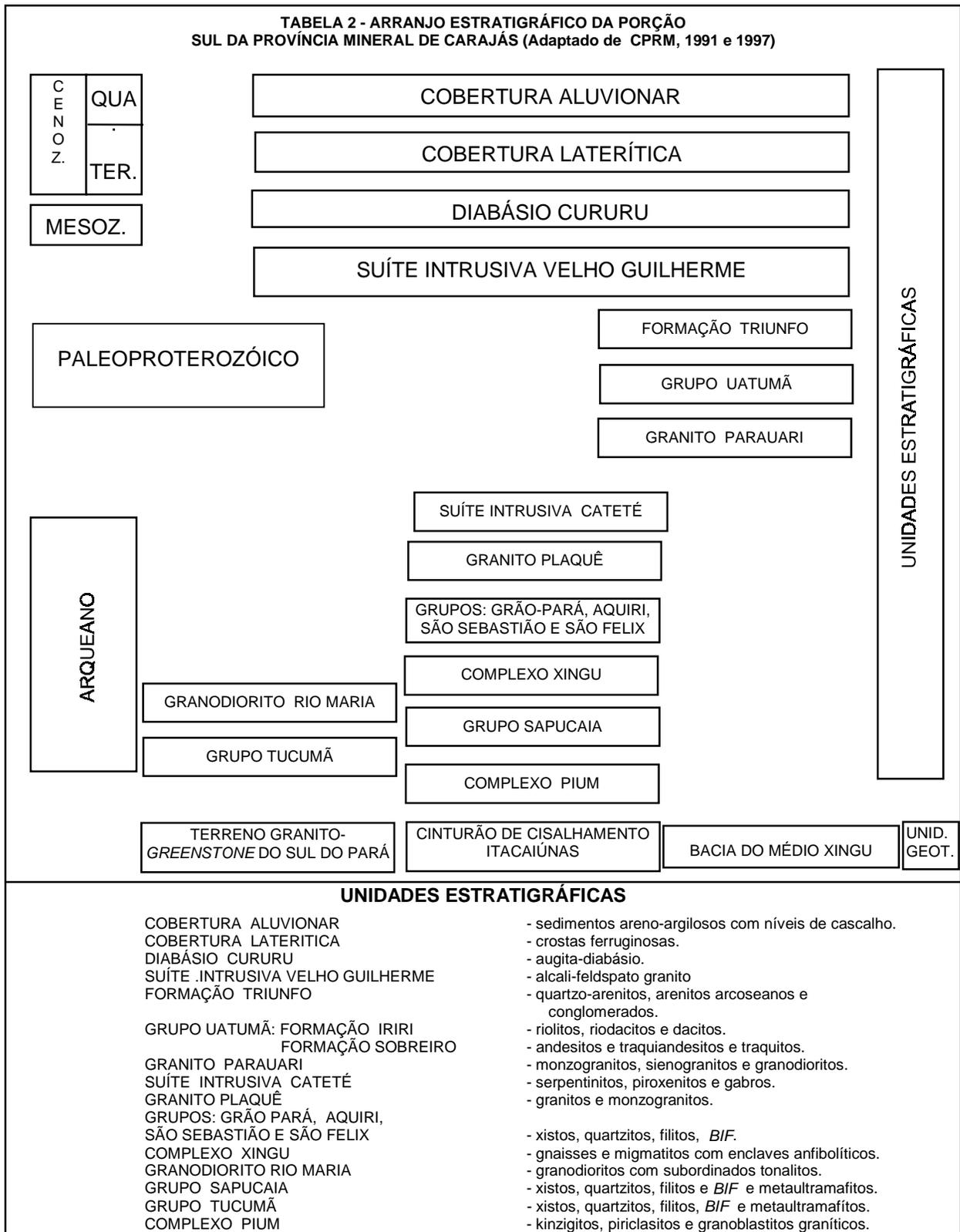


Figura 4 - Mapa Geológico Simplificado da parte Sul da Província Mineral da Carajás (Adaptado de CPRM, 1997 e CPRM, 1991).

TABELA 2 - ARRANJO ESTRATIGRÁFICO DA PORÇÃO SUL DA PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS (Adaptado de CPRM, 1991 e 1997)



As zonas estão dispostas segundo um padrão estrutural elíptico, assimétrico, que apresenta internamente uma configuração divergente, com fortes mergulhos em direção ao centro do embaciamento. A disposição estrutural das zonas de cisalhamento constitui uma arquitetura que se assemelha a duplexes compressivos.

O domínio transcorrente N-S dispõe-se em forma de uma faixa na porção centro-oeste da região enfocada. Está constituído pelo Grupo São Félix (CPRM, 1997) litologicamente composto por rochas metassedimentares, metavulcanitos félsicos e máficos, com ultramafitos subordinados. Sob o ponto de vista estrutural, as zonas de cisalhamento que caracterizam o domínio transcorrente N-S dispõem-se segundo uma estrutura *pull-apart*. Esta é composta por dois embaciamentos, formados por rochas do Grupo São Félix separadas por um alto estrutural do Complexo Xingu. Nos embaciamentos, as zonas de cisalhamento dispõem-se segundo a direção N-S, e com fortes mergulhos ($>70^{\circ}$) em direção ao centro das estruturas.

Intrusivo nos mencionados domínios estruturais, encontra-se o Granito Plaquê (CPRM, 1997). Ocorre sob a forma de corpos lenticulares, estratóides, orientados segundo os principais *trends* estruturais (N-S e E-W) do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas. Composicionalmente tratam-se de granitos e monzogranitos com texturas miloníticas a protomiloníticas.

5.1.3 BACIA DO MÉDIO XINGU

Está situada na porção oeste da região em estudo, ao longo da bacia do rio Xingu. É considerada de idade proterozóica (CPRM, 1997). A unidade estratigráfica basal da Bacia do Médio Xingu é o Grupo Uatumã (Caputo et al., 1972). A sua porção inferior é composta pela Formação Sobreiro (IDESP, 1972), constituída por andesitos, traquiandesitos e traquitos. Sobrejacente encontra-se a Formação Irii (SUDAM, 1972), representada por riolitos, riocacitos, dacitos e tufos intercalados. Ainda compondo a Bacia do Médio Xingu, são observadas as rochas da Formação Triunfo (BRASIL. Projeto RADAM, 1974), as quais

constituem corpos isolados, assentados discordantemente sobre o Grupo Uatumã e formados por arenitos, arcósios e leitos conglomeráticos subordinados.

5.1.4 CORPOS INTRUSIVOS PROTEROZÓICOS

Apresentam uma ampla distribuição na região considerada, cortando as unidades geotectônicas descritas e representados pela Suíte Intrusiva Cateté (CPRM, 1997), pelo Granito Parauari (BRASIL. Projeto RADAM, 1975), e pela Suíte Intrusiva Velho Guilherme (CPRM, 1997).

A Suíte Intrusiva Cateté consiste em uma dezena de corpos alongados, de natureza máfico-ultramáfica, que recebem a denominação de Serra do Puma, Serra do Jacaré, Serra do Jacarezinho, Igarapé Carapanã etc., além da Serra da Onça e outros corpos sem denominação formal. São constituídos por serpentinitos, piroxenitos e gabros, dispostos de maneira acamada, com os termos máficos sobrepostos aos ultramáficos. Esses corpos estão orientados segundo as direções N-S e E-W, obedecendo aos principais *trends* estruturais do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas.

O Granito Parauari constitui um corpo de forma subcircular, com cerca de 15 km de diâmetro, que ocorre na bacia do rio Xingu cortando rochas vulcânicas do Grupo Uatumã. Litologicamente o Granito Parauari é composto de monzogranitos, sienogranitos e granodioritos, segundo uma ordem decrescente de abundância.

A Suíte Intrusiva Velho Guilherme é composta pelos maciços Velho Guilherme, Antonio Vicente, Bom Jardim, Mocambo e Serra Queimada, além de outros menores sem designação formal. Esses corpos estão alojados nas diversas unidades estratigráficas que compõem a região enfocada. Possuem forma subcircular, cujas dimensões variam de 3 a 12 km de diâmetro. Composicionalmente são constituídos por álcali-feldspato granitos, biotita-granitos, hornblenda-granitos e sieno-granitos. Essas rochas exibem algumas características rapakivíticas e vocação metalogenética estanífera.

5.1.5 CORPOS INTRUSIVOS MESOZÓICOS

Segundo BRASIL. Projeto RADAM-BRASIL (1980), os corpos intrusivos mesozóicos ocorrem sob a forma de diques os quais estão agrupados sob a denominação de Diabásio Cururu. Os diques distribuem-se na porção cratônica enfocada e estão cortando as diversas unidades estratigráficas mencionadas. Os diques exibem comprimentos de poucas dezenas de metros, espessuras de 10 a 30 m e mergulhos sub-verticais. Estão dispostos predominantemente segundo NNE-SSW, NW-SE e E-W, obedecendo as principais direções de fraqueza estrutural. Trata-se predominantemente de augita-diabásios, com textura ofítica a subofítica.

5.1.6 COBERTURAS CENOZÓICAS

As coberturas sedimentares cenozóicas são freqüentemente observadas por toda a região da serra da Onça. Ocorrem em forma de camadas que se assentam discordantemente sobre as diversas unidades estratigráficas. Podem ser divididas em dois grupos, sendo um de natureza laterítica e o outro colúvio-aluvionar.

As coberturas cenozóicas lateríticas estão representadas por crostas ferruginosas, as quais ocupam as regiões topograficamente elevadas e são consideradas como de idade terciária inferior. Os depósitos coluvionares e aluvionares são mais freqüentes, considerados de idade quaternária, e estão associados, respectivamente, às encostas e ao atual sistema de drenagem.

5.2 EVOLUÇÃO LITOESTRUTURAL

Entre as mais antigas evidências geológicas detectadas nessa porção do Cráton Amazônico salientam-se os zircões de metavulcânicas ácidas (Supergrupo Andorinhas) pertencentes ao Terreno Granito-Greenstone do Sul do Pará. Esses minerais foram datados por Pimentel & Machado (1994), pelo método Pb/Pb e forneceram uma idade de 2,97 Ga, o que corresponde ao Arqueano Superior. Ainda nessa época, na região ao sul de Tucumã (CPRM, 1997), no domínio da unidade

granito-greenstone desenvolveram-se processos distensivos, que resultaram em adelgaçamento crustal e embaciamento o qual acolheu a seqüência vulcano-sedimentar que originou o Grupo Tucumã. O vulcanismo foi predominantemente máfico, com intercalações de pulsos ultramáficos nos primeiros estágios e derrames félsicos nos estágios finais. As atividades vulcânicas foram gradativamente intercaladas e substituídas por sedimentação química e detrítica, atestada pelas camadas de BIF e de quartzitos.

Nos estágios finais da sedimentação, ocorreu intensa atividade granitogênica, cujos produtos atuais estão representados pelo Granodiorito Rio Maria. Estudos geocronológicos efetuados por Macambira & Lancelot (1991) revelaram que a colocação desses corpos efetuou-se há 2,87 Ga. Esses maciços graníticos alojaram-se nas rochas do Grupo Tucumã, deformando-as, deslocando-as e, em alguns casos, fragmentando-as.

Para a região de São Félix do Xingu-Tucumã, Costa et al. (1993) citam que “durante a fase de transtensão, provavelmente instalaram-se pequenas bacias separadas por segmentos retos e por corpos de granitóides.” Ainda segundo os mencionados autores seguiu-se uma “fase de transpressão, ligada à atuação de um binário dextral WNW-ESE, o qual impôs a inversão das bacias, com conseqüente deformação das unidades de rochas supracrustais e dos granitóides adjacentes.” A inversão da antiga bacia Tucumã efetuou-se em um regime de cavalgamento oblíquo, com o estabelecimento de zonas de transcorrências e de cisalhamentos dúcteis. Essas feições foram organizadas em um contexto de hemiflores positivas. O quadro evolutivo descrito, juntamente com a sucessão estratigráfica observada e a configuração anastomosada apresentada pelos granitóides e pelas supracrustais, conferem para essa porção cratônica um padrão característico dos *greenstone belts*.

Ainda no Arqueano Superior, as forças compressivas oblíquas atuando NE-SW produziram movimentos cavalgantes, que resultaram no Cinturão de Cisalhamen-

to Itacaiúnas (CPRM, 1991). Esse, disposto segundo a direção E-W, é caracterizado por movimentação sinistral e com deslocamento de massas de SW para NE. O cisalhamento atingiu as rochas preexistentes, particularmente as constituintes do descrito *greenstone belt*. O movimento cavalgante atingiu grandes profundidades crustais, envolvendo grandes volumes rochosos, inclusive atingindo a crosta inferior, a qual foi fragmentada e alçada a níveis crustais superiores, estando atualmente representada pelo Complexo Pium.

Grandes porções das seqüências metavulcano-sedimentares do *greenstone belt* foram afetadas pelos movimentos cavalgante-cisalhantes. Em consequência, foram fragmentadas, retrabalhadas e rotacionadas para a direção geral (E-W) e, atualmente, estão representadas pelas faixas do Grupo Sapucaia.

O evento cisalhante atingiu indiscriminadamente os granitóides preexistentes e resultou em grandes extensões de rochas gnáissicas e migmatíticas, as quais constituem atualmente o Complexo Xingu. Estudos geocronológicos efetuados por Pimentel & Machado (1994), revelaram para o Complexo Xingu uma idade de 2,97 Ga.

Os estágios finais da evolução do Cinturão Itacaiúnas corresponderam à implantação de grandes embaciamentos transcorrentes E-W que abrigam as rochas dos grupos Grão-Pará, Aquiri e São Sebastião. Concomitante ou posteriormente ao desenvolvimento das transcorrências E-W, implantou-se o embaciamento transcorrente N-S, atualmente representado pelo Grupo São Félix. Nos citados embaciamentos, verificou-se uma sedimentação clástica e química, associada a um vulcanismo basáltico, com subordinadas participações félsicas e ultramáficas.

Relacionado ainda ao Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas, está o Granito Plaquê. Os estudos desenvolvidos por Araújo et al. (1988) e Macambira et al. (1996) sugerem *emplacement* em condições magma-tectônicas, sincinemáticas a tardicinemáticas, de natureza sincolisional, em regime de cisalhamento dúctil. Segundo

os autores, o referido granito é produto de fusão parcial de protólitos do Complexo Xingu, por ocasião da instalação do Cinturão Itacaiúnas. Recentes estudos geocronológicos efetuados por Avelar (1996) revelaram para a unidade Plaquê uma idade de 2.729 ± 29 Ma.

Ao final do Arqueano encerraram-se os movimentos compressivos e, com o início do Proterozóico, retornou o regime distensivo. Costa et al. (1991) sugerem que as anisotropias criadas pelos eventos arqueanos (fraturas e zonas de cisalhamento) devem ter facilitado a implantação de estruturas extensionais. Esses movimentos atingiram toda a porção cratônica em estudo porém, com maior intensidade, a região do rio Xingu, onde se implantou a Bacia do Médio Xingu. Essa caracteriza-se por derrames de natureza andesítica da Formação Sobreiro, seguidos de vulcanismo ácido que gerou a Formação Iriri. Posteriormente, ocorreu uma sedimentação detrítica da Formação Triunfo.

Ainda segundo os mencionados autores, o estiramento sofrido por essa porção da crosta permitiu a reativação e anisotropias crustais. Essas, sincronicamente com o adelgaçamento litosférico, causaram a ascensão dos produtos ígneos, os quais geraram corpos magmáticos. Os frutos desse mecanismo seriam os corpos da Suíte Intrusiva Cateté, o Granito Parauri e os diversos maciços graníticos que compõem a Suíte Intrusiva Velho Guilherme.

No Mesozóico verificou-se uma retomada dos movimentos distensivos e a reativação de antigas zonas de fraqueza crustal. Em consequência, verifica-se a recorrência de magmatismo básico, atestado pelos diques do Diabásio Cururu. Datações efetuadas por Basei (1973), Amaral (1974) e BRASIL. Projeto RADAM (1975), em diabásios do Cráton Amazônico, forneceram idades que oscilaram entre 134 e 222 Ma. Estes valores abrangem do Neo-Paleozóico ao Eo-Cretáceo, predominando entretanto, os situados no Mesozóico.

Concluindo o quadro evolutivo, o Cenozóico foi caracterizado pelo desenvol-

vimento de extensas coberturas lateríticas e de depósitos colúvio-aluvionares relacionados, respectivamente, à implantação das

superfícies erosivas terciárias e ao estabelecimento do atual sistema de drenagem.

6 - Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra do Puma

6.1 GENERALIDADES

O Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra do Puma-CMSP exibe uma forma alongada, com cerca de 27 km de extensão e uma largura variável de 1,5 a 2,5 km, disposto segundo ENE-WSW (**Figura 5**).

Segundo a base planimétrica elaborada pelo IBGE (SB.22-Y-B), o ponto culminante da serra do Puma é de 457 m. Em certos trechos da serra o desnível topográfico, em relação às áreas aplainadas circunvizinhas, é da ordem de 100 m e em outros é de 200 m.

Dos 27 km de extensão do corpo máfico-ultramáfico, cerca de 17 km estão abrangidos pela Reserva Indígena do Cateté. Apesar dos esforços empreendidos pela CPRM junto à Fundação Nacional do Índio-FUNAI, não se obteve permissão para a execução de trabalhos prospectivos na porção da serra do Puma, compreendida pela mencionada reserva. Dessa maneira, os dados apresentados referem-se aos 10 km de extremidade oeste do CMSP, onde se efetivaram os trabalhos de campo. Portanto, a área em estudo abrange cerca de 86,42 km², limitada pelos paralelos 6° 26' 30" e 6° 30' 00" de latitude sul e pelos meridianos 51° 01' 37" e 51° 02' 39" de longitude oeste.

Nos limites da área trabalhada a serra do Puma exibe um relevo de "cuesta" com as "frentes de cuesta" voltadas para o norte. Entretanto, no domínio da Reserva Indígena do Cateté, o perfil de "cuesta" torna-se descaracterizado e em direção à extremidade leste da serra, adquire um relevo de "serra de topo plano", com aspecto que se assemelha a um platô.

A vegetação predominante na área do CMSP é típica de Floresta Aberta Latifoliada, bem desenvolvida, com uma grande variedade de espécies, constituídas por árvores de grande porte. Localmente, nas regiões topograficamente mais elevadas, verifica-se a presença de uma vegetação de porte médio, mais arbustiva, mais fechada e com o desenvolvimento e bambuzais e cipoais. Observa-se também uma

contínua substituição da vegetação nativa por pastagens e culturas. Sob o ponto de vista hidrográfico a região de serra do Puma situa-se na bacia do rio Cateté, sendo o igarapé Mutum o principal curso d'água na área de pesquisa.

Segundo o Atlas Climatográfico da Amazônia Brasileira (SUDAM, 1984) a região do CMSP caracteriza-se por uma precipitação pluviométrica média anual em torno de 2.000 mm; uma temperatura média anual de 25° C e umidade relativa média anual de 85%. Baseado nos dados acima, a região em estudo pode ser enquadrada no tipo Am, (Köppen, 1948). Trata-se de um clima tropical úmido, com a temperatura média do mês mais frio nunca inferior a 18° C; é um clima de monção com intensas precipitações durante alguns meses, compensadas por um curto período com precipitação inferior a 60 mm.

O solo desenvolvido sobre as rochas máfico-ultramáficas da serra do Puma é do tipo Latossolo Vermelho Escuro. Está constituído por um horizonte A, de coloração marrom-avermelhada, orgânico, argiloso, plástico e com espessura de cerca de 30 cm; o horizonte B exibe uma espessura de 1 a 2 m, uma coloração marrom avermelhada escura, argiloso e uma estrutura moderada em blocos subangulosos; um horizonte C, pouco desenvolvido (30 a 50 cm de espessura), de coloração cinza-avermelhada, argiloso, plástico e preservando as estruturas originais da rocha-mãe. As rochas encaixantes do corpo máfico-ultramáfico são constituídas por granitos, gnais e migmatitos, os quais evoluem para Latossolo Vermelho Amarelo. Trata-se de um solo bem desenvolvido, de natureza argilo-arenosa, profundo, no qual estão bem representados os horizontes A, B e C.

6.2 ASPECTOS LITOESTRATIGRÁFICOS

De uma maneira resumida, pode-se citar que o Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra do Puma apresenta em superfície uma forma alongada segundo a direção ENE-WSW, encaixado no Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas. Com a execução do mapeamento geológico (**Figura 6**) conse-

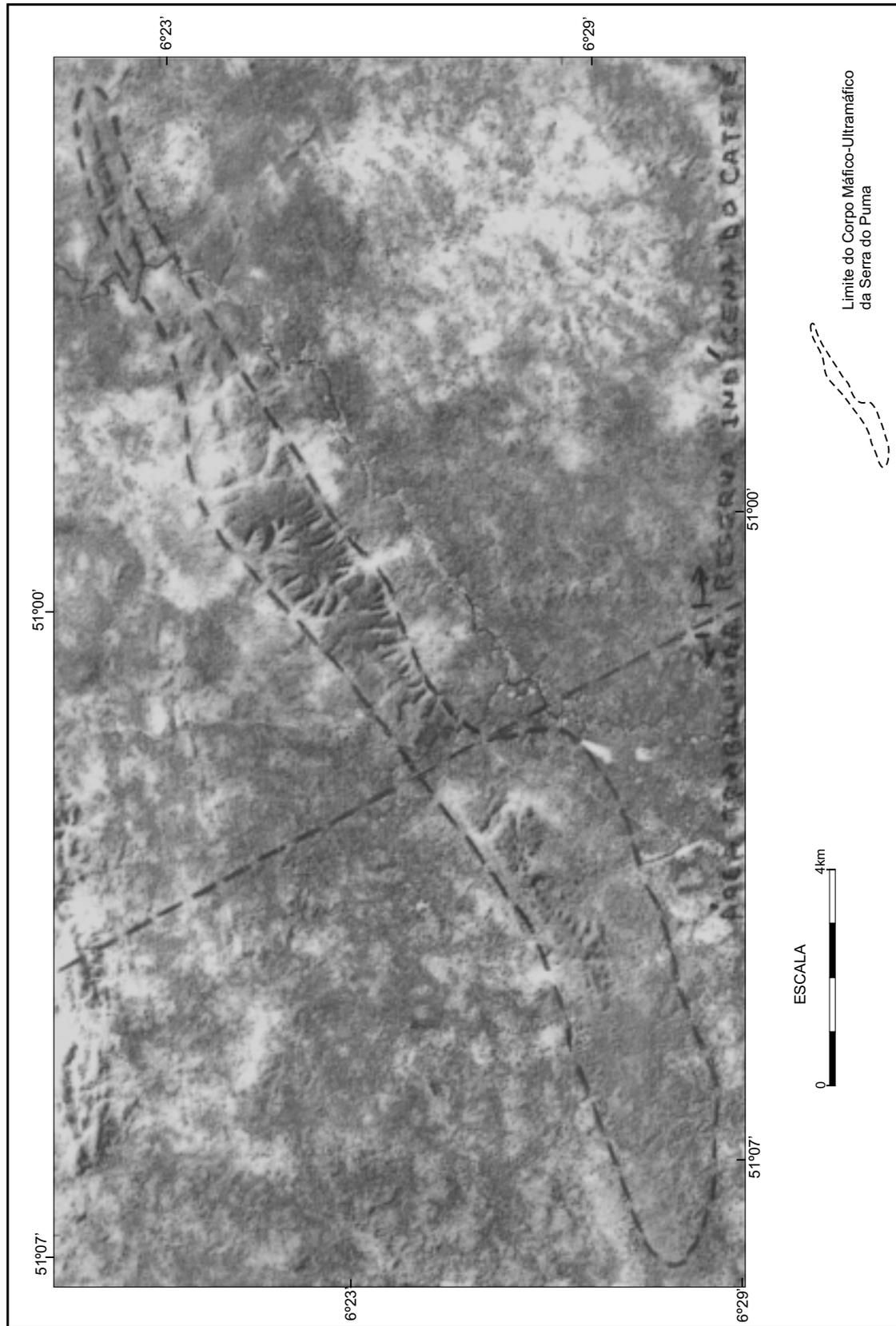


Figura 5 - Imagem de Satélite LandSat, Canal 4 - Serra do Puma

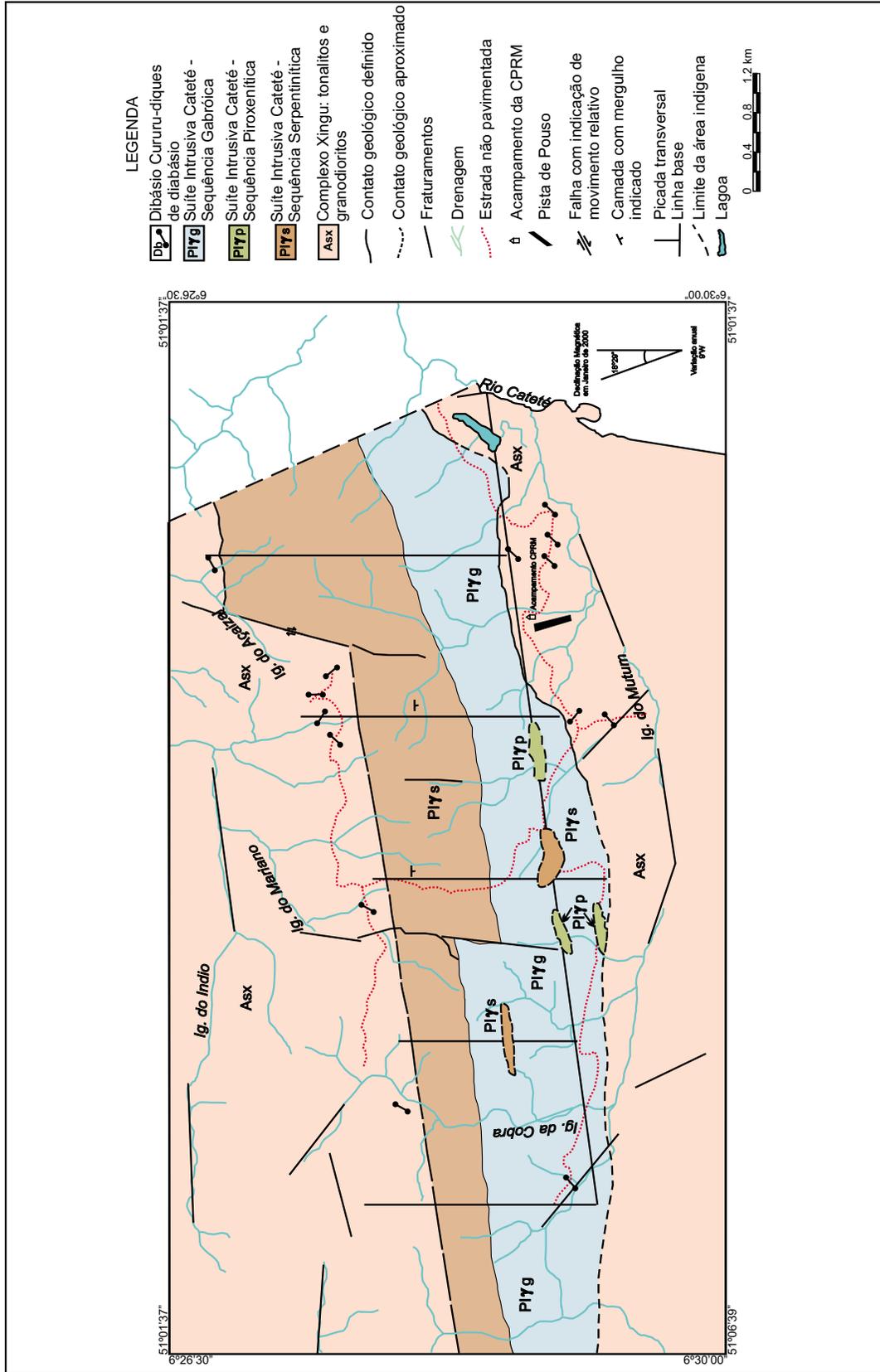


Figura 6 - Mapa Geológico do Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra do Puma

guiu-se estabelecer a seguinte seqüência estratigráfica: (da base para o topo): Complexo Xingu, Granito Plaquê, Suíte Intrusiva Cateté, Corpos Intrusivos Ácidos, Diabásio Cururu, Cobertura Laterítica e Cobertura Colúvio-Aluvionar.

As rochas encaixantes do Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra do Puma são constituídas por rochas arqueanas do Complexo Xingu e do Granito Plaquê.

O Complexo Xingu é a unidade estratigráfica que ocupa a maior porção em área no polígono de pesquisa. São rochas de tonalidades cinza clara a cinza escura, faneríticas, de granulação fina a grossa, com estruturas foliadas a bandadas. Tratam-se essencialmente de gnaisses com variadas intensidades de migmatização. Nesse contexto ocorrem típicas estruturas nos estágios metatexitos e diatexitos. De uma maneira generalizada essas rochas exibem uma característica deformação milonítica, principalmente no estágio protomilonítico. Mineralogicamente são constituídas por plagioclásio, quartzo, microclina, biotita, hornblenda, muscovita, epidoto, opacos, titanita, apatita e zircão, em uma generalizada ordem decrescente de abundância. Os minerais citados encontram-se organizados principalmente em texturas granoblásticas e porfiroblásticas. Essas rochas exibem composições granodioríticas a tonalíticas, sendo essa última a mais abundante, apresentando inclusive a variação leucotonalito (EM-296).

Associados a rochas do Complexo Xingu foram observados pequenos afloramentos de anfibólitos. São rochas com textura nematoblástica, constituídas essencialmente de hornblenda e quartzo (EM-315). Ocorrem como enclaves, geralmente de dimensões inferiores a 1 m, em meio aos tonalitos e granodioritos. Relacionados também à unidade Xingu foram observadas pequenas exposições de actinolita-xisto (EM-384), metagranófiro (EM-347C) e gon-dito (EM-385b).

O Granito Plaquê está presente na área de trabalho em raras exposições, não mapeáveis na escala de trabalho. Em um desses afloramentos (EM-325), situado

próximo ao rio Cateté, podem ser observados leucogranitos e leucosieno-granitos, com textura milonítica e mineralogicamente constituídos de plagioclásio, microclina, quartzo, muscovita e opacos.

A unidade litoestratigráfica mais importante na área de trabalho é a Suíte Intrusiva Cateté, de idade paleoproterozóica, que é representada pela serra do Puma. Está constituída de serpentinitos, peridotitos, piroxenitos, gabros e diabásios.

A seqüência serpentinitica constitui uma faixa de direção ENE-WSW, que corresponde à borda norte da serra do Puma, apresenta as maiores altitudes topográficas e exibe uma largura crescente de oeste (600 m) para leste (2.200 m). Duas pequenas faixas serpentiniticas foram delimitadas no domínio das rochas gabróicas. Essas faixas apresentam um comprimento de cerca de 800 m e dispõem-se de maneira paralela a principal faixa serpentinitica.

As rochas serpentiniticas normalmente apresentam-se intemperizadas e em muitos casos lateritizadas. Na primeira situação exibem tonalidades acinzentadas e na segunda, tonalidades amarronzadas. Em ambos os casos apresentam-se fraturadas e, algumas vezes, o fraturamento subparalelo e centimetricamente espaçado, fornece à rocha um pseudo-bandamento. Geralmente o fraturamento é preenchido por quartzo e/ou calcedônia e/ou crisoprásio e/ou óxido-hidróxido de ferro.

O estudo petrográfico demonstrou que os serpentinitos apresentam diferentes intensidades de serpentinação. Variam desde exemplares inteiramente formados por massas serpentiniticas até os constituídos por cristais reliquias de olivina e piroxênio.

A massa serpentinitica é constituída essencialmente por lizardita e crisotila, entretanto, alguns cristais assemelham-se à antigorita. A lizardita é mais abundante e constituiu uma massa homogênea que exibe uma textura *mesh*. A crisotila é fibrosa e preenche as fraturas presentes na massa lizardítica e nos cristais reliquias de olivina e piroxênio. Salienta-se que os

veios de crisotila, quando situados na massa lizardítica, são “bordejados” por milimétricos cristais de óxidos de ferro.

A olivina apresenta-se na forma de cristais reliquiares e pseudomorfos. Nos exemplares mais preservados do processo de serpentinização verifica-se que são cristais cúmulus, de forma euédrica a subédrica e freqüentemente subarredondados. Apresenta-se com o seu típico fraturamento e as características cores de interferência. O piroxênio ocorre em quantidades subordinadas, como mineral intercúmulus e, raramente, na forma cumulática. Devido ao processo de serpentinização, torna-se difícil identificar o tipo de piroxênio, entretanto, baseado em propriedades ótico-cristalinas, admite-se a presença do clinopiroxênio. Os minerais opacos são freqüentes, embora em proporções inferiores a 1%. Ocorrem em diminutos cristais, na forma euédrica a subédrica e representados por cromita e óxidos de ferro (magnetita/hematita).

Ainda com base nos estudos microscópicos, particularmente nos exemplares mais preservados, sugere-se que o protólito dessas rochas foram dunitos e, secundariamente, outros peridotitos. Observa-se também que os cristais de olivina apresentam-se bem formados, com contatos bem definidos e não exibem qualquer evidência de deformação dúctil e/ou metamorfismo. Algumas vezes os contatos poligonizados de olivina, dispõem-se de maneira semelhante a uma junção tríplice, sugerindo uma origem a partir da lenta cristalização.

Os piroxenitos ocorrem, de maneira subordinada, no domínio das rochas gabróicas. Apresentam-se principalmente na forma de três pequenas faixas, com comprimento variando de 500 m a 800 m e dispostos de maneira concordante com o *trend* da serra do Puma (ENE-WSW). Ocorrem também em outros afloramentos, porém não mapeáveis na escala de trabalho.

Tratam-se de rochas de coloração cinza-escuro, melanocráticas, aspecto homogêneo, estrutura maciça, faneríticas,

com granulação média a fina. Exibem texturas principalmente do tipo nematoblástica (EM-391) e hipidiomórfica granular (EM-404A). Mineralogicamente são constituídas de bronzita, enstatita, augita, opacos e em alguns exemplares são observados plagioclásio e espinélio verde (hercinita?). Observa-se também, uma típica transformação de bronzita e augita para tremolita e actinolita, respectivamente. A variação quantitativa dos principais constituintes minerais permite a identificação de websterito (EM-364), metaortopiroxenito (EM-394), metaclinopiroxenito (EM-401A) e clinopiroxenito.

Esclarece-se que a utilização do prefixo “meta”, neste relatório, está mais relacionada à presença de minerais transformados por ação hidrotermal do que à ação de processos metamórficos.

Os piroxenitos da serra do Puma exibem coloração cinza escura, granulação fina a média e cristais de piroxênio transformados. Essa transformação mineralógica é uma das principais características do CMSP. Verifica-se que os cristais de piroxênio apresentam diferentes graus de alteração, desde cristais inteiramente preservados até completamente transformados em tremolita-actinolita. É interessante salientar que essa alteração não é acompanhada de rearranjo, fragmentação, cominuição, achatamento ou qualquer outra feição deformacional. Os cristais são transformados *in situ*. Esses fatos conduzem a sugestão que essa alteração foi resultado de apenas um efeito térmico sem a participação de esforços mecânicos.

Avaliando a evolução geotectônica estabelecida para essa porção cratônica (CPRM, 1997), constata-se que após a intrusão dos corpos máfico-ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté, essa região foi palco de uma intensa atividade granitogênica. Essa resultou nos maciços da Suíte Intrusiva Velho Guilherme. Em vista disso, é sugestivo de que esse magmatismo ácido regional possa ter fornecido o “aquecimento” que proporcionou a transformação parcial dos piroxenitos da serra do Puma.

As rochas gabróicas são as mais

abundantes entre os litotipos encontrados na serra do Puma. Ocorrem como uma faixa segundo a direção ENE-WSW, disposta de maneira paralela e em contato com a seqüência serpentínica. Apresenta uma largura variando entre 800 m e 1.800 m e ocupa a borda sul do CMSP.

Sob o ponto de vista mesoscópico as rochas gabróicas exibem uma coloração cinza escura, mesocrática a melanocrática, aspecto homogêneo, estrutura maciça, fanerítica, com granulação fina. Apresentam texturas nematoblástica (EM-302A), granonematoblástica (EM-307A), blastofítica (EM-331), hipidiomórfica granular (EM-343A) e ígnea granular preservada (EM-450). Mineralogicamente são constituídos de plagioclásio, augita, hiperstênio, diopsídio, olivina, hornblenda, opacos, quartzo e como minerais transformados são observados tremolita e actinolita. Geralmente, a olivina apresenta-se como mineral cúmulus; os piroxênios ocorrem como cúmulus e intercúmulus, enquanto que os plagioclásios apresentam-se como constituinte intercumulático. A variação proporcional dos minerais majoritários (plagioclásio, clino e ortopiroxênio) permite identificar as seguintes variedades petrográficas: gabro, meta-gabro, olivina-gabro, olivina-gabro-norítico, metaolivina gabro e microgabro.

À semelhança do observado na seqüência piroxenítica, as rochas gabróicas exibem transformações mineralógicas, principalmente, do tipo augita e hiperstênio, para actinolita e tremolita, respectivamente. Esta transformação é a principal característica mineralógica das rochas gabróicas da serra do Puma. Salienta-se, também, a natureza predominante gabróica. Outro fato a destacar é que a olivina é abundante e não foram observadas feições de pigeonita invertida. Salienta-se ainda a presença de rochas metatroctolíticas, com laminação ígnea e plagioclásio turvado.

Rochas peridotíticas foram mapeadas inclusas na seqüência gabróica. Apresentam-se espaçadamente distribuídas em pequenos afloramentos não mapeáveis na presente escala de trabalho. Mesoscopicamente exibem tonalidades cinza escura, melanocráticas, aspecto homogêneo, estru-

tura maciça, fanerítica e com granulação média a fina. Exibem geralmente textura hipidiomórfica equigranular (EM-422) com variações para inequigranular (EM-441), equigranular cataclástica (EM-344), pseudomórfica granular (EM-343B) e poiquilítica (EM-334). Mineralogicamente são constituídos essencialmente de olivina, augita, enstatita, bronzita e opacos; de maneira menos freqüente são observados plagioclásio e titano-biotita; em alguns exemplares a olivina está serpentinizada. Como minerais de alteração e originados a partir dos piroxênios são observados a actinolita e a tremolita. A variação proporcional dos constituintes mineralógicos permite a identificação de metaharzburgito, wehrlito, lherzolito e dunito serpentinizado. Tratam-se de rochas cumuláticas e de uma maneira generalizada a olivina é o mineral cúmulus e o piroxênio, o intercúmulus.

Verifica-se no CMSP a presença de diabásios como integrantes de Suíte Intrusiva Cateté. Essas rochas ocorrem como pequenos diques e são interpretados como produtos finais na evolução do magmatismo máfico-ultramáfico. Ocorrem nos diversos quadrantes da área de pesquisa, tanto no domínio das rochas encaixantes como no das rochas gabróicas. Porém, não foram detectados no âmbito dos serpentinitos.

Tratam-se de rochas de coloração cinza escura, melanocráticas a mesocráticas, aspecto homogêneo, estrutura maciça, fanerítica e com granulação fina. Exibem texturas ofítica a subofítica e mineralogicamente são constituídos de plagioclásio, augita, hornblenda, uralita, escapolita, titanita, opacos e epidoto. Alguns exemplares exibem a presença de olivina. Como observado nas rochas piroxeníticas e nas gabróicas, os diabásios "Cateté" apresentam a peculiar transformação do piroxênio para actinolita e tremolita. Baseado nessas considerações é possível distinguir diabásios, metadiabásios e olivina diabásios.

No decorrer do mapeamento geológico foram observadas pequenas exposições de corpos ácidos intrusivos. Esses corpos afloram em 4 locais, distribuídos aleatoriamente, tanto no domínio das rochas encaixantes como no do corpo máfico-ultramáfico. São rochas constituídas

essencialmente por quartzo, plagioclásio, microclina, piroxênio (aegerina-augita), titanita, zircão, opacos e biotita. A amostra EM-348 apresenta cristais de topázio. Essas rochas apresentam texturas granoblásticas, granofíricas e protomiloníticas e estão sendo classificadas como granófiros (EM-317) e metagranófiros (EM-347C e EM-348).

Entre as rochas intrusivas ácidas também foi observada a presença de um pequeno dique de dacito. Trata-se de uma rocha composta de plagioclásio, quartzo, clorita e opacos organizados em uma textura porfírica, com os pórfiros constituídos de quartzo e plagioclásio. Essa rocha provavelmente está relacionada aos diques de dacito da Formação Iriri, do Grupo Uatumã. Essas unidades estão bem representadas a cerca de 100 km a oeste do CMSP e, em menor escala, na região São Félix do Xingu-Tucumã. Baseado na evolução geotectônica adotada para essa porção do Cráton Amazônico (CPRM, 1997), o magmatismo ácido Uatumã foi posterior à implantação dos corpos máfico-ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté. Portanto, a constatação na área do CMSP da presença de intrusões ácidas cortando o corpo máfico-ultramáfico está condizente com a evolução geotectônica adotada para essa região. Por outro lado, a comprovação de que o corpo da serra do Puma foi afetado por intrusões ácidas, reforça a sugestão anteriormente apresentada, de que as transformações mineralógicas constatadas (piroxênios para actinolita-tremolita) são produtos de efeitos térmicos relacionados ao pluto-vulcanismo Uatumã e não a fenômenos metamórficos regionais.

Relacionado ao regime distensivo do Mesozóico constata-se na área de pesquisa a presença de diques básicos, que compõem a unidade Diabásio Cururu. Tratam-se de corpos de pequena dimensão, distribuídos amplamente e seccionam o CMSP e o Complexo Xingu.

O Diabásio Cururu, apresenta-se como rochas de coloração cinza escura, mesocrática a melanocrática, com aspecto homogêneo, estrutura maciça, fanerítica e com granulação fina. Exibem uma textura

ofítica a subofítica e mineralogicamente são constituídos por plagioclásio, augita, uralita, opacos, quartzo, hornblenda, escapolita, epidoto e titanita. Com relação ao CMSP acrescenta-se que, de acordo com a evolução geotectônica dessa região, o Diabásio Cururu, por ter sido injetado após o evento Uatumã, não apresenta as transformações mineralógicas (piroxênio para tremolita-actinolita) observadas nas rochas da Suíte Intrusiva Cateté.

No terciário, a região da serra do Puma foi palco de um intensivo processo de laterização regional, que atingiu o CMSP e as suas encaixantes. Em consequência desse fenômeno desenvolveram-se espessas crostas lateríticas. Em decorrência da atuação dos processos geomorfológicos, o capeamento laterítico foi modificado, fraturado e desagregado. Atualmente, são observados remanescentes da antiga crosta, em forma de blocos, amplamente distribuídos na área de pesquisa.

Observam-se dois tipos de crostas lateríticas. Um grupo é constituído de rochas de tonalidades marrom clara, amarelada e avermelhada, com texturas pseudo-brechóide, oolítica e psolítica, aspecto cavernoso, poroso e constituído de óxidos e hidróxidos de Fe e Al. O outro grupo contém rochas de tonalidade marrom escuro a cinza escuro, com texturas maciça, oolítica, pseudo-brechóide, porosa e constituída de óxidos e hidróxidos de Fe. Baseado nos parâmetros petrográficos e na associação litológica, admite-se que as crostas lateríticas de tonalidade marrom-amarelada estejam relacionadas às rochas gnáissicas do Complexo Xingu, enquanto que as de colorações marrom escuro e cinza escuro são oriundas das rochas máfico-ultramáficas da Suíte Intrusiva Cateté. Os perfis lateríticos são semelhantes aos observados na serra da Onça, cujas descrições compõem o item 6.3.5 deste relatório. Esse capeamento laterítico/regolítico reveste-se de importância, pois de acordo com Heim & Castro Filho (1986) armazena um depósito de níquel laterítico. Esse apresenta reservas totais de cerca de $24,8 \times 10^6$ t, com um teor médio de Ni-metal de aproximadamente 2,45%.

Culminando o empilhamento estratigráfico da região do CMSP observa-se a presença de aluviões e coluviões, quaternários, ao longo dos principais cursos d'água e nas encostas norte da serra do Puma, respectivamente. Entre os aluviões, merece destaque, pelas suas dimensões, o situado às margens do rio Cateté.

6.3 PANORAMA ESTRUTURAL

O corpo máfico-ultramáfico da serra do Puma dispõe-se segundo a direção ENE-WSW, concordando estruturalmente com foliação regional do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas. Em subsuperfície o corpo máfico-ultramáfico apresenta um mergulho para sul. A direção do mergulho é inferida a partir do empilhamento estratigráfico. Observa-se que os termos ultramáficos estão subjacentes aos máficos, sugerindo que o corpo deve mergulhar para o sul. O acamadamento para sul também é indicado pelo relevo de "cuestas", cujas "frentes deuestas" estão voltadas para norte. O mergulho para sul é ainda sugerido por certas feições de acamadamento observadas nos afloramentos de serpentinito situados no topo da serra do Puma. Baseado no estudo desses afloramentos o valor do mergulho varia entre 30° e 50°. Esses parâmetros estão de acordo com Heim & Castro Filho (1986), que detectaram mergulho entre 30° e 40°, para sul.

Durante o trabalho de campo verificou-se que no domínio do Complexo Xingu, a foliação milonítica está disposta segundo ENE-WSW e mergulha em altos ângulos (60° a 70°) para N e S. Confrontando esses dados com o posicionamento estrutural do CMSP, verifica-se que embora, na superfície, o corpo máfico-ultramáfico apresente-se estruturalmente concordante com a foliação milonítica do Complexo Xingu/Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas, em subsuperfície o posicionamento é discordante. Portanto, sugere-se que o *emplacamento* do CMSP, resultou da interação das antigas zonas de fraqueza do Cinturão Itacaiúnas, com as novas direções de fraturas originadas no regime distensivo do Proterozóico.

Os principais elementos estruturais mapeados na serra do Puma foram as falhas. Essa estão dispostas principalmente em torno das direções N-S e E-W. Entre as mencionadas feições destaca-se uma falha, segundo a direção ENE-WSW, que secciona toda a área de trabalho e prolonga-se além desses limites. Essa falha baliza quase todo o limite norte do CMSP. É bem visível em imagens de sensores remotos e diagnosticada no campo através de serpentinitos fraturados e cataclásados. Para ajustar-se ao mergulho, para sul, do corpo máfico-ultramáfico, essa falha é interpretada como de empurrão. Ainda em torno da direção E-W, são mapeadas várias falhas, tanto no domínio das encaixantes, como do CMSP. Essas são de dimensões em torno de 1 km, controlam os principais cursos d'água e podem ser observadas em imagens de sensores remotos e, no campo, através de zonas cataclásticas.

O segundo grupo de falhas dispõe-se em torno da direção meridiana, distribue-se por toda a área de pesquisa e apresenta continuidade do corpo máfico-ultramáfico para as encaixantes. Entre essas falhas destacam-se as que seccionam o CMSP. Dispõem-se segundo a direção NWN-SWS, com dimensões de 1.800 m a 3.000 m, com rejeitos na superfície variando de 600 m a 1.600 m. São falhas interpretadas como normais. São também observadas outras falhas menores (em torno de 1 km), em torno da direção E-W. Verificam-se ainda falhas na direção N 45° W.

De acordo com a evolução estrutural estabelecida para essa porção do Cráton Amazônico (CPRM, 1997) as falhas do quadrante NE são tidas como normais, enquanto que as no quadrante NW são interpretadas como de transferência.

O contato norte do corpo máfico-ultramáfico é feito através de falhas. O contato sul não foi diretamente observado, entretanto, baseado na proximidade geográfica das diferentes unidades estratigráficas (Complexo Xingu e Suíte Intrusiva Cateté) e na evolução tectônica estabelecida para esses corpos (CPRM, 1997) admite-se que o contato sul, seja intrusivo.

6.4 PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA

6.4.1 GENERALIDADES

A prospecção geoquímica no Alvo Serra do Puma, objetivou a revelação de mineralizações magmáticas. Objetivou também fornecer subsídios ao mapeamento geológico, particularmente no estabelecimento de contatos entre as unidades estratigráficas e/ou litológicas.

As considerações gerais sobre as características e o planejamento dessa prospecção, assim como, a metodologia de amostragem, análise e interpretação dos dados podem ser observadas no item 2 deste informe.

No CMSP amostraram-se os solos, concentrados de solos, sedimentos de corrente e concentrados de aluvião. Os solos foram analisados por Absorção Atômica para Cu, Zn, Co, Ni e Cr; os concentrados de solos por Ensaio de Fusão/Absorção Atômica para Au, Pt e Pd; os sedimentos de correntes por Absorção Atômica para Cu, Zn, Co, Ni e Cr; os concentrados de aluvião por Absorção Atômica (Cu, Zn, Co, Ni e Cr) e por Ensaio de Fusão/Absorção Atômica (Au, Pt e Pd).

Nos concentrados de solo e de aluvião foram também analisados os conteúdos mineralógicos destacando os Minerais do Grupo da Platina – MGP e associados.

As alíquotas das amostras coletadas no Alvo Serra do Puma, encontram-se arquivadas no LAMIN (CPRM – Rio de Janeiro). Os resultados analíticos foram interpretados através da utilização dos programas SURFER, STATISTICA e PLOTIT.

Uma das diferenças litológicas entre os alvos Serra da Onça e Serra do Puma é a diminuta participação das rochas piroxeníticas nesse último alvo. Essa participação é pequena (<5% da área trabalhada), em razão do que, os materiais provenientes dessas rochas não constituem uma população geoquímica. Dessa maneira, foram considerados neste estudo geoquímico a População Global (**Tabela 3**) que

envolve todos os elementos e os materiais analisados; os solos e os concentrados de solos foram divididos nas populações: Rochas Encaixantes (**Tabela 4**), Serpentinóis (**Tabela 5**) e Gabros (**Tabela 6**). Para o estudo geoquímico dos sedimentos de corrente e dos concentrados de aluvião foi considerado a População Global (**Tabela 3**), visto que esses materiais provêm de diversas litologias e, conseqüentemente, representam uma mistura de populações. Em cada tabela, de acordo com os elementos analisados (Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Pt, Pd e Au) e os materiais amostrados (solo, concentrados de solo, sedimentos de corrente e concentrados de aluvião) foram calculados os seguintes parâmetros: número de amostras (n), média geométrica (M), desvio padrão (σ), valor mínimo, valor máximo, *outliers* (valor fora dos padrões) e as anomalias geoquímicas ($M+2\sigma$).

Os dados geoquímicos dos solos e concentrados de solos são apresentados em perfis geoquímico-geológicos e mapas de zonas anômalas. Para os sedimentos de corrente e concentrados de aluvião são utilizados mapas de bacias de captação anômalas. Finalmente, apresenta-se as considerações geoquímicas juntamente com um mapa integrado com as zonas anômalas do Alvo Serra do Puma.

6.4.2 POPULAÇÃO GLOBAL

Considerando-se os resultados analíticos para Cu, Zn, Co, Ni e Cr (**Tabela 3**) dos solo, sedimentos de corrente e concentrados de aluvião, e tendo como parâmetro o valor médio, verifica-se um maior enriquecimento em Cu, Co e Ni no solo, e em Zn e Cr nos concentrados de aluvião.

Ainda com base na **Tabela 3** e relacionando-se os concentrados de solo, com os de aluvião, e considerando-se a Pt, Pd e Au verifica-se que os maiores teores desses elementos foram nos concentrados de aluvião.

Em termos de *outliers* destacam-se os valores de Pd detectados nos concentrados de solo de 1,74 ppm (PS-673), 0,98 ppm (PS-782) e 0,82 ppm (PS-725). Para os concentrados de aluvião e os se-

Tabela 3 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Global
Alvo: Serra do Puma

Elemento	Material	n	Média (M)	Desvio Padrão (σ)	Valor Mínimo	Valor Máximo	outlier	Anomalia (M+2 σ)
Cu	solo	269	57	72	5	590	-	201
	sed. corrente	26	19	11	3	39	118	41
	conc. aluvião	26	26	17	6	78	160	60
Zn	solo	269	92	61	3	350	-	214
	sed. corrente	27	34	28	1	94	-	90
	conc. aluvião	27	110	34	58	195	-	178
Co	solo	269	195	142	2	760	-	479
	sed. corrente	27	50	43	2	205	-	156
	conc. aluvião	26	39	21	10	85	130	81
Ni	solo	269	3885	3862	16	18400	-	11609
	sed. corrente	27	579	653	2	2800	-	1885
	conc. aluvião	27	801	737	80	2600	-	2275
Cr	solo	269	6597	4741	155	25500	-	16079
	sed. corrente	27	7891	8466	75	30000	-	24823
	conc. aluvião	27	26330	13018	5000	54000	-	52366
Au	conc. solo	127	0,04	0,06	0,01	0,40	-	0,16
	conc. aluvião	12	0,19	0,29	0,01	0,95	-	0,77
Pd	conc. solo	114	0,03	0,03	0,01	0,25	1,74; 0,98; 0,82	0,09
	conc. aluvião	7	0,04	0,03	0,02	0,10	-	0,10
Pt	conc. solo	121	0,06	0,03	0,03	0,21	-	0,12
	conc. aluvião	10	0,14	0,16	0,04	0,58	-	0,46

Obs.: n – número de amostras; os teores estão em ppm

Tabela 4 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Rochas Encaixantes
Alvo: Serra do Puma

Elemento	Material	n	Média (M)	Desvio Padrão (σ)	Valor Mínimo	Valor Máximo	outlier	Anomalia (M+2 σ)
Cu	solo	36	45	35	13	180	-	115
Zn	solo	36	36	50	3	200	-	136
Co	solo	36	65	108	2	400	-	281
Ni	solo	36	1237	2974	21	12400	-	7185
Cr	solo	36	3625	4280	520	18000	-	12185
Au	conc. solo	12	0,10	0,12	0,01	0,40	-	0,34
Pd	conc. solo	5	0,02	0,01	0,01	0,03	-	0,04
Pt	conc. solo	10	0,06	0,05	0,03	0,19	-	0,16

Obs.: n – número de amostras; os teores estão em ppm

Tabela 5 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Serpentinóis
Alvo: Serra do Puma

Elemento	Material	n	Média (M)	Desvio Padrão (σ)	Valor Mínimo	Valor Máximo	outlier	Anomalia (M+2 σ)
Cu	solo	129	62	86	7	590	-	234
Zn	solo	129	121	64	11	350	-	249
Co	solo	129	262	144	4	760	-	550
Ni	solo	129	6044	3850	85	18400	-	13774
Cr	solo	129	8139	4756	480	25500	-	17651
Au	conc. solo	66	0,03	0,04	0,01	00,20	-	0,11
Pd	conc. solo	40	0,02	0,01	0,01	0,04	-	0,04
Pt	conc. solo	40	0,06	0,02	0,03	0,09	-	0,10

Obs.: n – número de amostras; os teores estão em ppm

Tabela 6 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Gabros
Alvo: Serra do Puma

Elemento	Material	n	Média (M)	Desvio Padrão (σ)	Valor Mínimo	Valor Máximo	outlier	Anomalia (M+2 σ)
Cu	solo	104	54	62	5	380	-	178
Zn	solo	104	76	39	7	190	-	154
Co	solo	104	156	100	7	430	-	356
Ni	solo	104	2123	2442	16	9600	-	7007
Cr	solo	104	5713	4158	155	14250	-	14029
Au	conc. solo	48	0,03	0,02	0,01	0,09	0,39	0,07
Pd	conc. solo	67	0,03	0,03	0,01	0,25	1,74; 0,98; 0,82	0,09
Pt	conc. solo	71	0,07	0,03	0,03	0,21	-	0,13

Obs.: n – número de amostras; os teores estão em ppm

dimentos de corrente, verificam-se *outliers* para Cu nas amostras EM-24 (160 ppm) e ER-08 (118 ppm), respectivamente.

Com relação à dispersão geoquímica e tendo por base os valores de desvio padrão (**Tabela 3**), para os elementos analisados e os materiais amostrados, constata-se que a maior dispersão geoquímica foi verificada para o Cu, Zn, Co e Ni nos solos e para o Cr nos concentrados de aluvião. Esse material, também apresentou a maior dispersão geoquímica para a Pt, Pd e Au.

Integrando-se as informações acima admite-se, de acordo com os padrões estabelecidos por Levinson (1974), uma alta mobilidade geoquímica para o Cu, Zn,

Co e Ni, em solos ácidos, típicos da serra do Puma. Admite-se também que a migração desses elementos seja de natureza hidromórfica e associada a compostos organo-argilosos. Com relação ao Cr, parâmetros acima sugerem mais uma dispersão mecânica associada a cromita. Visto que, o Zn apresentou o maior enriquecimento nos concentrados de aluvião é possível que a sua dispersão geoquímica, também seja de natureza mecânica, pois poderia associar-se às concreções argilo-limoníticas freqüentemente presentes nos aluviões das drenagens.

Objetivando-se estabelecer as correlações geoquímicas entre os elementos analisados, nos diversos materiais amos-

trados, foram utilizadas as matrizes de correlações (**Figura 7**) aplicadas a População Global. Com relação ao solo destaca-se em primeiro plano a associação geoquímica Co-Ni-Zn e em segundo, o Cr-Co-Ni. Para os concentrados de solo, considerando-se a Pt, Pd e Au, o estabelecimento das correlações geoquímicas ficou prejudicado devido à falta de sensibilidade analítica, o que não permitiu a construção da matriz de correlação. O estudo da matriz de

correlação construída para os sedimentos de corrente permitiu identificar um panorama semelhante ao observado para os solos, ou seja, correlações de Co-Ni-Zn em primeiro plano e, Cr-Co-Ni em segundo. Nos concentrados de aluvião destaca prioritariamente a associação Co-Ni e em seguida a Cr-Zn; as associações Co-Pd e Cu-Cr, também presentes na matriz de correlação, não são significativas.

População Global – Material: solo (n=269)

	Cu	Zn	Co	Ni	Cr
Cu	1				
Zn	-	1			
Co	-	0,80	1		
Ni	-	0,78	0,90	1	
Cr	-	0,49	0,57	0,55	1

População Global – Material: sedimentos de corrente (n=27)

	Cu	Zn	Co	Ni	Cr
Cu	1				
Zn	-	1			
Co	-	0,83	1		
Ni	-	0,84	0,85	1	
Cr	-	0,60	0,45	0,61	1

População Global – Material: concentrados de aluvião (n=27, para Cu, Zn, Co, Ni, Cr)

	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	Au	Pd	Pt
Cu	1							
Zn	-	1						
Co	-	-	1					
Ni	-	-	0,92	1				
Cr	-0,54	0,63	-	-	1			
Au	-	-	-	-	-	1		
Pd	-	-	-0,78	-	-	-	1	
Pt	-	-	-	-	-	-	-	1

Figura 7 – Matrizes de Correlação – Alvo Serra do Puma
(-) correlações não significativas a $p < 0,05$

Interpretando-se essas associações geoquímicas, juntamente com os parâmetros de dispersão geoquímica e as informações geológicas, verifica-se que as associações Cr-Co-Ni são típicas representantes de um contexto máfico-ultramáfico. O agrupamento Co-Ni-Zn, bastante evidente nos solos e nos sedimentos de corrente, reúne elementos de filiação máfico-ultramáfica (Ni e Co) e ácida (Zn). A associação conjunta dos 3 elementos em um mesmo contexto metalogenético é pouco

frequente. Entretanto, é possível que esses elementos possam estar associados a mineralizações sulfetadas. Dessa maneira, sugere-se que a associação Ni-Co possa estar relacionada às mineralizações sulfetadas, em um contexto do magmatismo máfico-ultramáfico Cateté. Por outro lado, o Zn poderia estar associado às atividades hidrotermais, associadas aos fraturamentos, que ocorreram após a implantação do CMSP, relacionadas à granitogênese Velho Guilherme.

6.4.3 SOLOS

A interpretação dos resultados analíticos dos solos foi feita com base no cálculo dos parâmetros constante do Sumário Estatístico aplicado às populações: Rochas Encaixantes (**Tabela 4**), Serpentiníto (**Tabela 5**) e Gabros (**Tabela 6**). Foram também confeccionados 5 perfis geoquímico-geológicos, para cada uma das transversais amostradas: LT-2000W (**Figura 8**), LT-00 (**Figura 9**), LT-2000E (**Figura 10**), LT-4000E (**Figura 11**) e LT-6000E (**Figura 12**).

Baseado na integração dos dados acima podem ser feitas as seguintes considerações:

- O Cu apresenta um teor médio de 45 ppm nas rochas encaixantes, 62 ppm nos serpentínitos e 54 ppm nos gabros. De acordo com o clássico processo de diferenciação magmática o teor de cobre nos serpentínitos deveria ser menor do que o dos gabros. No que se refere às rochas encaixantes, o valor de Cu está abaixo do encontrado nos demais litótipos, o que é compatível com a natureza ácida dos gnaisses e migmatitos. Em termos de valores absolutos, os teores de cobre nos solos estão de acordo com os fornecidos por Levinson (1974). Examinando o comportamento do Cu ao longo dos perfis geoquímico-geológicos (**Figuras 8 a 12**) verifica-se que esse elemento não demonstra um relacionamento diagnóstico com os diversos litótipos amostrados. Verifica-se também que esse elemento normalmente apresenta valores baixos (<150 ppm) exceto na LT-6000E (**Figura 12**), na qual, várias amostras exibem teores acima de 200 ppm e constituem duas zonas anômalas. O Cu caracterizou-se ainda, por não constituir associação geoquímica com os demais elementos analisados.

- Com relação ao Zn verificam-se valores médios de 36 ppm para as rochas encaixantes, 121 ppm para os serpentínitos e 76 ppm para os gabros. Todos esses valores estão compatíveis com os esperados para os solos provenientes dos citados litótipos (Levinson, 1974). Não se observa uma relação direta dos teores de Zn com a

variação litológica. Nota-se apenas, uma tendência a baixos valores nas rochas encaixantes e a altos nos serpentínitos. De acordo com o contexto geológico-metalogenético do CMSP é de se esperar que o Zn esteja associado a mineralizações sulfetadas, de filiação ácida, portanto, uma filiação diferente da observada para as rochas máfico-ultramáficas. Desta maneira, admite-se que as anomalias de Zn estejam relacionados à granitogênese Velho Guilherme, que assolou essa porção cratônica após a colocação do corpo máfico-ultramáfico. Esse evento estaria presente na serra do Puma, principalmente, sob a forma de atividades hidrotermais associadas a fraturamentos/falhamentos.

- Para o Co foram observados teores médios de 65 ppm nas rochas encaixantes, 262 ppm nos serpentínitos e 156 ppm nos gabros. Em termos relativos, esses valores estão compatíveis para a natureza dos citados litótipos, e de acordo com o processo de diferenciação do magmatismo Cateté, tendo por base os estudos na serra da Onça. Entretanto, em termos absolutos os teores estão elevados em relação aos valores médios fornecidos por Levinson (1974) para os solos provenientes das citadas rochas. Observando-se as **Figuras 8 a 12** verifica-se que os teores de Co em solo não definem o substrato litológico. Constata-se entretanto, uma tendência a baixos valores nas rochas encaixantes e a elevados nos serpentínitos. Verifica-se também, nas mencionadas figuras, que em alguns perfis geoquímicos (LT-2000W, LT-0000 e LT-2000E), os elevados teores de Co estão associados a altos resultados de Ni e Cr.

- Examinando as **Tabelas 4, 5 e 6** observa-se, nos solos provenientes das rochas encaixantes, um teor médio de 1.237 ppm, nos dos serpentínitos 6.044 ppm e nos dos gabros 2.123 ppm. Comparando-se esses três valores verifica-se que, em termos relativos, estão compatíveis com os litótipos e de acordo com o processo de diferenciação magmática estabelecido para os corpos da Suíte Intrusiva Cateté. Entretanto, a exemplo do que foi verificado para o Co, os teores de Ni estão acima do esperado para os solos provenientes das men-

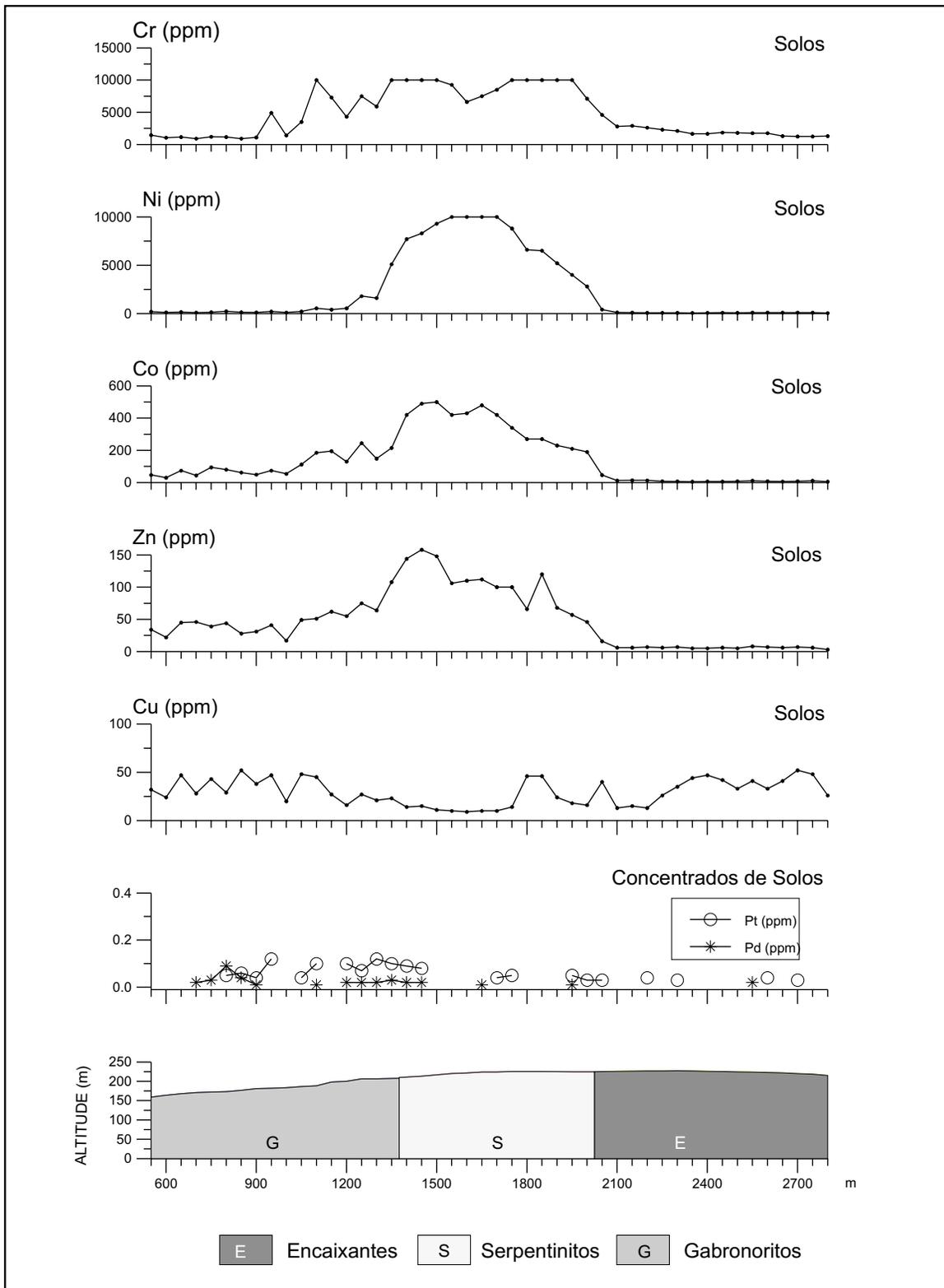


Figura 8 - Serra do Puma - Perfís Geoquímicos e Geológico - LT - 2000W
 Material: Solos (Cr, Ni, Co, Zn, e Cu) e Concentrados de solo (Pt, Pd)

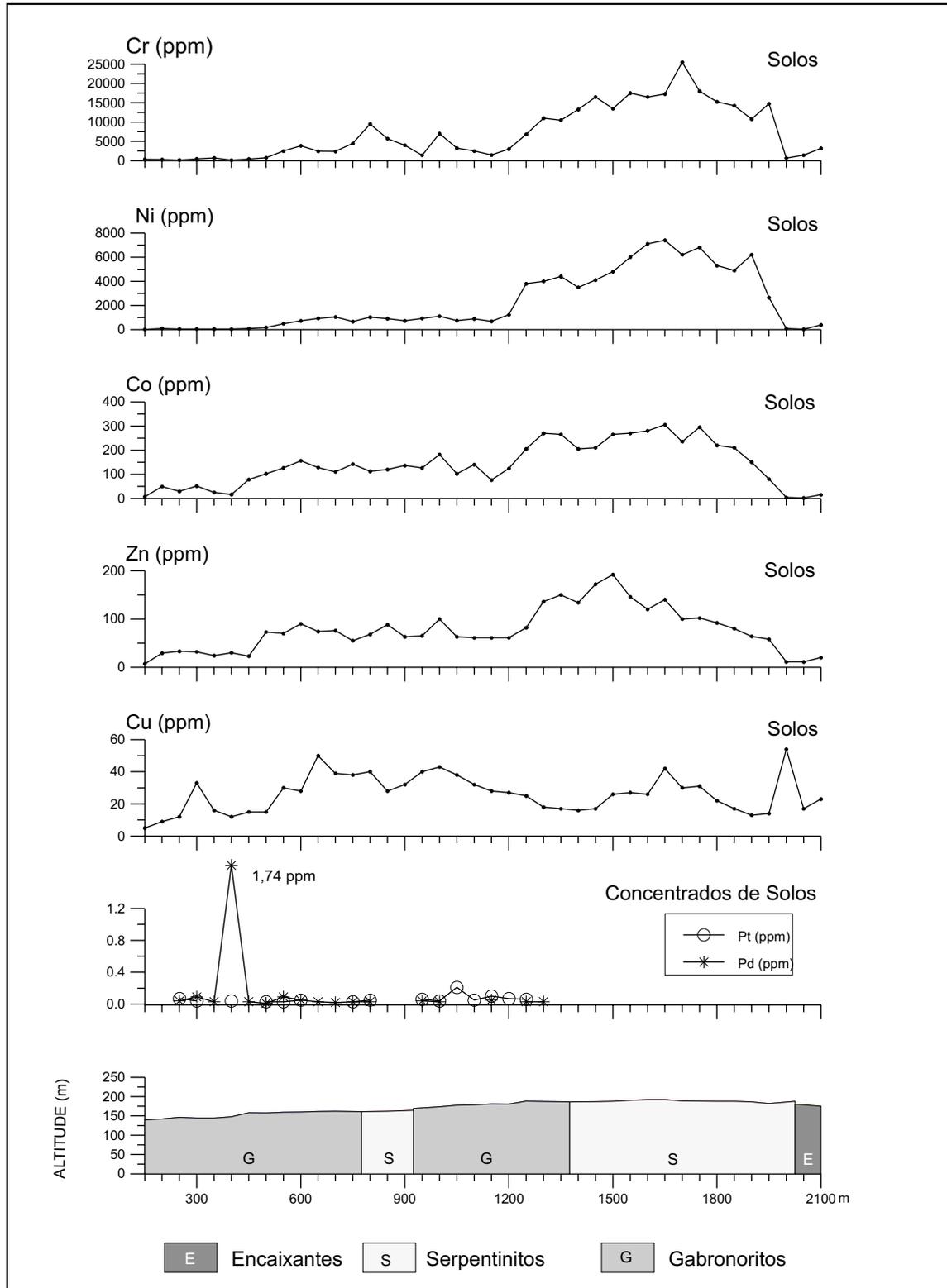


Figura 9 - Serra do Puma - Perfis Geoquímicos e Geológicos - LT-DD
 Material: Solos (Cr, Ni, Co, Zn, e Cu) e Concentrados de solo (Pt e Pd)

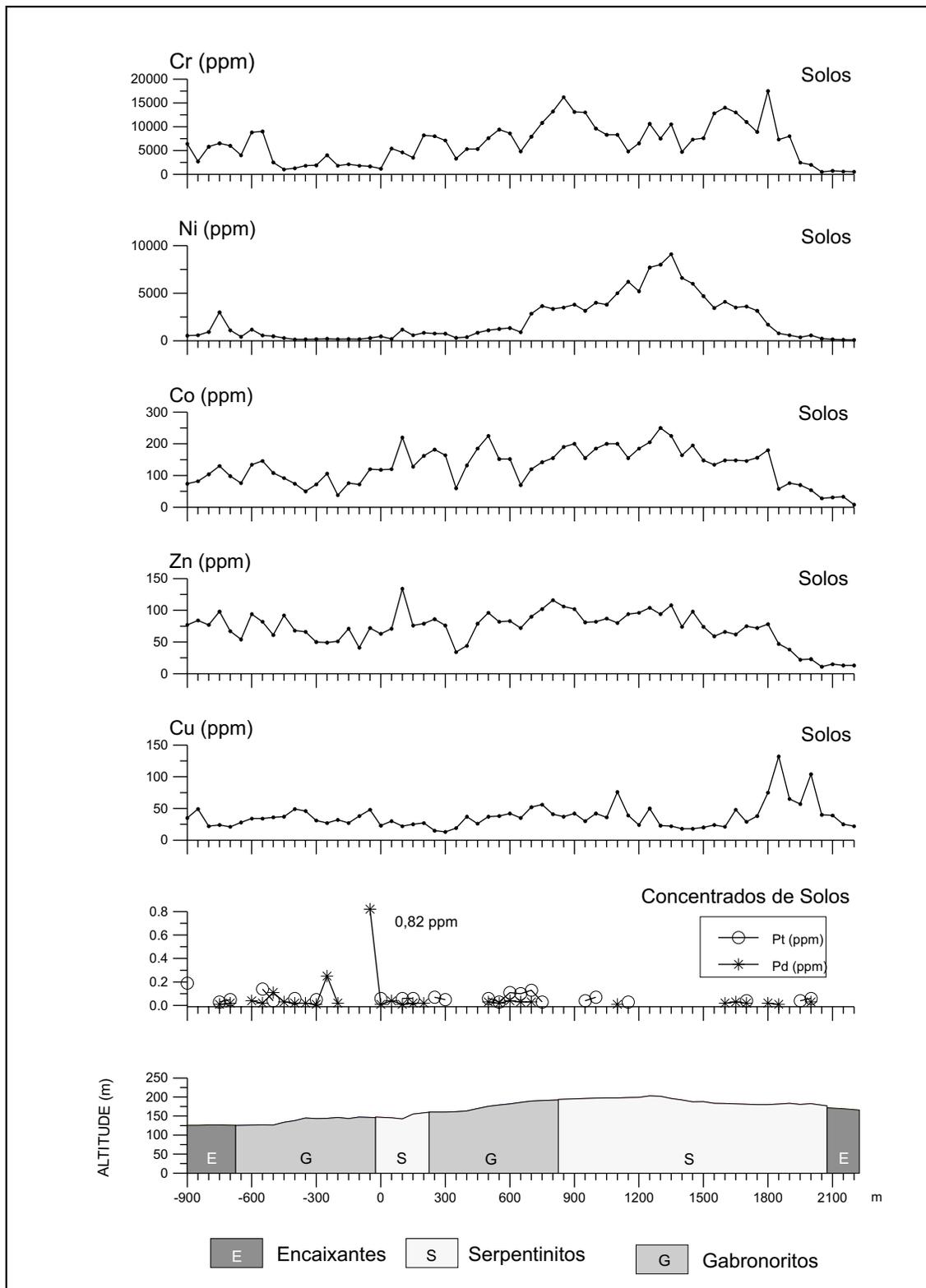


Figura 10 - Serra do Puma - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT-2000E
 Material: Solos (Cr, Ni, Co, Zn e Cu) e Concentrados de solo (Pt e Pd)

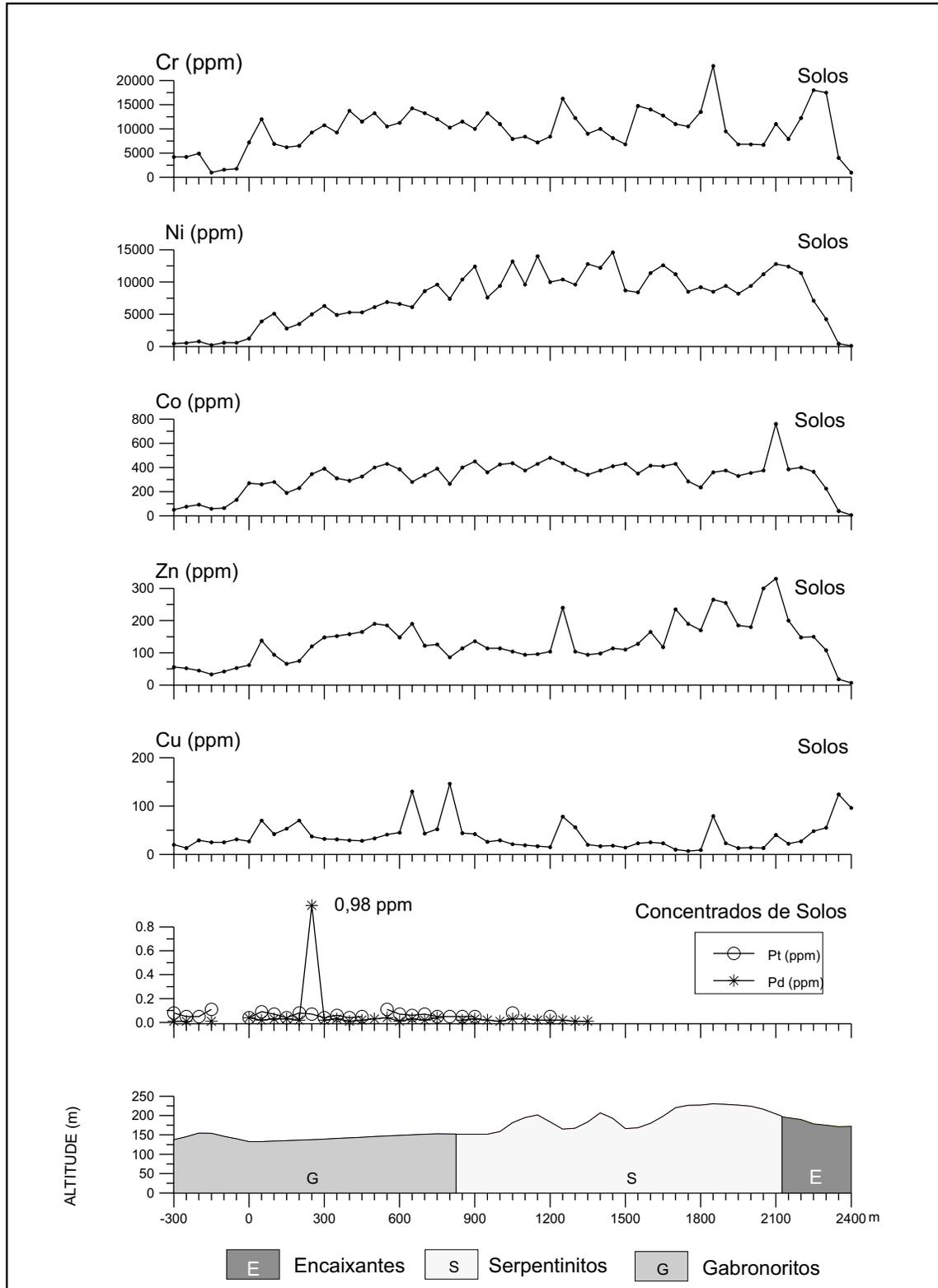


Figura 11 - Serra do Puma - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT-4000E
 Material: Solos (Cr, Ni, Co, Zn e Cu) e Concentrados de solo (Pt e Pd)

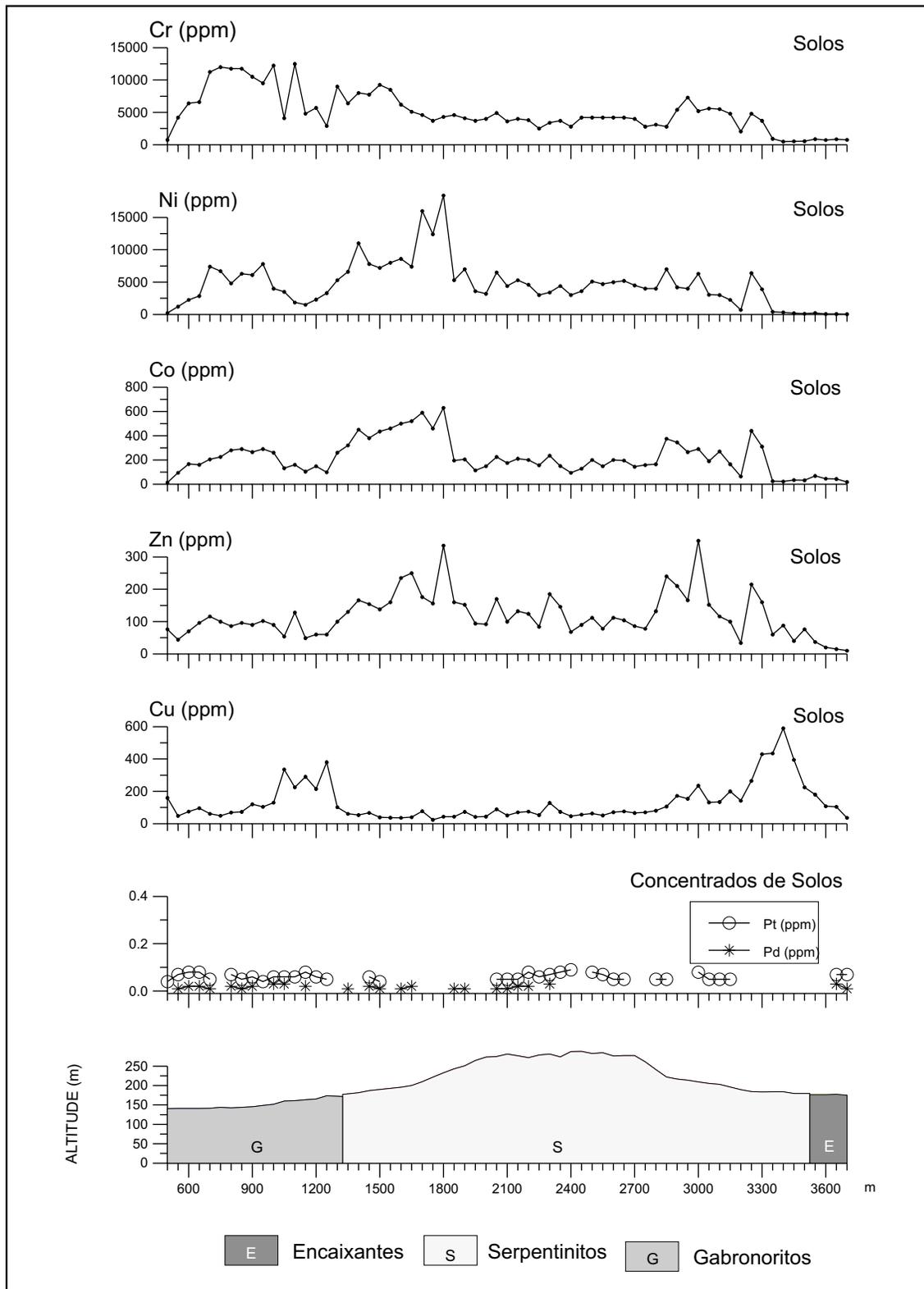


Figura 12 - Serra do Puma - Perfís Geoquímicos e Geológicos - LT-6000E
 Material: Solos (Cr, Ni, Co, Zn e Cu) e Concentrados de solo (Pt e Pd)

cionadas rochas. (Levinson, 1974). Salienta-se, particularmente, os altos valores observados nos solos originados das rochas encaixantes (média de 1.237 ppm), os quais, provavelmente foram contaminados por solos transportados das rochas serpentínicas. Examinando os perfis geoquímicos (**Figuras 8 a 12**) verifica-se que, de uma maneira geral, o Ni individualiza relativamente bem as rochas serpentínicas, como observado nas transversais: LT-2000W (**Figura 8**), LT-000 (**Figura 9**) e LT-2000E (**Figura 11**). O alto teor de Ni nos solos provenientes dos serpentinitos está diretamente relacionado ao protólito dunitico e ao forte enriquecimento supergênico desse elemento, como consequência do processo de lateritização regional que assolou essa porção cratônica durante o Terciário.

- O teor médio do Cr nos solos originados das rochas encaixantes é de 3.625 ppm, dos serpentinitos é de 8.139 ppm e dos gabros 5.713 ppm. Em termos relativos, entre os solos provenientes dos 3 litótipos, os teores estão compatíveis com o processo de diferenciação magmática estabelecido para CMSP com base nos estudos petroquímicos realizados na serra da Onça. Entretanto, em termos de valores absolutos, os valores detectados são superiores aos calculados por Levinson (1974) como teores médios do citado material. Os altos valores de Cr nos solos provenientes dos gnaisses e migmatitos encaixantes, provavelmente são devidos à contaminação por solos transportados dos serpentinitos topograficamente superiores. No que se refere aos elevados teores de Cr nos serpentinitos, provavelmente são consequência da freqüente presença de cromita detectada nas análises petrográficas. Com base no comportamento do Cr ao longo dos perfis geoquímicos (**Figuras 8 a 12**) verifica-se que os altos teores delimitam relativamente bem os serpentinitos e os baixos, as rochas encaixantes, a exemplo do que se observa nas transversais LT-2000W, LT-0000 e LT-2000E. Ainda nessas transversais, verifica-se que os elevados teores de Cr estão associados aos mais altos resultados de Ni e Co.

- É interessante salientar, que na maioria dos perfis geoquímicos as rochas

serpentínicas apresentam os mais elevados teores de Cr, Ni e Co. Todavia, na LT-6000W os mais altos teores desses elementos estão nas rochas gabróicas e no contato dessas rochas com os serpentinitos, verificam-se importantes “picos” anômalos de Ni, Co e Zn.

Em termos de anomalias geoquímicas (estatísticas) foram detectados 64 valores anômalos. Nos solos originados das rochas encaixantes revelaram-se 2 anomalias de Cu (≥ 115 ppm), 3 de Zn (≥ 136 ppm), 3 de Co (≥ 281 ppm), 3 de Ni (≥ 7.185 ppm) e 3 de Cr (≥ 12.185 ppm); nos solos provenientes dos serpentinitos foram detectadas 6 valores anômalos de Cu (≥ 234 ppm), 9 de Zn (≥ 249 ppm), 3 de Co (≥ 550 ppm), 4 de Ni (≥ 13.774 ppm) e 5 de Cr (≥ 17.651 ppm); no que se refere aos solos originados dos gabros foram detectadas 5 anomalias de Cu (≥ 178 ppm), 7 de Zn (≥ 154 ppm), 5 de Co (≥ 356 ppm), 5 de Ni (≥ 7.007 ppm) e 1 de Cr (≥ 14.029 ppm). Esses valores totalizam 13 anomalias de Cu, 19 de Zn, 11 de Co, 12 de Ni e 9 de Cr.

Plotando os dados acima em mapa (**Figura 13**) e tendo por base o mapa geológico (**Figura 6**), visualiza-se a presença de faixas anômalas, que estão sendo interpretadas em obediência ao padrão acamado (E-W) do corpo máfico-ultramáfico. Observa-se também que as faixas anômalas ocorrem principalmente na porção leste da área pesquisada, particularmente na região compreendida entre as transversais LT-4000E e LT-6000E. As anomalias localizadas no domínio das rochas encaixantes são consideradas inconsistentes, em virtude do baixo potencial metalogenético dos gnaisses e migmatitos do Complexo Xingu para conterem mineralizações de EGP. Essas anomalias estão sendo interpretadas como originadas de solos transportados, provenientes das rochas serpentínicas, posicionadas em um nível topográfico superior. Nos solos originados dos serpentinitos foram detectadas anomalias de Co, Ni, Cr, Cu e Zn, todas compatíveis com esse contexto geológico-metalogenético. No âmbito das rochas gabróicas repetiu-se esse elenco anômalo, com exceção (como era esperado) para o Cr.

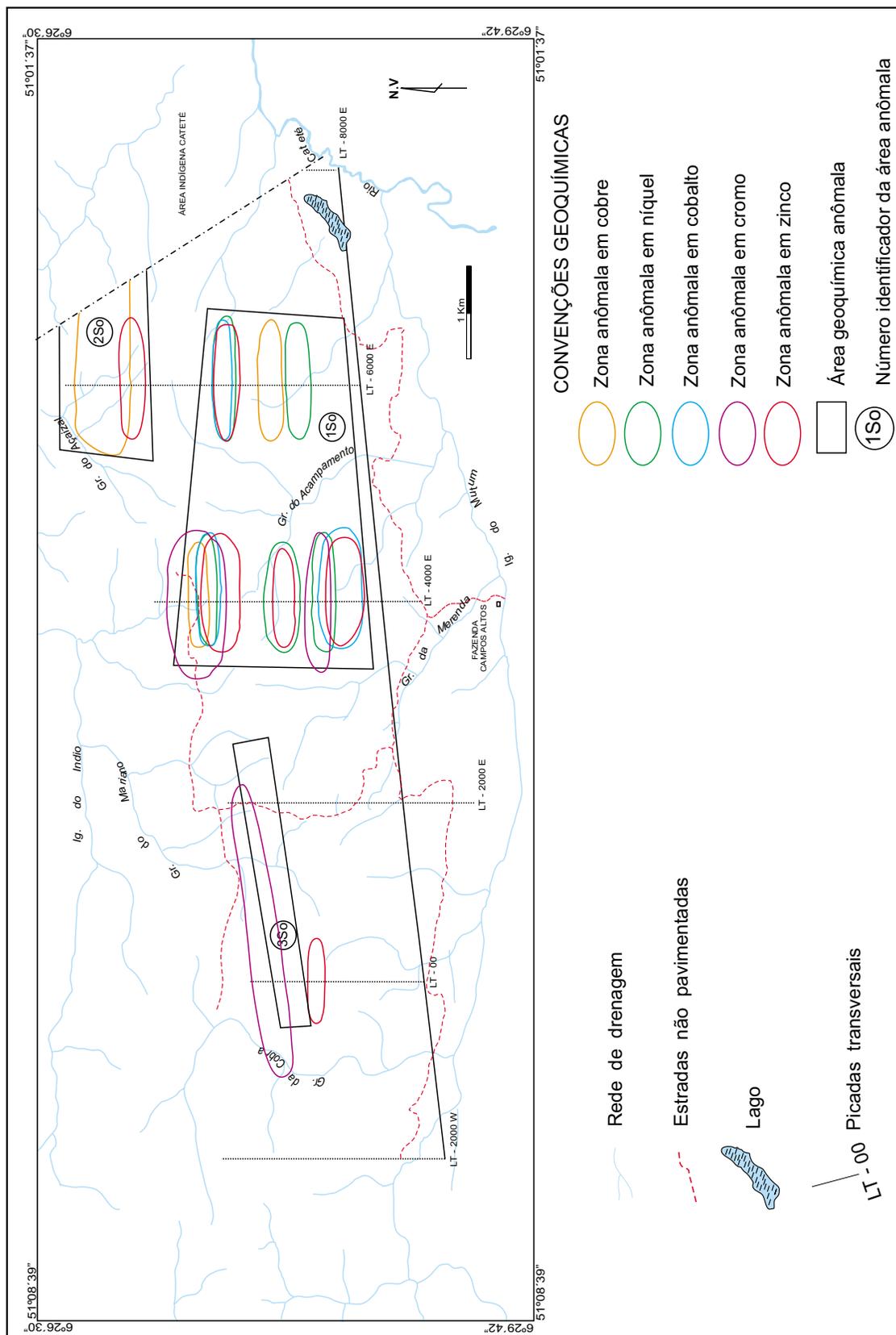


Figura 13 - Mapa de zonas geoquímicas anômalas nos solos do Alvo Serra do Puma

Interpretando-se e integrando-se essas faixas anômalas é possível estabelecer 3 alvos geoquímicos, numerados em ordem decrescente, de prioridade para pesquisa (**Figura 9**). O Alvo 1So ocupa uma área de 7,5 km², localiza-se essencialmente na bacia da grota do Acampamento, entre as transversais LT-4000E e LT-6000E e abrange rochas serpentiniticas e gabróicas; foram detectadas anomalias de Co, Ni, Cr, Cu e Zn; é interessante salientar que nesse alvo, entre as mencionadas transversais, desenvolve-se uma falha perpendicular ao acamamento máfico-ultramáfico (**Figura 6**), provocando o deslocamento das camadas e impedindo uma correlação E-W entre as anomalias geoquímicas situadas nas duas transversais. O Alvo 2So situa-se na bacia da grota do Açaizal, no domínio de transversal 6000E e ocupa uma área de aproximadamente 1,8 km²; nesse alvo, observam-se rochas serpentiniticas, gnáissicas e migmatíticas e estão presentes anomalias de Cu e Zn. O Alvo 3So situa-se na borda norte do CMSP, entre a LT-00 e a LT-2000E, exibe uma forma alongada (E-W) e ocupa uma área de cerca de 1,5 km²; abrange rochas serpentiniticas e exibe anomalias de Cr.

No quadro geoquímico descrito, destaca-se a associação Ni-Co-Cr-Cu típica de um contexto máfico-ultramáfico. As anomalias de Ni-Co-Cu são sugestivas de presença de mineralização sulfetada e adquirem uma maior importância para pesquisa de EGP, as situadas na base da seqüência gabróica e/ou no topo do conjunto serpentinitico (Alvo 1So), segundo os modelos dos complexos de Stillwater (Todd *et al.*, 1982) e de Bushveld (Naldrett *et al.*, 1987). No que se refere às anomalias de cromo, as mesmas devem estar associadas a cromita, freqüentemente detectada nas análises petrográficas das rochas serpentiniticas; portanto, merece importância na pesquisa de níveis cromitíferos, as anomalias situadas no pacote serpentinitico, particularmente, o Alvo 3So. Outro importante contexto anômalo geoquímico é revelado pelas anomalias de Zn; esse elemento apresenta características de uma filiação ácida e portanto, diferente do contexto máfico-ultramáfico da serra do Puma; nesse caso, a interpretação é direcionada para

um evento independente do magmatismo do CMSP e pode estar relacionada à granitogênese Velho Guilherme, que através de atividades hidrotermais pode ter gerado mineralizações sulfetadas de Zn, salientando-se particularmente as associações anômalas Cu-Zn (Alvo 2So).

6.4.4 CONCENTRADOS DE SOLO

O tratamento e a interpretação geoquímica dos concentrados de solo foi executada de maneira semelhante à do solo. Utilizando-se o programa Statistica foram calculados os parâmetros que constam do Sumário Estatístico para a População Global (**Tabela 3**), Rochas Encaixantes (**Tabela 4**), Serpentinicos (**Tabela 5**) e Gabros (**Tabela 6**). Individualmente, para cada uma dessas populações foram consideradas a Pt, Pd e Au. Objetivando-se um melhor entendimento do comportamento desses elementos ao longo das 5 picadas transversais ao CMSP, confeccionaram-se perfis geoquímico-geológicos, conforme podem ser observados nas **Figuras 8** (LT-2.000W), **9** (LT-00), **10** (LT-2.000E), **11** (LT-4.000E) e **12** (LT-6.000E).

A integração desses resultados analíticos permite as seguintes considerações:

- Baseado no Sumário Estatístico - População Global (**Tabela 3**) os concentrados de solo apresentam um valor médio de 0,04 ppm de Au, 0,03 ppm de Pd e 0,06 ppm de Pt. Comparando-se os teores médios dos concentrados de solos provenientes das rochas encaixantes (**Tabela 4**), dos serpentiniticos (**Tabela 5**) e dos gabros (**Tabela 6**), verifica-se que essa última população apresenta os mais elevados resultados para Pd (0,03 ppm) e Pt (0,07 ppm). Com relação ao Au, o maior teor (0,10 ppm) foi nos concentrados de solos provenientes das rochas encaixantes. Em termos de *outliers* verificam-se, no domínio das rochas gabróicas, valores para Pd de 1,74 ppm (PS-673), 0,98 ppm (PS-782) e 0,82 ppm (PS-725); para o Au, resultado de 0,39 ppm (PS-718).

- Analisando-se a dispersão geoquímica dos mencionados elementos nos concentrados de solos, tendo por base o

valor do desvio padrão (**Tabela 3**), verifica-se que o Au (0,15) apresenta a maior dispersão geoquímica, seguida pela Pt (0,05) e pelo Pd (0,01). Estudando-se individualmente esses elementos, para as populações consideradas nessa prospecção, verifica-se que os concentrados de solo, provenientes dos gabros, apresentam a maior dispersão geoquímica para o Pd e a Pt. Para o Au, observa-se que a maior dispersão é nos concentrados de solo originados das rochas encaixantes.

Visualizando-se a distribuição da Pt e do Pd ao longo dos perfis geoquímico-geológicos (**Figuras 8 a 12**) verifica-se que esses elementos estão presentes nos solos originados dos 3 litótipos considerados (rochas encaixantes, serpentinitos e gabros) nessa pesquisa (**Figuras 8 a 12**). Entretanto, a maior frequência da Pt e do Pd, e mesmo os mais elevados teores, são observados no domínio das rochas gabróicas, conforme se constata em quase todos os perfis geoquímico-geológicos (**Figuras 8 a 12**). A presença de Pt e Pd observada nos concentrados de solo provenientes das rochas encaixantes é considerada de importância secundária. Isso, em virtude do baixo potencial metalogenético das rochas do Complexo Xingu para conter mineralizações de EGP. Admite-se também a possibilidade da contaminação dos solos originados das rochas encaixantes, por solos provenientes das rochas serpentiniticas, as quais estão posicionadas em um nível topográfico superior.

Integrando-se as informações acima e tendo por base a baixa mobilidade de Pt em ambientes ácidos e oxidantes (Levinson, 1974); o valor médio do desvio padrão e a presença de MGP nos concentrados de solo, admite-se para esses elementos uma dispersão predominantemente mecânica. Entretanto, com base nos estudos de Bowles (1986), não se descarta a possibilidade de que parte dos EGP migrem sobre a forma hidromórfica, o que estaria compatível com os solos lateríticos presentes na serra do Puma. Como está evidente nos perfis geoquímicos-geológicos e na **Tabela 6**, os gabros seriam os principais armazenadores de mineralizações de EGP, seguidos pelos serpentinitos.

Com relação às anomalias geoquímicas estatísticas, foram detectados 30 valores anômalos. Nos concentrados de solos provenientes das rochas encaixantes foram detectadas 3 anomalias sendo 2 de Au ($\geq 0,34$ ppm) e 1 de Pt ($\geq 0,16$). No domínio dos serpentinitos observam-se 4 valores anômalos de Au ($\geq 0,11$ ppm), 2 de Pt ($\geq 0,10$ ppm) e 2 de Pd ($\geq 0,04$ ppm). Com referência aos concentrados de solo oriundo das rochas gabróicas verificam-se 3 anomalias de Au ($\geq 0,07$ ppm), 8 de Pt ($\geq 0,13$ ppm) e 8 de Pd ($\geq 0,09$ ppm). A totalização desses dados permite contabilizar 9 anomalias de Au, 11 de Pt e 10 de Pd.

A integração desses valores anômalos (**Figura 14**) com o mapa geológico de CMSP (**Figura 6**), permite a visualização de faixas anômalas, as quais estão sendo interpretadas segundo a direção E-W, em concordância com o padrão acamadado do corpo máfico-ultramáfico da serra do Puma. Nesse contexto, destaca-se uma grande zona anômala (1Cs), disposta segundo E-W e abrangendo cerca de 12 km²; compreende essencialmente rochas gabróicas e pequenas porções de serpentinitos e piroxenitos; foi delimitada por valores anômalos de Pt, Pd e Au; é interessante salientar, que essas anomalias de Pt e Pd, constituem faixas paralelas com mais de 6 km de extensão, segundo o acamamento do corpo máfico-ultramáfico e em um determinado horizonte estratigráfico. O Alvo 2Cs está localizado nas cabeceiras da grota do Açaizal, ao longo da LT-6.000E, com uma área de aproximadamente 0,8 km²; compreende rochas serpentiniticas e foi delimitado por anomalias de Au e Pt. Conforme pode ser observado na **Figura 14**, ainda se observam outras zonas anômalas de Au e Pt, porém não constituem um contexto geoquímico-metalogenético favorável e são consideradas de importância secundária.

As análises mineralógicas dos concentrados de solo revelaram que a cromita é o mineral mais abundante e presente em quase todas as amostras. Foi observado também o ouro, malaquita (?) e pirita. Entretanto, merece destaque nos resultados mineralógicos a presença de vários grãos que foram identificados como possíveis

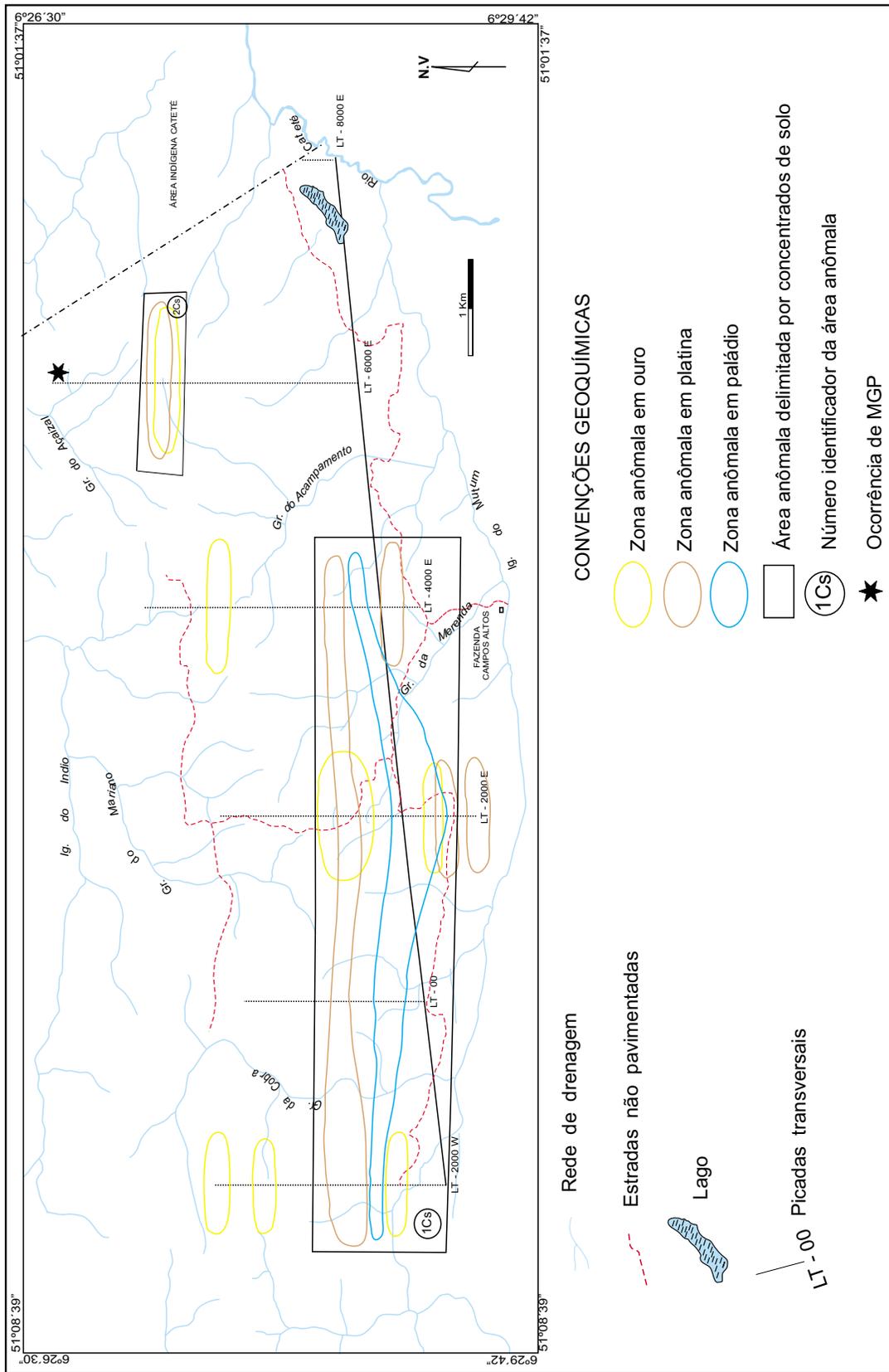


Figura 14 - Mapa das zonas anômalas de concentrados de solos do Alvo Serra do Puma

MGP. Em um desses grãos (PS-823) a presença de Pt foi confirmada através da análise por microscopia eletrônica de varredura, por espectrometria dispersiva em energia, realizada nos laboratórios da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foram observados grãos e fragmentos irregulares de cor branca acinzentada, brilho metálico e de dimensões <0,1mm. Salienta-se que a amostra PS-823 foi coletada no domínio das rochas encaixantes, porém, próximo aos serpentinitos e acredita-se que se trata de solos transportados, deste litótipo (serpentinito) para aqueles (gnaisse e migmatitos).

Integrando-se e interpretando-se as informações geológicas, geoquímicas e mineralógicas descritas, evidencia-se uma filiação máfico-ultramáfica. As faixas anômalas de Pt e Pd, com uma extensão superior a 6 km, segundo o acamamento do CMSO e situadas em um nível estratigráfico definido na seqüência gabrótica, constituem um contexto favorável a presença de mineralização em EGP, semelhante aos modelos dos complexo de Stillwater (Todd et al. 1982) e de Bushveld (Naldrett et al. 1987). A revelada presença de MGP reforça essa hipótese e aumenta as perspectivas metalogenéticas. A freqüente presença de cromita nos concentrados de solos e nas análises petrográficas é sugestiva da presença de níveis cromitíferos, particularmente associados aos serpentinitos, conforme os modelos metalogenéticos acima mencionados. Necessita-se de maiores estudos para justificar as anomalias de Au, podendo, as mesmas, estarem associadas ao contexto máfico-ultramáfico, ou a falhamentos/atividades hidrotermais relacionadas à granitogênese Velho Guilherme (remobilização).

6.4.5 SEDIMENTOS DE CORRENTE

Foram coletados 27 sedimentos de corrente no Alvo Serra do Puma. A metodologia de amostragem e de análise dos sedimentos de corrente está descrita no **Capítulo 2** deste informe técnico. O material citado foi analisado para Cu, Zn, Co, Ni e Cr. As alíquotas geoquímicas dos sedimentos de corrente encontram-se arquivadas no LAMIN - Rio de Janeiro.

A serra do Puma constitui-se em um divisor de águas, com a rede de drenagem disposta transversalmente à serra e, conseqüentemente, corta perpendicularmente as diversas unidades estratigráficas. Dessa maneira, os sedimentos de corrente representam uma mistura de populações, provenientes dos vários litótipos. Em vista do exposto, e para uma melhor representatividade e interpretação dos resultados analíticos, considerou-se a População Global. Os resultados analíticos foram tratados pelo programa Statistica que forneceu o Sumário Estatístico (**Tabela 3**).

Baseado nas considerações acima foram estabelecidos 11 valores anômalos, sendo 2 de Cu (≥ 41 ppm), 3 de Zn (≥ 90 ppm), 3 de Co (≥ 156 ppm), 2 de Ni (≥ 1.885 ppm) e 2 de Cr (≥ 24.823 ppm). A distribuição geográfica dessas amostras pode ser observada na **Figura 15**. Analisando-se essa distribuição verifica-se que o mais importante agrupamento de amostras anômalas constitui o Alvo 1Sc, situado em um afluente pela margem esquerda da Grota da Merenda, entre as transversais 2000E e 4000E. Esse alvo abrange uma área de aproximadamente 1 km², foi delimitado pelas amostras ER-10, ER-11 e ER-12, e abrange rochas gabróticas e serpentiniticas. Essas amostras apresentam valores anômalos de Zn, Co, Ni e Cr. Nesse conjunto, em termos de associação geoquímica pode ser observada uma filiação de natureza ácida (Zn) e outra ultrabásica (Ni-Co-Cr). Essa última reflete o contexto litológico (básico-ultrabásico) da serra do Puma e pode ser dividido em dois ramos: um comandado pelo Cr que sugere um relacionamento com a cromita, presente nos serpentinitos; o outro ramo é caracterizado pela associação Ni-Co que pode ser indicativa da presença de mineralizações sulfetadas. Com relação às anomalias de Zn, a sua presença é muito evidente pois foi detectada nas 3 amostras anômalas. Tendo por base o contexto geológico do CMSP e a discrepância do Zn com uma filiação básico-ultrabásica, sugere-se que esse elemento esteja associado a fraturamentos/atividades hidrotermais relacionadas à granitogênese Velho Guilherme, que assolou essa porção cratônica após a colocação do corpo máfico-ultramáfico.

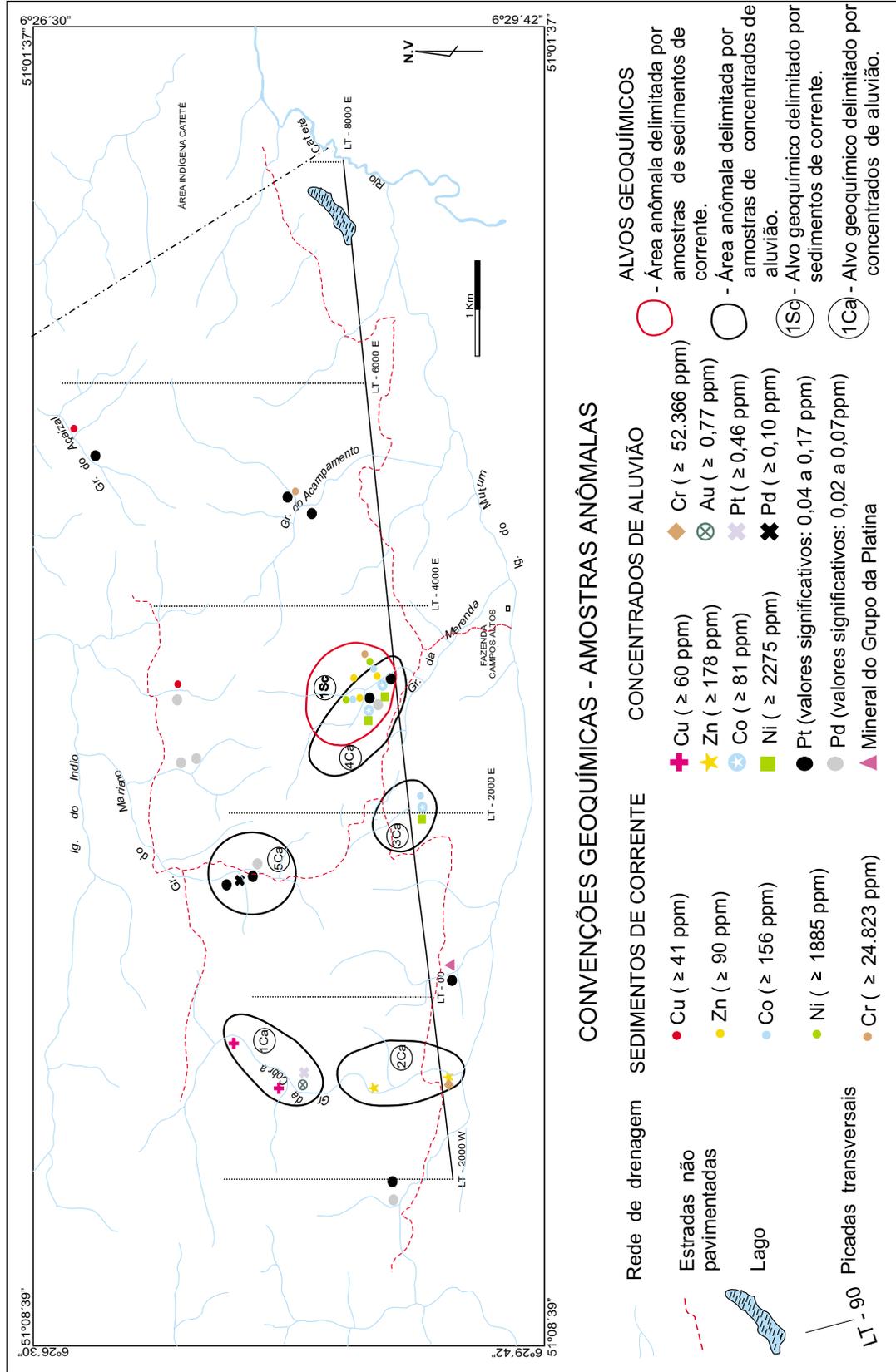


Figura 15 - Mapa de zonas anômalas (geoquímica) delimitadas por sedimentos de corrente e concentrados de aluvião no Alvo Serra do Puma

Ainda na **Figura 15**, podem ser observadas outras amostras anômalas em Cu (ER-08 e ER-15), Cr (ER-17) e Co (ER-09), porém, devido ao seu caráter disperso e isolado, podem ser consideradas de importância secundária.

6.4.6 CONCENTRADOS DE ALUVIÃO

Em cada ponto de amostragem de sedimento de corrente foi coletada uma amostra de concentrado de aluvião. Dessa maneira, foram coletados 27 concentrados de aluvião no domínio de serra do Puma. As amostras estão igualmente distribuídas na área de trabalho, de maneira que cada amostra corresponda a uma bacia de captação de cerca de 1,3 km². O procedimento da amostragem e o método analítico estão descritos no **Capítulo 2**. Os concentrados de aluvião foram analisados para Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Pt, Pd e Au e por via mineralógica para MGP e associados.

À semelhança do que foi descrito para os sedimentos de corrente, no item anterior, os concentrados de aluvião também representam materiais provenientes de diversos litótipos e, conseqüentemente, uma mistura de populações. Em vista disto, e para uma melhor representatividade dos dados optou-se pela População Global, a qual foi tratada pelo Programa Statistica, que forneceu o Sumário Estatístico (**Tabela 3**).

Integrando-se os resultados acima e tendo por base o fundo geológico (**Figura 6**) foram estabelecidos 14 valores anômalos, sendo 2 de Cu (≥ 60 ppm), 2 de Zn (≥ 178 ppm), 3 de Co (≥ 81 ppm), 3 de Ni (≥ 2.275 ppm), 1 de Cr (≥ 52.366 ppm), 1 de Au ($\geq 0,77$ ppm), 1 de Pt (0,46 ppm) e 1 de Pd (0,10 ppm). Como os objetivos principais da prospecção são os EGP e para uma melhor representatividade dos resultados de Pt e Pd, considerou-se como valor significativo, os resultados de 0,04 a 0,17 ppm e 0,02 a 0,07 ppm, dos mencionados elementos, respectivamente (**Figura 15**). As anomalias geoquímicas e os valores significantes de Pt e Pd encontram-se dispersos pelo corpo máfico-ultramáfico, porém pode-se delimitar 5 alvos para pesquisa (**Figura 15**).

O Alvo 1Ca localiza-se na grotta da Cobra, entre as transversais LT-0000 e LT-2000W; ocupa uma área de cerca de 0,8 km² e abrange rochas serpentínicas da Suíte Intrusiva Cateté e gnaisses e migmatitos do Complexo Xingu; esse alvo foi delimitado por 2 amostras anômalas em Cu (ER-22 e ER-24), Au (ER-23) e Pt (ER-23). Como essa drenagem anômala migra das rochas serpentínicas para as do embasamento (com baixa potencialidade metalogenética para aqueles elementos), admite-se que a fonte das anomalias esteja nas rochas serpentínicas. O Alvo 2Ca também está situado na grotta da Cobra (baixo curso), ocupa uma área de 1,10 km² e abrange gabros (Suíte Intrusiva Cateté) e gnaisses e migmatitos (Complexo Xingu); está delimitado por amostras anômalas de Zn (ER-20 e ER-26) e de Cr (ER-26). A amostra ER-09 delimitou o Alvo 3Ca, que está localizado em um afluente da margem direita da grotta da Merenda; ocupa uma área de cerca de 0,5 km², abrangendo rochas gabróicas, com anomalias de Ni e Co. O Alvo 4Ca está situado em uma drenagem pela margem direita da grotta da Merenda, ocupa uma área de cerca de 1 km² e compreende rochas serpentínicas e gabróicas de Suíte Intrusiva Cateté; foi individualizado por anomalias de Ni e Co nas amostras ER-11 e ER-12, e também por valores significantes de Pt e Pd detectados nessas amostras; esse alvo é, em parte, coincidente com o Alvo 1Sc detectado por sedimentos de correntes, que apresentou valores anômalos de Ni, Co, Cr e Zn. O Alvo 5Ca abrange uma área de cerca de 0,7 km², localizado nas cabeceiras da grotta do Mariano, contendo serpentinitos (Suíte Intrusiva Cateté) além de gnaisses e migmatitos (Complexo Xingu); esse alvo foi delimitado pela amostra ER-06 que é anômala para Pd e por valores significantes de Pt (ER-05/0,05 ppm e ER-06/0,11 ppm) e de Pd (ER-07/0,03 ppm); admite-se que a fonte dessas anomalias esteja nas rochas serpentínicas, visto o potencial para EGP desses litótipos e ao desfavorável contexto (para EGP) do Complexo Xingu. Observando-se a **Figura 15** verifica-se a presença de outros valores significativos de Pt e Pd, distribuídos pela área de trabalho, porém de importância secundária.

Integrando-se as informações acima, destaca-se em primeiro plano a associação Ni-Co, presente nos alvos 3Ca e 4Ca, sendo que nesse último alvo, também estão presentes valores significativos de Pt e Pd. Esse contexto geoquímico é bastante sugestivo da presença de mineralizações sulfetadas (Ni-Co) com EGP (Pt-Pd). Destaca-se ainda, que esses alvos geoquímicos abrangem a porção basal do conjunto gabróico e o topo do conjunto serpentinitico, ou seja, na transição da seqüência ultramáfica para máfica. Segundo o modelo dos complexos de Bushveld (Naldrett *et al.* 1987) e de Stillwater, (Todd *et al.* 1982), essa zona é uma das mais favoráveis para conter *reefs* de EGP. As anomalias de Zn (Alvo 2Ca) são sugestivas da presença de mineralizações sulfetadas associadas a fraturamentos/atividades hidrotermais relacionadas à granitogênese Velho Guilherme.

A associação Cu-Au-Pt presente no Alvo 1Ca merece ser melhor estudada, visto que pode ser originada de um contexto máfico-ultramáfico ou estar relacionada a mineralizações sulfetadas de Cu (associadas a fraturas/atividades hidrotermais) com a Pt e o Au remobilizados (?).

O valor anômalo de Cr (ER-26) é sugestivo da presença de cromita, a qual é freqüentemente encontrada nas análises petrográficas e mineralógicas, sendo os serpentinitos as rochas encaixantes mais favoráveis para conter níveis de cromitito.

Os valores anômalos e significantes de Pt e Pd observados nos concentrados de aluvião e dispersos pela área de pesquisa atestam a favorabilidade da presença de mineralizações no âmbito do CMSP. Neste contexto, salienta-se como mais propícia a porção basal da seqüência gabróica e/ou a superior do pacote serpentinitico.

No que se refere às análises mineralógicas dos concentrados a aluvião, a cromita foi o mineral mais freqüente e mais abundante, presente em todas as 27 amostras. O ouro aparece em segundo lugar, sendo detectado em 3 amostras (ER-02, ER-05 e ER-23). Entretanto, o mais importante resultado das análises mineralógicas

foi a presença de MGP na amostra ER-27. Trata-se de um grão esférico, de cor cinza esbranquiçada, brilho metálico e dimensão inferior a 0,062 mm. A análise realizada no microscópio eletrônico de varredura por espectrometria dispersiva de energia, no laboratório da Universidade Federal do Rio de Janeiro, detectou a presença de 87,825% de Pt e 8,837% de Fe, sugerindo tratar-se de uma liga do tipo ferro-platina. Essa amostra, situada a leste da LT-00, possui uma bacia de captação que abrange essencialmente rochas gabróicas e uma pequena lente de serpentinito, constituindo um cenário favorável para conter mineralizações de EGP.

6.4.7 CONSIDERAÇÕES GEOQUÍMICAS

Integrando-se os resultados geoquímicos obtidos nas amostras de solo, concentrados de solo, sedimentos de corrente e concentrados de aluvião coletados no Alvo Serra do Puma, com as informações do mapeamento geológico pode-se emitir as seguintes considerações:

- A prospecção geoquímica apresentou resultados satisfatórios, pois revelou a presença de MGP e delimitou áreas anômalas para a sua pesquisa. Entretanto, deve ser salientado que a pouca sensibilidade do método analítico para Pt, Pd e Au foi um fator limitante a um possível mais completo êxito. Salienta-se também a necessidade de terem sido analisados outros elementos, tais como, Ir, Os, Rh, As e Sb, os quais, sem dúvida forneceriam maiores subsídios para a detecção de *reefs* de EGP.

- Os resultados analíticos dos vários materiais amostrados (solo, concentrados de solo, sedimentos de corrente e concentrados de aluvião), permitiram a identificação de zonas anômalas, algumas das quais superpostas, o que reforça a importância prospectiva desses locais. Entre os materiais amostrados, as amostras de solo apresentam um maior enriquecimento em Cu, Co e Ni e amostras de concentrados de aluvião, em Zn, Cr, Pt e Au.

- Em termos de dispersão geoquímica a maior mobilidade é observada para

Cu, Zn, Co e Ni nos solos, a qual é considerada de natureza hidromórfica e relacionada a compostos organo-argilosos. Quanto ao Cr, Pt, Pd e Au a maior mobilidade geoquímica foi observada nos concentrados de solo e admite-se uma dispersão predominantemente mecânica, entretanto com uma participação de natureza hidromórfica.

- As anomalias detectadas no domínio das rochas encaixantes são consideradas inconsistentes, em virtude de os estudos realizados revelarem, para as rochas do Complexo Xingu, um baixo potencial metalogenético para armazenar importantes depósitos minerais para qualquer dos 8 elementos analisados. Salienta-se também que o relacionamento topográfico entre as rochas encaixantes (inferior) e as máfico-ultramáficas (superior) favorece o deslocamento gravitacional dos materiais provenientes desses últimos litótipos para os primeiros.

- Nos solos e sedimentos de corrente destacam-se anomalias de Ni, Co, Cr, Cu e Zn; nos concentrados de solo, Pt, Pd e Au; nos concentrados de aluvião verificam-se anomalias de Ni, Co, Pt, Pd, Au e Zn. A associação anômala Ni-Co-Cu-Cr é típica de um contexto máfico-ultramáfico sendo que os 3 primeiros elementos formam uma filiação sugestiva da presença de uma paragênese sulfetada, enquanto que Cr é indicativo de Cr-espinélio, que pode ser originada de níveis cromitíferos ou de forma disseminada. As anomalias de Zn não se enquadram em um contexto máfico-ultramáfico; nesse caso, a interpretação é direcionada para um evento independente do magmatismo do CMSP, o qual pode ser a granitogênese Velho Guilherme, que através de atividades hidrotermais/falhasamentos pode ter gerado mineralizações sulfetadas de Zn. Os concentrados de solo revelaram importantes faixas anômalas de Pt e Pd na seqüência gabróica. Esses elementos também foram revelados nos concentrados de aluvião, e ganham maior importância nos alvos em que estão associados a valores anômalos de Ni-Co. As anomalias de Au merecem ser melhor estudadas; visto que, podem ser originadas de um contexto máfico-ultramáfico ou estar relacionadas com mineralizações sulfetadas

remobilizadas pelo hidrotermalismo Velho Guilherme.

- As análises mineralógicas sugerem um ambiente máfico-ultramáfico, com mineralizações sulfetadas (pirita e pentlandita), Au, MGP e possíveis níveis de cromitito.

- A integração das zonas anômalas permitiu construir a **Figura 16**, onde se pode visualizar as áreas anômalas reveladas pelos diferentes materiais amostrados. Salienta-se para a pesquisa de EGP as faixas anômalas detectadas no âmbito da seqüência gabróica, em concordância com os modelos dos complexos de Bushveld e Stillwater. Ainda segundo esses modelos, as rochas serpentiniticas seriam as mais propícias para conter níveis cromitíferos.

Comparando-se os resultados de EGP obtidos na serra da Onça, com os da serra do Puma, verifica-se nesse último alvo, um maior número de valores detectados, apesar de mais baixos valores absolutos, do que os observados naquele alvo. Salienta-se também, que na serra do Puma (devido ao impedimento da FUNAI) só foi pesquisado cerca de 45% do total do alvo. Pelo exposto, considera-se para a serra do Puma, um elevado potencial metalogenético para EGP e associados.

6.5 METALOGENIA DOS ELEMENTOS DO GRUPO DA PLATINA

A integração dos dados obtidos na serra do Puma, bem como a comparação com outros complexos máfico-ultramáficos melhor estudados, tais como as intrusões de serra da Onça, Stillwater, Bushveld e Great Dyke, permite estabelecer as seguintes favorabilidades metalogenéticas para o CMSP:

- Trata-se de um corpo máfico-ultramáfico, diferenciado, acamadado, anorogênico, intrusivo em ambiente intraplaca.

- Está constituído por serpentinitos, peridotitos, piroxenitos e gabros, sendo esse último, o tipo litológico predominante. Esse condicionamento, segundo Dupark *apud* Routhier (1963), aumenta a favorabilidade para EGP.

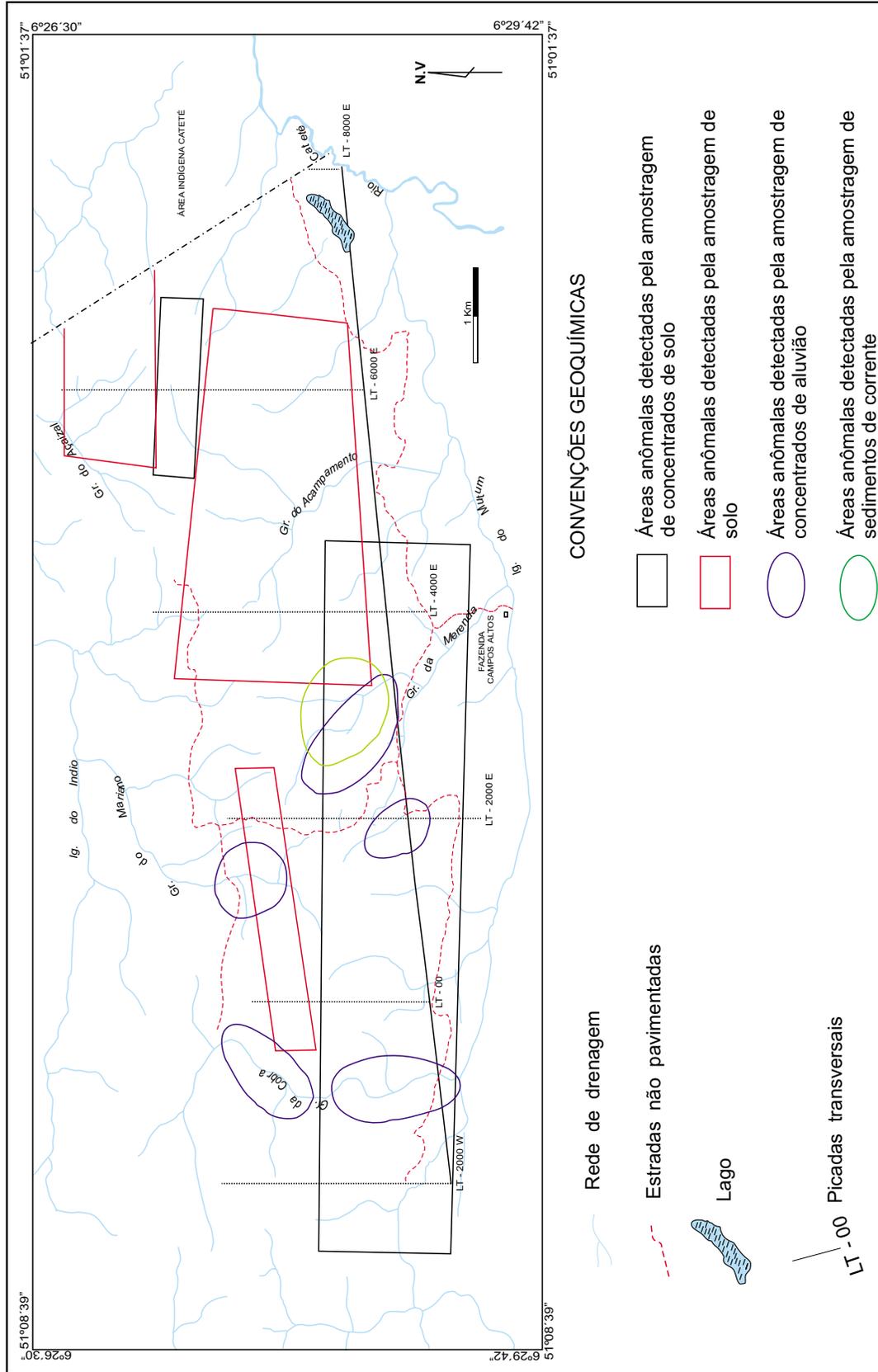


Figura 16 - Mapa integrado das principais áreas anômalas (geoquímica) do Alvo Serra do Puma

- Acredita-se que a transformação mineralógica (piroxênios para actinolita-tremolita) observada nas rochas do CMSP, interpretada como resultante da ação do magmatismo ácido Uatumã, não deva constituir um fator inibidor da presença de mineralizações de EGP, visto a presença dessas mineralizações em outros corpos máfico-ultramáficos, que foram metamorfisados até a médio grau (Complexo de Stilwater).

- A revelação de Metais do Grupo

da Platina em concentrados de aluvião (ER-27) é uma forte evidência da vocação metalogenética do CMSP para EGP. A análise qualitativa através de microscopia eletrônica de varredura (MEV), por espectrometria dispersiva em energia (EDS) realizada nos laboratórios da Universidade Federal do Rio de Janeiro, detectou a presença de 27,825% de platina e 8,837% de ferro, sugerindo tratar-se de uma liga do tipo ferro-platina (**Figura 17**). A bacia de captação da referida amostra contém rochas gabróicas.

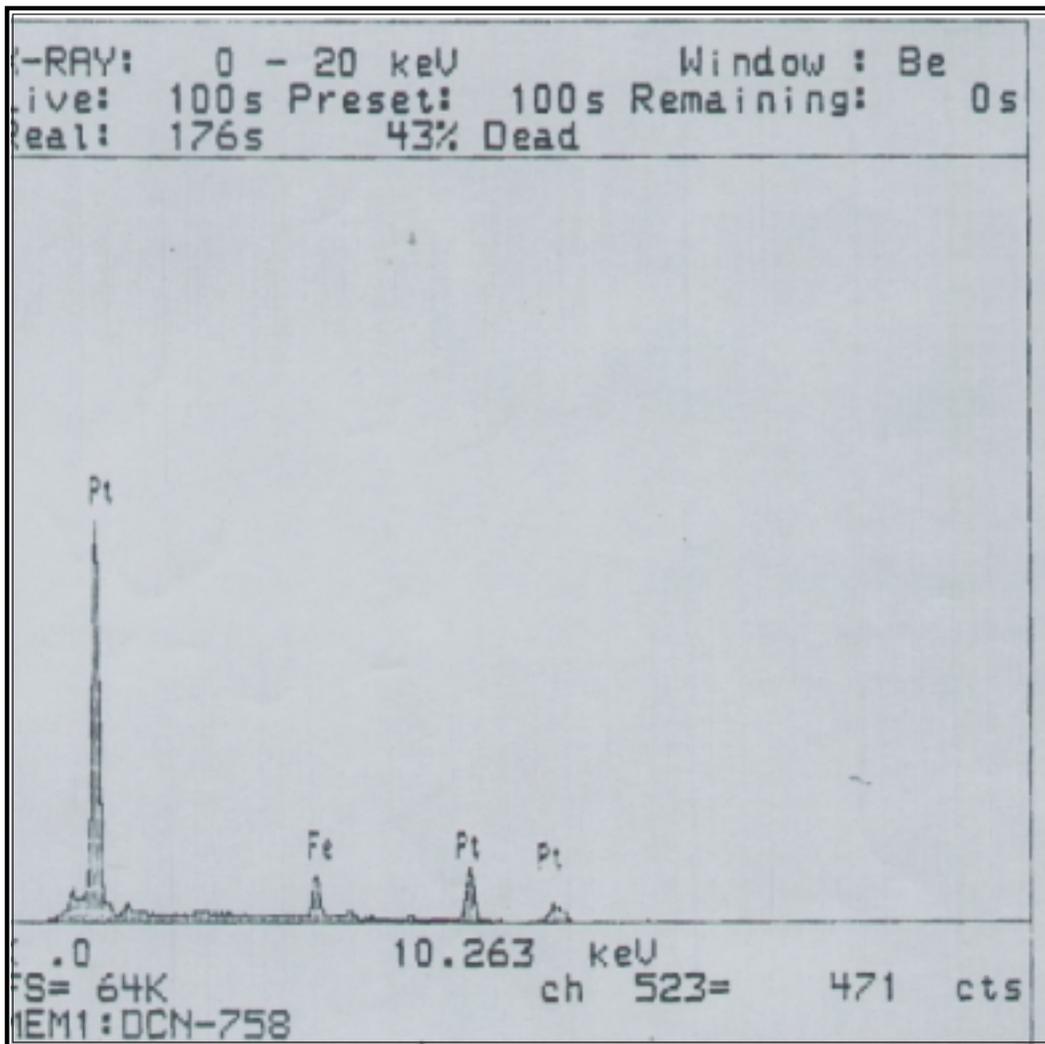


Figura 17 – Espectro de raios-X da amostra DCN-758, tomada com 15 keV e distância de trabalho (WD) igual a 25 mm (MEV Zeiss 940A e EDS e XLII). Amostra ER-27. Concentrado de aluvião.

- Na amostra de concentrado de solo (PS-823) oriunda de coluviões de rochas serpentínicas foi detectado, também através de análise MEV/EDS, um grão mineral com composição predominante do elemento platina (**Figura 18**).

- Em vários outros concentrados também foram detectados grãos de minerais que por suas propriedades físicas assemelham-se aos grãos de MGP acima detectados. Entretanto, por motivos opera-

cionais, só em alguns grãos é que foram realizadas análises MEV/EDS.

- Os grãos de MGP detectados apresentam tonalidades acinzentadas, brilho metálico a semi-metálico, de formas irregulares, achatadas e esféricas e de dimensões inferiores a 0,1 mm.

- Associados aos grãos de MGP foi detectada a presença de cromita, ouro e sulfetos (malaquita).

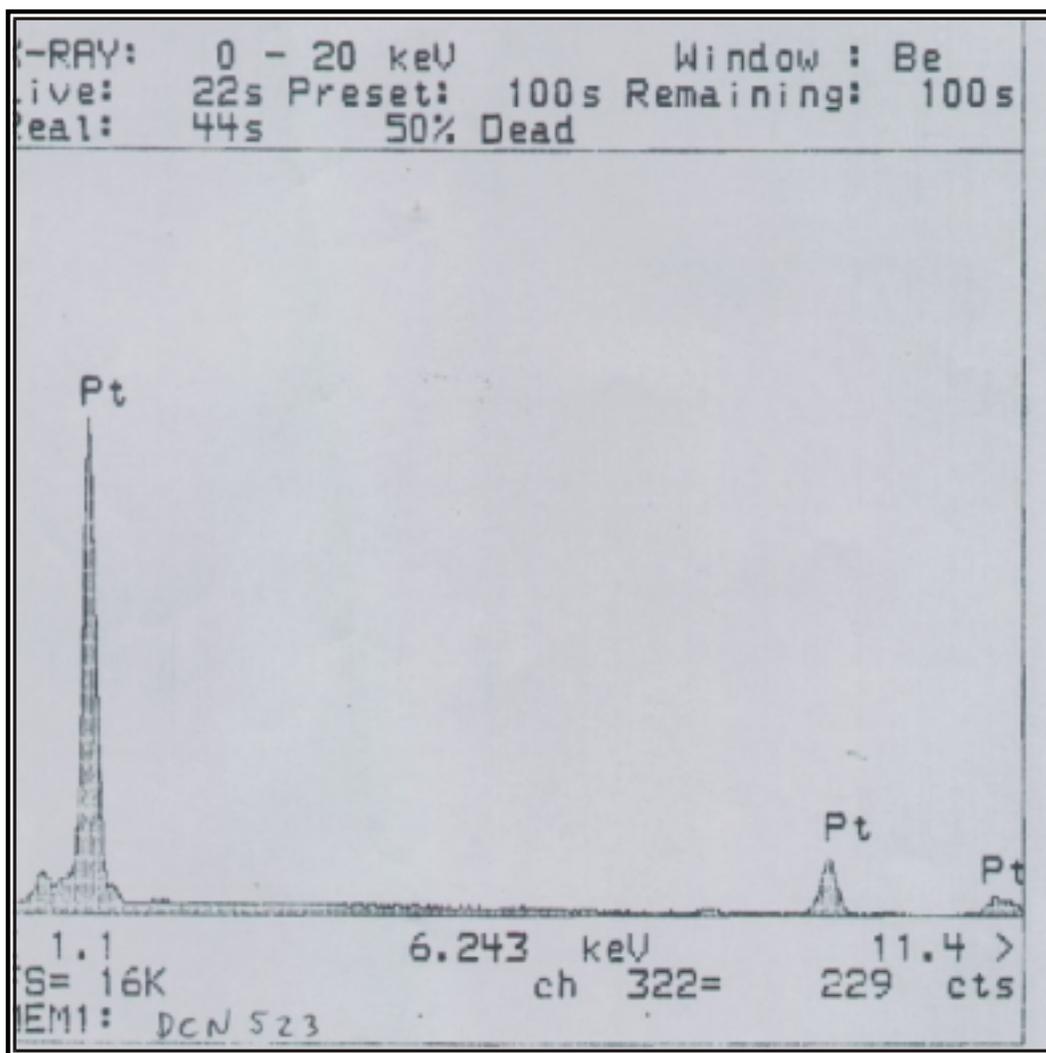


Figura 18 – Espectro de raios-X da amostra 1273/BE, tomada com 15 keV e distância de trabalho (WD) igual a 25 mm (MEV Zeiss 940A e EDS e XLII). Amostra OS-823. Concentrado de solo

- No atual estágio de pesquisa, ainda necessita-se de estudos mineralógicos mais detalhados objetivando determinar a origem dos MGP detectados. Entretanto, baseado na composição química e na morfologia dos grãos, bem como, na evolução geomorfológica da região da serra do Puma, admite-se que os grãos detectados foram originados do contexto das rochas gabróicas e serpentínicas e, posteriormente, sofreram transformações no ambiente secundário.

- Baseados em parâmetros geotectônicos, estruturais, estratigráficos, litológicos e metalogenéticos, admite-se uma forte correlação da serra do Puma, com a Serra da Onça. Assim como, desses corpos com outros mineralizados em EGP (Stillwater, Bushveld e Great Dyke), em razão disso, reconhece-se a alta potencialidade de serem descobertos jazimentos de EGP no CMSP.

7 - Corpo Máfico-Ultramáfico do Igarapé Carapanã

7.1 GENERALIDADES

Semelhante ao corpo máfico-ultramáfico da serra do Puma, o do igarapé Carapanã-CMIC, apresenta em superfície uma forma alongada, com cerca de 8 km de comprimento e uma largura variável, com um máximo de 2,5 km (**Figura 19**). Entretanto, o posicionamento estrutural do CMIC, segundo NNE-SSW, é diferente do observado para os corpos da Serra da Onça e da Serra do Puma (E-W).

O alvo igarapé Carapanã abrange uma área de cerca de 10,5 km², limitado pelos paralelos 6°33'27" e 6°40'00" de latitude sul e pelos meridianos 51°24'51" e 51°29'30" de longitude Wgr (**Figura 20**).

Sob o ponto de vista topográfico o alvo igarapé Carapanã, não se apresenta como uma "serra", como descrita para os alvos anteriores. O CMIC assemelha-se a uma suave elevação topográfica alongada. De acordo com a base planimétrica (SB.22-Y-B) elaborada pelo IBGE, o ponto culminante da área em estudo é de aproximadamente 270m, com um desnível máximo de 50 m em relação às áreas aplainadas circunvizinhas. Não exibe proeminente relevo e a sua porção setentrional é a mais desenvolvida. Pode ser considerado como uma colina alongada com topo abaulado e com suaves encostas.

A vegetação predominante na área do CMIC é típica de Floresta Aberta Latifoliada, bem desenvolvida, de grande porte e com variadas espécies. Localmente, a vegetação nativa está sendo substituída por culturas, pastagens e "capoeiras" resultantes das atividades agropecuárias.

A área de pesquisa constitui um divisor de águas, entre os igarapés Carapanã e Mutum, sendo este último, afluente do primeiro.

De acordo com o Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira (SUDAM, 1984), o CMIC apresenta parâmetros semelhantes ao da serra do Puma. Esses são caracteri-

zados por uma precipitação média anual em torno de 2.000 mm; uma temperatura média anual de 25°C e a umidade relativa média anual é de 85%. De acordo com a classificação de Köppen (1948), a região em estudo pode ser enquadrada no tipo Am. Trata-se de um clima de monção com intensas precipitações durante alguns meses, (janeiro a abril) compensados por um curto período de precipitações inferiores a 60 mm.

O solo desenvolvido sobre as rochas máfico-ultramáficas do igarapé Carapanã é do tipo Latossolo Vermelho Escuro, semelhante ao descrito para a Serra do Puma (**Capítulo 6**). Assim, como também o solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo, desenvolvido sobre as rochas encaixantes gnáissicas, presentes nos mencionados alvos.

7.2 ASPECTOS LITOESTRATIGRÁFICOS

O CMIC, assim como o CMSP situam-se em um mesmo contexto geotectônico. Assim, pode-se dizer que o corpo máfico-ultramáfico do igarapé Carapanã, exibe em superfície uma forma alongada, seguindo a direção NNE-SSW, encaixado no Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas.

Baseado no mapeamento geológico (**Figura 20**) executado no Alvo Igarapé Carapanã, conseguiu-se estabelecer o seguinte empilhamento estratigráfico: Complexo Xingu, Suíte Intrusiva Cateté, Corpos Intrusivos Ácidos. Diabásio Cururu, Cobertura Laterítica e Cobertura Colúvio-Aluvionar. As rochas encaixantes do CMIC são englobadas sob a denominação de Complexo Xingu, que está representado por rochas de tonalidade cinza média a cinza escura, faneríticas, granulação média, com estruturas foliadas e bandadas. Tratam-se essencialmente de gnaisses. Localmente exibem diferentes estágios de migmatização, ocorrendo típicas estruturas nos estágios metatexitos e diatexitos. São rochas que foram submetidas a diferentes intensidades de deformação milonítica, entretanto, predominando o estágio protomilonítico.

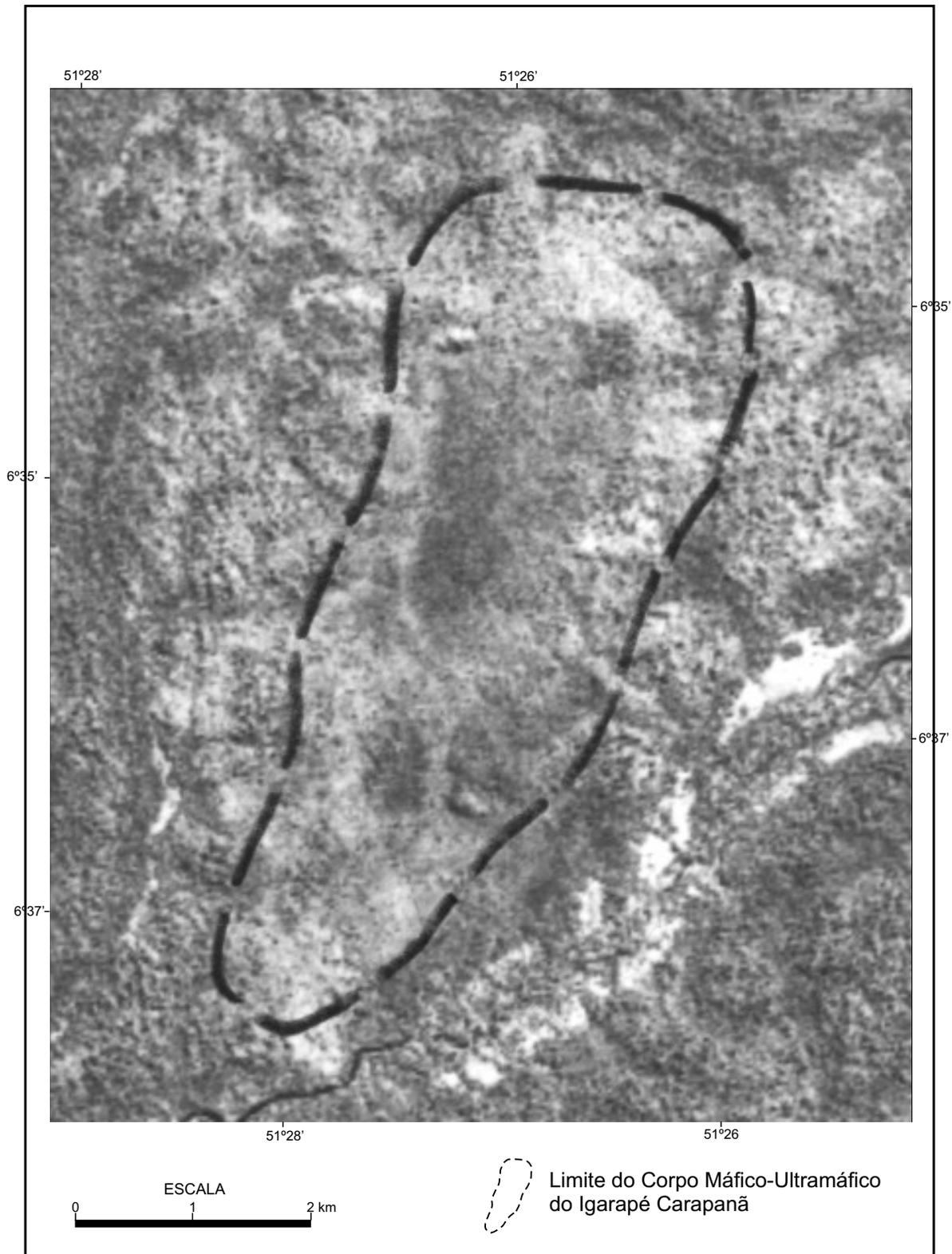


Figura19 - Imagem de Satélite LandSat, Canal 4, Igarapé Carapanã

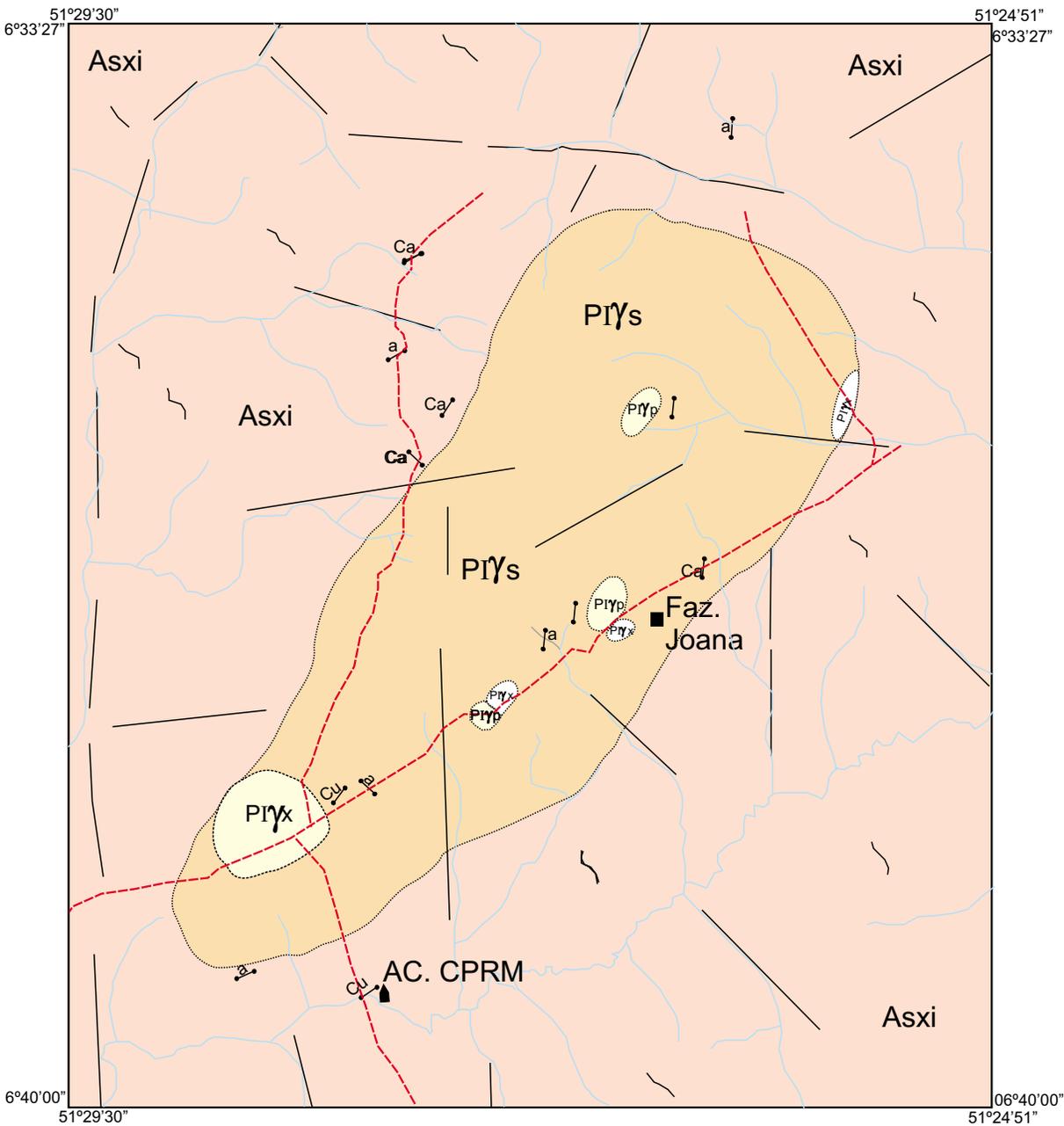
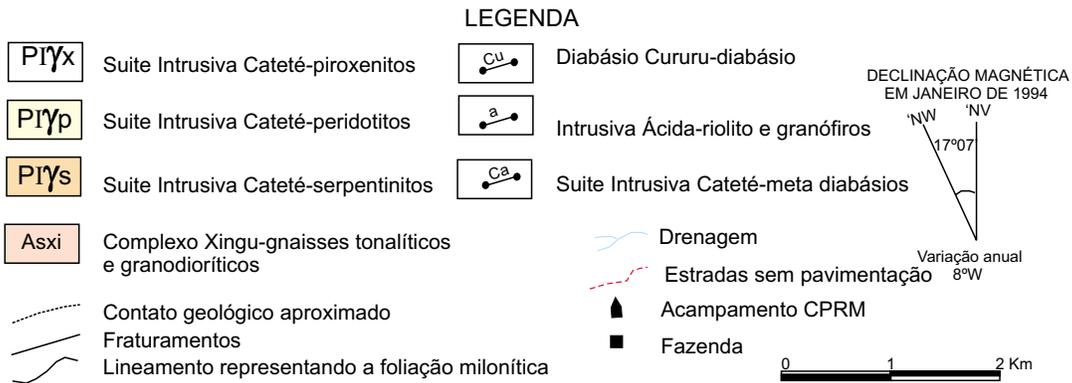


Figura 20 - Mapa Geológico do Corpo Máfico-Ultramáfico do Igarapé Carapanã



Os litótipos do Complexo Xingu apresentaram como minerais majoritários o quartzo, plagioclásio e feldspato potássico; como varietais, a biotita, hornblenda e muscovita; como acessórios, o zircão, apatita, titanita e opacos; e como minerais secundários, o epidoto e os argilominerais. Os minerais citados apresentam-se organizados principalmente em texturas granoblásticas e porfiroblásticas. Essas rochas exibem composições trondhjemítica a tonalítica, com predomínio desse último tipo.

No domínio do Complexo Xingu foram mapeados, localmente, pequenos veios de quartzo branco leitoso. Esses apresentam-se milonitizados e fraturados, com fraturas preenchidas por clorita e opacos.

A Corpo Carapanã, de idade proterozóica, é a unidade litoestratigráfica mais importante na área de trabalhos, pois constitui o alvo da pesquisa de EGP. Baseado no mapeamento geológico executado estabeleceu-se a seguinte sucessão estratigráfica: serpentinitos, peridotitos, piroxenitos e diabásios.

Examinando-se o mapa geológico do CMIC (**Figura 20**) observa-se que o mesmo é constituído quase que exclusivamente por serpentinitos ($\pm 95\%$). Verifica-se também que o corpo não apresenta um evidente padrão de acamamento e não foram observadas rochas gabróicas. Entretanto, baseado na variedade litológica detectada, na presença de cristais cúmulus, na seqüência de diferenciação magmática exibida pelos litótipos mapeados e em comparação com os outros corpos melhor expostos e estudados (CMSO e CMSP), admite-se que o CMIC seja um corpo intrusivo, de natureza máfico (diabásio) - ultramáfico (serpentinitos, peridotitos e piroxenitos), diferenciado e que a porção atualmente observável corresponda à parte inferior de uma intrusão.

Como observado na serra do Puma, as rochas serpentiniticas apresentam-se intemperizadas e, muitas vezes, lateritizadas. No primeiro caso exibe tonalidades cinza-claras a cinza-escuras e no segundo, colorações amarronzadas. Em ambas as

situações, o serpentinito apresenta-se fraturado. Localmente, o fraturamento é intenso, com as fraturas dispostas de maneira subparalela e com espaçamento centimétrico fornecendo à rocha um padrão pseudo-acamadado. Muitas vezes esse fraturamento, milimétrico, é preenchido por quartzo e/ou calcedônia e/ou crisoprásio e/ou minerais opacos (magnetita-ilmenita?).

O estudo petrográfico demonstrou que os serpentinitos apresentam diferentes estágios de serpentinização. Estes variam desde exemplares inteiramente serpentinizados até os compostos por cristais reliquiares de olivina e piroxênio constituindo dunitos serpentinizados. A massa serpentinitica é formada essencialmente por lizardita, de aspecto homogêneo e textura *mesh* (EM-468). Observa-se também a presença de crisotila, que ocorre com aspecto fibroso e preenche as fraturas existentes na massa lizardítica e nos cristais reliquiares de olivina e piroxênio.

A olivina apresenta-se na forma de cristais reliquiares e pseudomorfos. Nos exemplares mais preservados da serpentinização verifica-se que se tratam de cristais cúmulus, constituindo texturas adcumuláticas. O piroxênio ocorre de maneira subordinada (< 10%), como mineral intercúmulus e, raramente, como cúmulus. O processo de serpentinização modificou as propriedades óticas do piroxênio, sendo difícil identificar a variedade; entretanto, alguns cristais ainda preservam as características dos clinopiroxênios. Os minerais opacos (cromita e magnetita?) são freqüentes, embora em proporções inferiores a 1%. Ocorrem sob a forma de diminutos cristais de formas euédricas a subédricas, e como inclusões na olivina e no piroxênio.

Ainda baseado nos estudos microscópicos, particularmente dos serpentinitos mais preservados, observa-se que são rochas quase que inteiramente formadas por olivina reliquiar, porém, em alguns exemplares, o piroxênio reliquiar alcança proporções superiores a 10%. Assim, baseado nessa observação sugere-se que os protólitos dos atuais serpentinitos são essencialmente peridotitos.

À semelhança do que foi observado no CMSP, também no CMIC foi constatada a presença de rochas peridotíticas. Porém, de maneira diferente do que foi observado no alvo descrito, no corpo do Igarapé Carapanã, os peridotitos estão associados aos serpentinitos. Ocorrem como 3 pequenos corpos, aproximadamente alinhados (interligados ?) segundo a direção geral do CMIC (NNE-SSW) e situados na porção mediana do pacote serpentinitico.

As rochas peridotíticas exibem as tonalidades cinza esverdeada, melanocrática, aspecto homogêneo, estrutura maciça, fanerítica e com granulação média a fina. Em exame microscópico observa-se a predominância de textura hipidiomórfica granular. Mineralogicamente são constituídas por olivina, que às vezes apresenta-se transformada em lizardita; clinopiroxênio do tipo diopsídio-augita e minerais opacos (magnetita ?). A olivina apresenta-se como cristais cúmulus e o piroxênio pode ocorrer tanto na forma cumulática como intercumulática. Esses minerais exibem propriedades óticas semelhantes às observadas na serra da Onça e diferentes das verificadas na serra do Puma, onde o piroxênio apresenta-se transformado. Essas rochas podem ser denominadas de wherlitos e wherlitos serpentinizados.

No Alvo Igarapé Carapanã foi também observada a presença de piroxenitos. Nesse caso os piroxenitos ocorrem em quantidades subordinadas (> 5%), porém em volume um pouco maior do que os peridotitos. Afloram espaçadamente segundo a direção geral (NNE-SSW) do corpo máfico-ultramáfico do Igarapé Carapanã. Sob o ponto de vista estratigráfico, no atual estágio de pesquisa, torna-se difícil estabelecer o posicionamento dos piroxenitos em relação aos serpentinitos e aos peridotitos, visto que as rochas piroxeníticas não ocupam um posicionamento estratigráfico definido e seccionam o corpo em estudo, da extremidade SW para NE (**Figura 20**).

Os piroxenitos apresentam-se nas tonalidades cinza esverdeada, melanocráticos, aspecto homogêneo, estrutura maciça e com granulação média a fina.

Exibem uma textura hipidiomórfica granular, porém, localmente verifica-se uma textura poiquilítica. Estão constituídos essencialmente por piroxênio do tipo diopsídio-augita e secundariamente por olivina e minerais opacos. Apresentam-se na forma de minerais cúmulus organizados em um padrão adcumulático. Em algumas amostras (EM-492 B) observa-se o plagioclásio como constituinte intercumulático. Os minerais opacos (magnetita ?) ocorrem como cúmulus, inclusões e preenchendo fraturas. Os piroxenitos do CMIC como observado na serra do Puma não apresentam os piroxênios transformados em tremolita-actinolita. Essas rochas podem ser classificadas em clinopiroxenitos (EM-474) e alguns exemplares como olivina-clinopiroxenitos.

A presença do “Diabásio Cateté” também foi observada na área do Igarapé Carapanã. Ocorre como diques, de pequenas dimensões, inferiores a 15 m de largura e 50 m de comprimento (com base em afloramentos) e posicionamento subvertical. A direção desses diques é variada, principalmente nos quadrantes NE e NW. Distribuem-se em diversos pontos da área trabalhada, tanto no domínio das encaixantes, como no do corpo máfico-ultramáfico. Entretanto, a maior concentração desses diques localiza-se na porção central do CMIC (**Figura 20**).

Tratam-se de rochas de coloração cinza escura, geralmente melanocrática, aspecto homogêneo, estrutura maciça, fanerítica, equigranular e com granulação fina a média. Exibem texturas ofíticas e subofíticas e são constituídos de plagioclásio, augita, hornblenda, uralita, escapolita, titanita, opacos e epidoto. Alguns exemplares exibem uma maior percentagem de olivina e são classificados como olivina-diabásios (EM-539). Os diabásios do Igarapé Carapanã exibem a transformação dos piroxênios para tremolita-actinolita, desprovidos de efeitos tectono-estruturais. Em razão disso, estão sendo classificados como de metadiabásio e olivina metadiabásio.

Localmente alguns diques do “Diabásio Cateté” demonstram um mais avan-

çado estágio de diferenciação magmática. Entre esses cita-se a amostra EM-508, na qual a rocha apresenta-se bastante diferenciada exibindo o quartzo em posicionamento tardio e intersticial, constituindo uma textura granofírica.

Durante o mapeamento geológico da região do igarapé Carapanã foram detectadas exposições rochosas relacionadas aos últimos estágios de evolução do magmatismo Cateté. São afloramentos pequenos, não mapeáveis na presente escala de trabalho e localizados ao longo da zona de contato da borda oeste do CMIC. Tratam-se de leucodioritos, anortositos e granófiros. O primeiro tipo rochoso exibe uma textura hipidiomórfica granular, constituída de plagioclásio, quartzo, hornblenda, epidoto e clorita. O anortosito é constituído essencialmente de plagioclásio e minerais máficos (piroxênio e anfibólio). O granófiro é de natureza ácida, constituído de plagioclásio, minerais máficos e quartzo em intercrescimento micrográfico e granofírico.

Após a instalação do CMIC, a região em estudo foi afetada por um magmatismo ácido, cujos produtos foram englobados no Grupo Uatumã e na Suíte Intrusiva Velho Guilherme (CPRM, 1997). Na área do igarapé Carapanã, esse magmatismo atingiu tanto o corpo máfico-ultramáfico como as rochas encaixantes sob a forma de pequenos corpos, os quais estão sendo englobados sob a designação informal de Rochas Intrusivas Ácidas. Tratam-se essencialmente de riolitos e granófiros. Os primeiros ocorrem sob a forma de diques de pequenas dimensões (< 10 m de largura e < 50 m de comprimento). Exibem as tonalidades acinzentadas e amarronzadas, estrutura macroporfirítica e microporfirítica, mineralogicamente constituídas de quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e hornblenda cloritizada; os pórfiros são principalmente de quartzo e feldspatos; algumas amostras (EM-467) apresentam feições "esferulíticas". Os granófiros são de coloração marrom-avermelhada, aspecto microporfirítico, com textura granofírica e mineralogicamente constituídos de quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, biotita e opacos (EM-521).

Foram ainda mapeados na área do igarapé Carapanã pequenos diques de diabásio, que estão sendo denominados de Diabásio Cururu, de idade mesozóica. Essas rochas foram detectadas particularmente no domínio das encaixantes do CMSO. Em estudo mesoscópico, esse diabásio é muito semelhante ao "Diabásio Cateté", entretanto difere em algumas características microscópicas, tais como, as transformações mineralógicas (piroxênio em tremolita-actinolita), presentes no "Diabásio Cateté" e ausente no Cururu.

Como vestígios do processo de laterização (Terciário) que atingiu a região do igarapé Carapanã, são observados fragmentos da crosta ferruginosa. Esses podem ser divididos em dois grupos: um apresenta coloração marrom clara, amarelada e avermelhada, constituídos essencialmente de óxidos e hidróxidos de Fe e relacionados aos gnaisses do Complexo Xingu; o outro grupo abrange rochas de coloração marrom escura constituídas principalmente de óxidos e hidróxidos de Fe e relacionados aos litótipos máfico-ultramáficos.

Completando o empilhamento estratigráfico da região do CMIC, são observadas coberturas coluvionares e aluvionares de idade quaternária. Essas últimas são bem mais expressivas e situam-se particularmente ao longo do igarapé Carapanã.

Encerrando a descrição do quadro litoestratigráfico deve ser mencionado que o estudo petrográfico dos piroxenitos, peridotitos e serpentinitos mais preservados, demonstrou a presença de cristais cúmulus de olivina e piroxênio. Esses ocorrem nas formas euédricas e subédricas, poligonizados, com contatos atectônicos e sem qualquer evidência de deformação e metamorfismo.

Salienta-se também que no domínio das rochas mencionadas foi observado em vários locais, que os cristais exibem contatos retos e dispõem-se de maneira que se assemelham a junção triplíce. Essa feição sugere que as rochas do CMIC originam-se da lenta cristalização de um magma com altas temperaturas.

Outro fato a ser mencionado é que no corpo máfico-ultramáfico do Igarapé Carapanã, nos diversos tipos rochosos da Suíte Intrusiva Cateté, ocorre somente o clinopiroxênio. Esse fato, difere da serra do Puma, na qual se observa ortopiroxênio e clinopiroxênio.

Ainda com referência aos piroxênios, no domínio das rochas do CMIC, observa-se que apenas no "Diabásio Cateté", o piroxênio apresenta-se transformado em tremolita e actinolita. Nos demais litótipos, piroxenitos e peridotitos, o referido mineral exibe-se de maneira inalterada.

7.3 PANORAMA ESTRUTURAL

O Corpo Máfico-Ultramáfico do Igarapé Carapanã dispõe-se, em superfície, segundo a direção NNE-SSW, discordando estruturalmente com a direção regional do *trend* do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas (E-W), e da direção geral dos dois alvos já descritos (CMSO e CMSP). Entretanto o posicionamento do CMIC, concorda com a direção geral de outros corpos máfico-ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté, tais como, o Jacaré, Jacarezinho e outros sem designação formal situados próximos ao rio Xingu. Porém, apesar da discordância estrutural entre a direção regional do Cinturão Itacaiúnas e a do corpo máfico-ultramáfico do Igarapé Carapanã, verifica-se que esse último concorda com determinados padrões do primeiro. Assim, o posicionamento do CMIC concorda estruturalmente com a direção de certas feições estruturais secundárias do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas, tais como as fraturas antitéticas ou R', posicionadas transversalmente ao *trend* Itacaiúnas. Portanto, essas fraturas constituem Zonas de Cisalhamento Discretas, e na qual o CMSI está encaixado. Tais zonas, por constituírem zonas de fraqueza crustal, podem ter servido como conduto para o *emplacement* do corpo máfico-ultramáfico do Igarapé Carapanã.

No atual estágio da pesquisa, devido à ausência de bons afloramentos e de métodos indiretos de pesquisa (geofísicos) não se pode determinar o valor e a direção do mergulho. Entretanto, baseado na maior

abundância de rochas serpentínicas na porção oeste do CMIC e na sucessão petrográfica-evolutiva (serpentinitos-peridotitos-piroxenitos) observada nas picadas transversais sugere-se um mergulho para SE.

Os fraturamentos são os principais elementos estruturais na área de trabalho. Esses estão dispostos principalmente segundo as direções N-S e E-W. O feixe de fraturamento N-S distribui-se em toda área de pesquisa, e está bem representado ao longo do Igarapé Mutum. Essa direção é concordante com a direção geral do CMIC, com as fraturas antitéticas do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas e com a Zona de Cisalhamento Discreta, mapeada pela CPRM (1997). O fraturamento E-W é menos conspicuo e está melhor representado na porção centro-norte da área de pesquisa. Essa direção é concordante com a direção regional do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas. Destaca-se ainda o fraturamento segundo N 50° W, que é coincidente com *trend* de falhas normais estabelecido pela CPRM (1997) para esta porção cratônica.

No domínio das rochas do Complexo Xingu, além dos fraturamentos acima mencionados, foram observados traços de foliação milonítica segundo as direções N 50-40° W. Essas estão concordantes com o posicionamento estrutural do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas, na região do Igarapé Carapanã. As demais medidas estruturais ficam prejudicadas, pois os afloramentos geralmente são em forma de blocos rochosos.

Merece ainda ser mencionada a indicação de que o limite oeste do CMIC constitui uma zona de falha. As informações dos sensores remotos e os dados de campo coletados não são elucidativos. Entretanto, em escala regional esse limite coincide com uma zona de fratura e em campo foram observados blocos rochosos fraturados. Correlacionando o alvo do Igarapé Carapanã com o modelo das serras da Onça e do Puma, verifica-se que estas são limitadas por falhas. Portanto, é plausível que o CMIC seja também limitado a oeste por uma falha, e que a semelhança dos alvos estudados, seria de natureza reversa.

7.4 PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA

7.4.1 GENERALIDADES

À semelhança do que foi observado na serra do Puma, a prospecção geoquímica realizada no Alvo Igarapé Carapanã objetivou a identificação de mineralizações de EGP e/ou alvos geoquímicos que pudessem conduzir às referidas mineralizações. Em razão disso, foram amostrados solos, concentrados de solo, sedimentos de corrente e concentrados de aluvião. A metodologia de amostragem e de análise constam do **Capítulo 2** deste Informe Técnico.

As alíquotas das amostras coletadas no mencionado alvo, encontram-se arquivadas no LAMIN (CPRM - Rio de Janeiro). O tratamento estatístico e gráfico das informações geoquímicas foram executados através dos programas SURFER (Golden Software), Statistica (Statsoft) e PLOTIT (Scientific Programming Enterprises).

A primeira etapa da interpretação dos dados geoquímicos constou da confecção do Sumário Estatístico (considerando uma distribuição lognormal) para a População Global (**Tabela 7**), através da utilização do Programa Statistica. Nessa tabela, para os elementos analisados (Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Au, Pd e Pt) e os materiais amostrados (solo, concentrados de solo, sedimentos de corrente e concentrados de aluvião), são apresentados o número de valores definidos (n), o valor médio (M), o desvio padrão (σ), o valor mínimo, o valor máximo e as anomalias ($M+2\sigma$). Para uma maior representatividade e confiabilidade dos cálculos estatísticos e da interpretação geoquímica, para os solos e concentrados de solo, as informações geoquímicas desses materiais foram divididas em quatro populações, de acordo com a natureza do substrato litológico, no qual foi executada a amostragem. Assim, foram consideradas as Rochas Encaixantes (**Tabela 8**), os Serpentinóis (**Tabela 9**) e os Piroxenóis (**Tabela 10**). Para cada uma dessas populações, foram calculados os parâmetros estatístico acima citados, os quais, em conjunto, compõem o Sumário Estatístico das

mencionadas populações. Para um melhor conhecimento das relações interelementares foram calculadas as matrizes de correlação (**Figura 21**) para a População Global.

7.4.2 POPULAÇÃO GLOBAL

Examinando os dados da **Tabela 7** (Sumário Estatístico - População Global), e tendo por base o valor médio, verifica-se que os concentrados de solo apresentam o maior enriquecimento em Cu (29 ppm), Zn (178 ppm), Co (841 ppm) e Pd (5 ppb); nos solos observam-se os maiores de Ni (3.671 ppm) e nos concentrados de aluvião, os de Pt (16 ppb), Au (51 ppb) e Cr (70.338 ppm). Comparando-se esses valores com os fornecidos por Levinson (1974), para a média da crosta terrestre, verifica-se que para a maioria dos resultados, os referentes ao do Igarapé Carapanã (Zn, Co, Ni, Pt, Au e Cr) são mais elevados; os teores de Pd são equivalentes, enquanto o de Zn é inferior.

Ainda referente à mencionada tabela e tendo por base o desvio padrão, constata-se que a maior dispersão geoquímica do Cu e Ni foi no solo; do Zn, Co e Pd nos concentrados de solo e do Cr, Au e Pd, nos concentrados de aluvião. Integrando-se essas informações com os padrões de mobilidade geoquímica fornecidos por Levinson (1974), verifica-se que em um ambiente supergênico ácido e oxidante, como o da serra do Puma, o Zn, Cu, Co e Ni apresentam alta mobilidade, provavelmente do tipo hidromórfica, associada a compostos organo-argilosos. Ainda com base nos parâmetros acima e com relação ao Cr, Pt, Pd e Au, considera-se uma baixa mobilidade geoquímica, possivelmente relacionada à dispersão mecânica.

Objetivando conhecer o relacionamento dos elementos analisados, nos diversos materiais amostrados, confeccionaram-se 4 matrizes de correlação (**Figura 21**) aplicadas à População Global. Dessa maneira, verifica-se nos solos a associação Ni-Co-Zn e, em segundo plano, Cr-Co-Ni. Para os concentrados de solo, repete-se a associação Ni-Co-Zn, observada nos solos. Com relação aos sedimentos de corrente, a associação Ni-Co é a mais importante, des-

Tabela 7 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Global
Alvo: Igarapé Carapanã

elemento	material	N	média (M)	desvio padrão (σ)	valor mínimo	valor máximo	outlier	anomalia (M+2 σ)
Cu	solo	197	28	14	7	106	-	56
	conc. solo	197	29	12	4	72	-	53
	sed. corrente	20	11	8	2	30	-	27
	conc. aluvião	20	15	13	3	52	-	41
Zn	solo	197	112	76	1	300	-	264
	conc. solo	197	178	95	12	570	-	368
	sed. corrente	20	70	71	1	220	-	212
	conc. aluvião	20	153	68	58	275	-	289
Co	solo	197	157	151	2	530	-	459
	conc. solo	197	841	903	8	5000	-	2647
	sed. corrente	20	60	80	4	315	-	220
	conc. aluvião	20	73	56	8	174	-	185
Ni	solo	197	3671	3736	3	14000	-	11143
	conc. solo	197	2650	1826	33	7100	-	6302
	sed. corrente	20	1021	1545	10	5400	-	4111
	conc. aluvião	20	889	957	54	4000	-	2803
Cr	solo	197	8917	8390	95	40000	-	25697
	conc. solo	197	35214	21903	255	125000	-	79020
	sed. corrente	20	7185	7983	275	30000	-	23151
	conc. aluvião	20	70388	36473	17000	157500	-	143334
Au	conc. solo	131	18	17	3	103	-	52
	conc. aluvião	13	51	79	3	273	-	209
Pd	conc. solo	52	5	4	2	29	-	13
	conc. aluvião	3	-	-	-	-	-	-
Pt	conc. solo	39	10	10	3	50	-	30
	conc. aluvião	6	16	15	5	40	-	46

Obs.: n – número de amostras; teores Cu, Zn, Co, Ni e Cr (ppm); teores de Pt, Pd e Au (ppb)

Tabela 8 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Rochas Encaixantes
Alvo: Igarapé Carapanã

elemento	material	n	média (M)	desvio padrão (σ)	valor mínimo	valor máximo	outlier	anomalia (M+2 σ)
Cu	solo	49	29	15	8	74	-	59
	conc. solo	49	30	8	17	52	-	46
Zn	solo	49	37	26	1	102	-	89
	conc. solo	49	91	49	32	275	-	189
Co	solo	49	50	50	2	200	-	150
	conc. solo	49	166	161	8	840	-	488
Ni	solo	49	688	1269	3	7400	-	3226
	conc. solo	49	762	441	33	1620	4500,4000	1644
Cr	solo	49	3532	4411	95	16250	-	12354
	conc. solo	49	25578	12498	1900	60000	-	50574
Au	conc. solo	23	33	29	6	103	-	91
Pd	conc. solo	10	9	8	3	29	-	25
Pt	conc. solo	8	6	3	3	13	-	12

Obs.: n – número de amostras; teores Cu, Zn, Co, Ni e Cr (ppm); teores de Pt, Pd e Au (ppb)

Tabela 9 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Serpentinitos
Alvo: Igarapé Carapanã

elemento	material	n	média (M)	desvio padrão (σ)	valor mínimo	valor máximo	outlier	anomalia (M+2 σ)
Cu	solo	131	29	14	7	106	-	57
	conc. solo	131	30	14	4	72	-	58
Zn	solo	131	138	72	22	300	-	282
	conc. solo	131	210	92	12	570	-	394
Co	solo	131	210	158	9	530	-	526
	conc. solo	131	1095	986	32	5000	-	3067
Ni	solo	131	4888	3924	23	14000	-	12736
	conc. solo	131	3274	1754	37	7100	-	6782
Cr	solo	131	10970	8930	500	40000	-	28830
	conc. solo	131	39199	24324	255	125000	-	87847
Au	conc. solo	94	13	9	3	49	83	31
Pd	conc. solo	39	4	2	2	10	-	8
Pt	conc. solo	25	10	9	3	40	-	28

Obs.: n – número de amostras; teores Cu, Zn, Co, Ni e Cr (ppm); teores de Pt, Pd e Au (ppb)

Tabela 10 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Piroxenito
Alvo: Carapanã

elemento	material	N	média (M)	desvio padrão (σ)	valor mínimo	valor máximo	outlier	anomalia (M+2 σ)
Cu	solo	197	28	14	7	106	-	56
	conc. solo	197	29	12	4	72	-	53
	sed. corrente	20	11	8	2	30	-	27
	conc. aluvião	20	15	13	3	52	-	41
Zn	solo	197	112	76	1	300	-	264
	conc. solo	197	178	95	12	570	-	368
	sed. corrente	20	70	71	1	220	-	212
	conc. aluvião	20	153	68	58	275	-	289
Co	solo	197	157	151	2	530	-	459
	conc. solo	197	841	903	8	5000	-	2647
	sed. corrente	20	60	80	4	315	-	220
	conc. aluvião	20	73	56	8	174	-	185
Ni	solo	197	3671	3736	3	14000	-	11143
	conc. solo	197	2650	1826	33	7100	-	6302
	sed. corrente	20	1021	1545	10	5400	-	4111
	conc. aluvião	20	889	957	54	4000	-	2803
Cr	solo	197	8917	8390	95	40000	-	25697
	conc. solo	197	35214	21903	255	125000	-	79020
	sed. corrente	20	7185	7983	275	30000	-	23151
	conc. aluvião	20	70388	36473	17000	157500	-	143334
Au	conc. solo	131	18	17	3	103	-	52
	conc. aluvião	13	51	79	3	273	-	209
Pd	conc. solo	52	5	4	2	29	-	13
	conc. aluvião	3	-	-	-	-	-	-
Pt	conc. solo	39	10	10	3	50	-	30
	conc. aluvião	6	16	15	5	40	-	46

Obs.: n – número de amostras; teores Cu, Zn, Co, Ni e Cr (ppm); teores de Pt, Pd e Au (ppb)

População Global – Material: solo (n=197)

	Cu	Zn	Co	Ni	Cr
Cu	1				
Zn	-	1			
Co	-	0,82	1		
Ni	-	0,89	0,89	1	
Cr	-	0,72	0,73	0,74	1

População Global – Material: concentrados de solo (n=197)

	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	Au	Pd	Pt
Cu	1							
Zn	-	1						
Co	-	0,52	1					
Ni	-	0,70	0,69	1				
Cr	-0,36	0,34	-	0,31	1			
Au	-	-0,32	-0,25	-0,31	-	1		
Pd	-	-	-	-	-	-	1	
Pt	-	-	-	-	-	-	-	1

População Global – Material: sedimentos de corrente (n=20)

	Cu	Zn	Co	Ni	Cr
Cu	1				
Zn	0,77	1			
Co	0,88	0,86	1		
Ni	0,83	0,90	0,98	1	
Cr	0,49	0,82	0,59	0,66	1

População Global – Material: concentrados de aluvião (n=20, para Cu, Zn, Co, Ni, Cr)

	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	Au	Pd	Pt
Cu	1							
Zn	-	1						
Co	-	0,59	1					
Ni	-	0,69	0,80	1				
Cr	-0,61	0,48	-	-	1			
Au	0,77	-0,56	-	-	-0,58	1		
Pd	-	-	-	-	-	-	1	
Pt	-	-	-	-	-	-	-	1

(-) inferior ao nível de significância

Figura 21 – Matrizes de Correlação – Alvo Igarapé Carapanã

tacando-se em seguida o Zn e o Cu. Nos concentrados de aluvião, à semelhança do observado nos demais materiais, repete-se a associação Ni-Co, com Zn em segundo lugar.

Integrando-se as informações acima, destaca-se nos diversos materiais amostrados a associação Ni-Co típica de um contexto máfico-ultramáfico. Reforçando essa afirmativa, verifica-se nos solos a associação Cr-Co-Ni e nos sedimentos de corrente, a essa associação, é adicionado o Cu. O Zn

aparece freqüentemente relacionando-se principalmente com o Ni e Co. Entretanto, aquele elemento possui uma natureza ácida e deve ter uma fonte primária diferente de um contexto máfico-ultramáfico. A associação do Zn-Co-Ni, no ambiente secundário, deve-se possivelmente à semelhante mobilidade geoquímica desses 3 elementos que migram conjuntamente sob a forma de compostos organo-argilosos.

7.4.3 SOLOS

A interpretação geoquímica dos resultados analíticos dos solos foi feita através do cálculo dos parâmetros que constam do Sumário Estatístico para as populações das Rochas Encaixantes (**Tabela 8**), Serpentinóis (**Tabela 9**) e Piroxenitos (**Tabela 10**). Confeccionou-se, também, para cada uma das transversais amostradas, perfis geológico-geoquímicos, como pode ser observado nas **Figuras 22** (LT-1300S), **23** (LT-200N), **24** (LT-2200N) e **25** (LT-4200N).

Integrando-se os resultados apresentados nas tabelas e nas figuras acima, podem ser feitas as seguintes considerações:

- Os mais baixos teores de Cu foram observados nos solos provenientes dos piroxenitos (23 ppm), enquanto que, os solos originados das rochas encaixantes e dos serpentinitos apresentaram o mesmo valor (29 ppm). Esses resultados estão compatíveis com o esperado para o material amostrado (Levinson, 1974). O comportamento do Cu ao longo dos perfis geológico-geoquímicos não individualiza as 3 populações mencionadas. Em termos de dispersão geoquímica do Cu e tendo por base o valor do desvio padrão, a menor mobilidade foi observada nos solos provenientes dos piroxenitos, seguida pelos serpentinitos e rochas encaixantes.

- Com relação ao Zn, o maior enriquecimento foi observado nos solos originados dos serpentinitos (138 ppm), seguido pelos dos piroxenitos (133 ppm) e das rochas encaixantes (37 ppm). Esses valores estão de acordo com os estabelecidos por Levinson (1974) para solos. Ao longo dos perfis geológico-geoquímicos, o Zn não separa os piroxenitos dos serpentinitos, entretanto, em algumas transversais (LT-2.200N e LT 4.200N), delimita as rochas encaixantes dos serpentinitos. Baseada nos valores do desvio padrão, a maior dispersão geoquímica do Zn é nos solos provenientes dos serpentinitos e, em seguida, nos originados dos piroxenitos e rochas encaixantes.

- Observou-se que o mais elevado teor de Co foi detectado nos solos sobre as rochas serpentiniticas (210 ppm), sucedido pelos originados dos piroxenitos (56 ppm) e rochas encaixantes (50 ppm). Esses valores, particularmente os referentes aos serpentinitos, são mais elevados do que os considerados como valores médios, por Levinson (1974). Os resultados de Co ao longo dos perfis geológico-geoquímicos não individualizam perfeitamente as rochas encaixantes, os serpentinitos e os piroxenitos. Em termos de dispersão geoquímica, e tendo como referência o valor do desvio padrão, o Co apresenta a maior mobilidade geoquímica nos solos originados dos serpentinitos, seguidos pelos das rochas encaixantes e dos piroxenitos.

- Comparando-se os solos originados dos 3 litótipos considerados, verifica-se que os mais elevados teores de Ni são observados nos solos provenientes dos serpentinitos (4.888 ppm), dos piroxenitos (2.669 ppm) e das rochas encaixantes (688 ppm). Esses valores, particularmente os referentes aos serpentinitos e piroxenitos, estão acima dos fornecidos por Levinson (1974). A variação dos teores de Ni nos perfis geológico-geoquímicos não caracteriza perfeitamente os 3 litótipos considerados. Os valores de desvio padrão demonstram que a maior dispersão geoquímica do Ni é nos solos provenientes dos serpentinitos e, em seguida, no das rochas encaixantes e nos dos piroxenitos.

- De acordo com os resultados de Cr nos solos, constantes das **tabelas 8, 9 e 10** verifica-se que os maiores enriquecimentos são observados nos provenientes dos serpentinitos (10.970 ppm), dos piroxenitos (7.284 ppm) e das rochas encaixantes (3.532 ppm). Esses valores são, em muito, mais elevados do que os considerados por Levinson (1974) como normais em solo, particularmente, o valor dos solos relacionados dos serpentinitos. A variação dos teores de Cr, ao longo dos perfis geológico-geoquímicos, não apresenta alterações significativas com as mudanças do substrato rochoso. Comparando-se os desvios padrão estabelecidos para os solos dos 3 litótipos considerados, verifica-se que

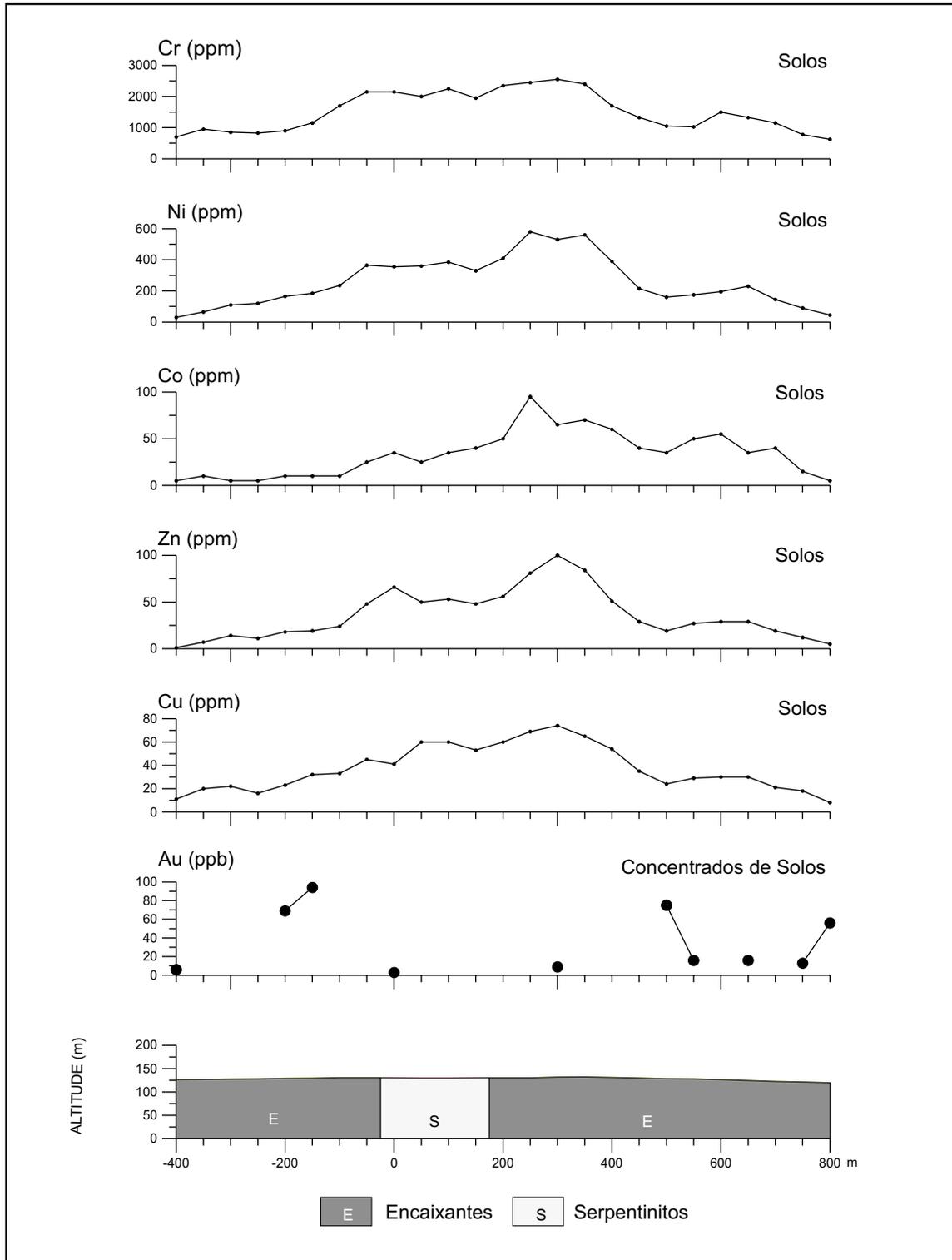


Figura 22 - Igarapé Carapanã - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT-1300S
 Material: Solos (Cr, Ni, Co, Zn e Cu) Concentrados de solo (Au)

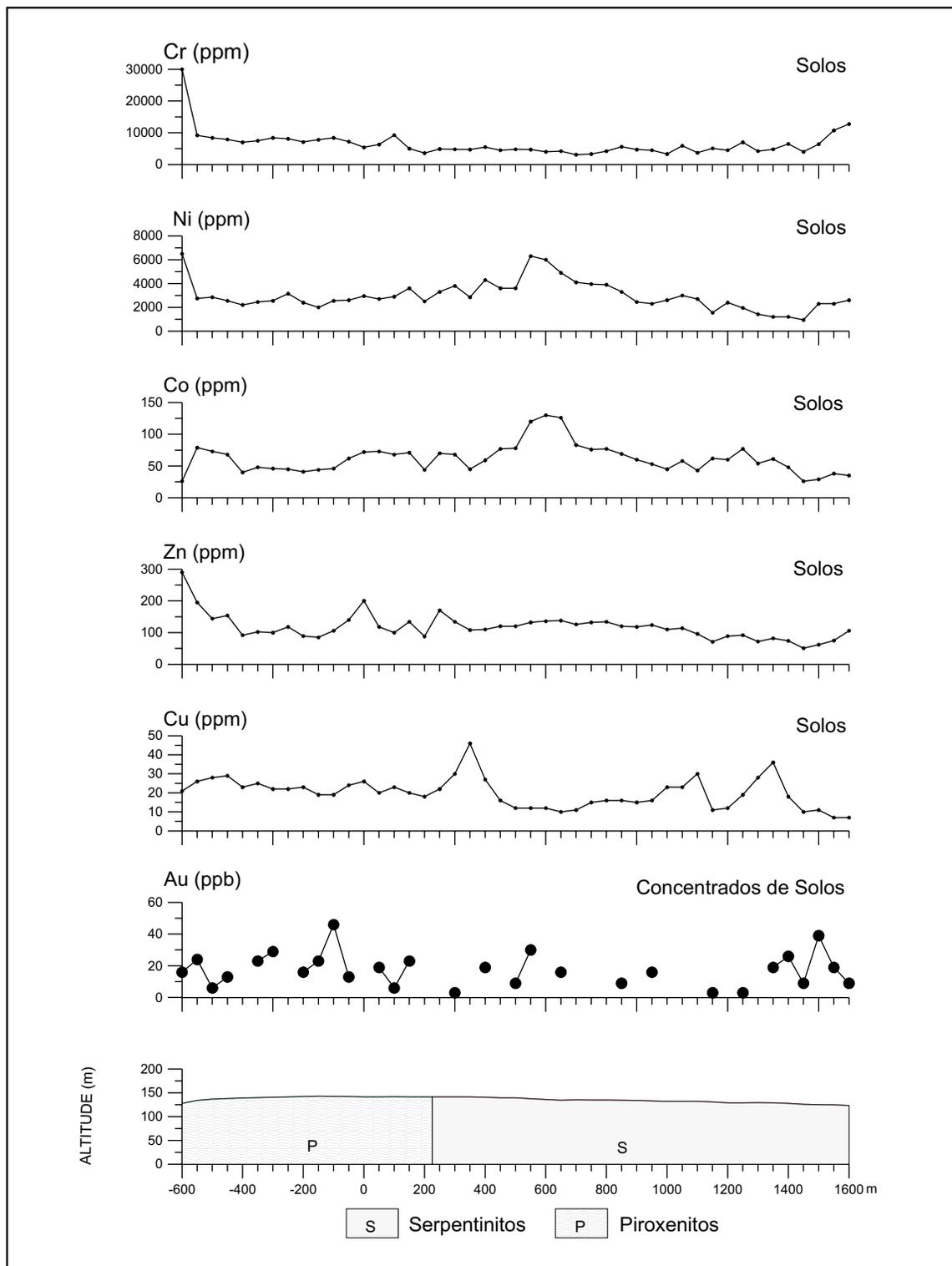


Figura 23 - Igarapé Carapanã - Perfis Geoquímicos e Geológico -LT-200N
 Material: Solos (Cr, Ni, Co, Zn e Cu) Concentrados de Solo (Au)

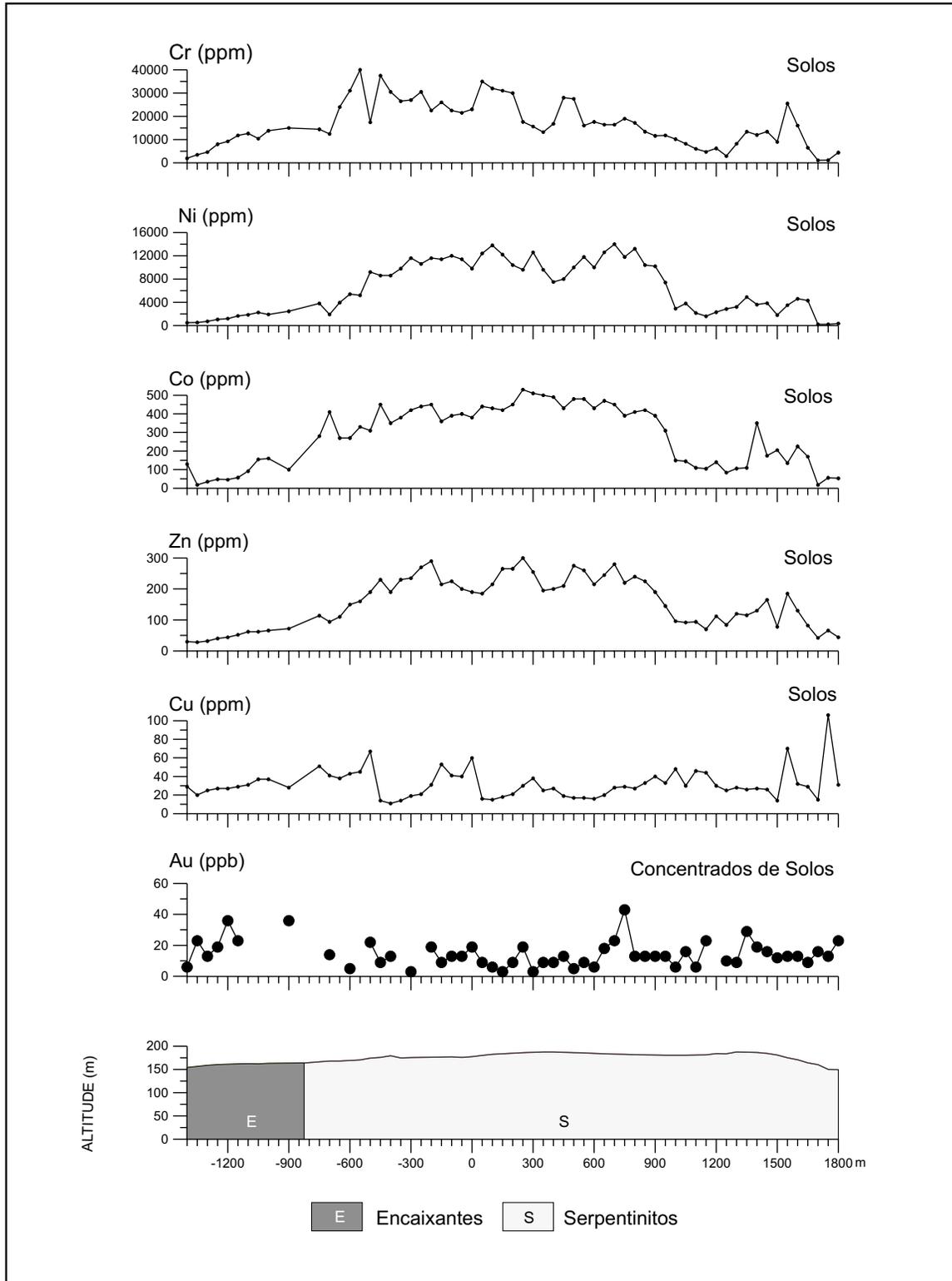


Figura 24 - Igarapé Carapanã - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT-2200N
 Material: Solos (Cr, Ni, Co, Zn e Cu) Concentrados de Solo (Au)

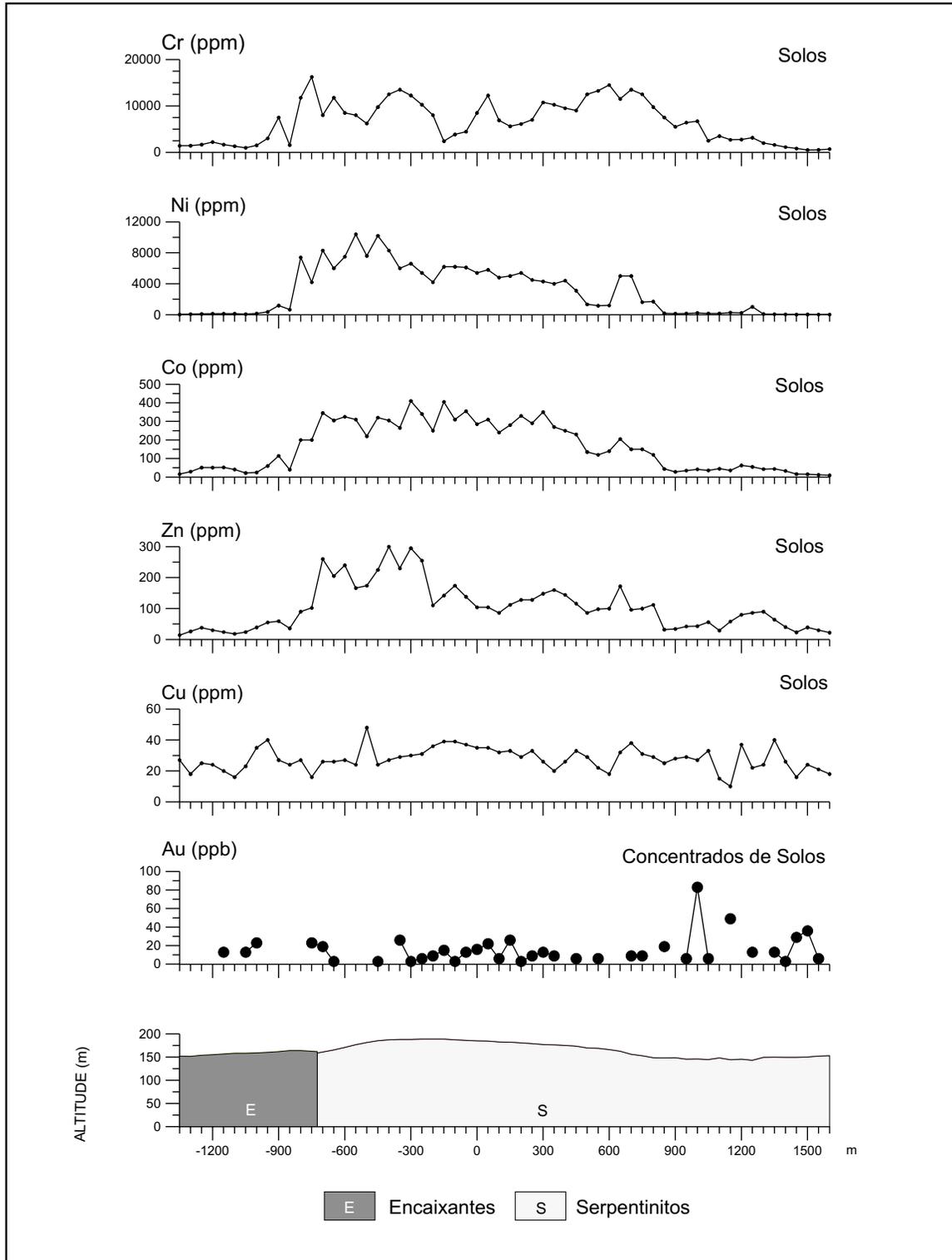


Figura 25 - Igarapé Carapanã - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT-4200N
 Material: Solos (Cr, Ni, Co, Zn e Cu) Concentrados de Solo (Au)

a maior dispersão geoquímica foi para os solos provenientes dos serpentinitos, sucedidos pelas das rochas encaixantes e pelos dos piroxenitos.

Em termos de anomalias geoquímicas (estatísticas) foram detectados 48 valores anômalos, sendo 18 nos solos provenientes das rochas encaixantes, 24 nos solos dos serpentinitos e 6, nos dos piroxenitos. No domínio dos solos das rochas encaixantes foram detectadas 4 anomalias de Cu (≥ 59 ppm), 4 de Zn (≥ 89 ppm), 4 de Co (≥ 150 ppm), 2 de Ni (≥ 3.226 ppm) e 4 de Cr (12.354 ppm); nos solos provenientes dos serpentinitos foram revelados 6 valores anômalos de Cu (≥ 57 ppm), 5 de Zn (≥ 282 ppm), 1 de Co (≥ 526 ppm), 3 de Ni (≥ 12.736 ppm) e 9 de Cr (≥ 28.830 ppm). Com relação aos solos dos piroxenitos detectaram-se 2 anomalias de Cu (≥ 29 ppm), 1 de Zn (≥ 241 ppm), 2 de Ni (≥ 3.423 ppm) e 1 de Cr (≥ 10.384 ppm). Agrupando-se esses resultados, somam-se 12 anomalias de Cu, 10 de Zn, 5 de Co, 7 de Ni e 14 de Cr.

A integração das anomalias de solo e a plotagem em mapa (**Figura 26**) permitiu o estabelecimento de faixas anômalas, as quais estão sendo interpretadas de maneira concordante com o acamadamento do corpo máfico-ultramáfico. Conforme pode ser visualizado na mencionada figura, as faixas anômalas agrupam-se na extremidade sul e na borda ocidental do Corpo Máfico-Ultramáfico do Igarapé Carapanã, abrangendo uma área de quase 10 km², onde ocorrem rochas serpentiniticas, piroxeníticas e as encaixantes (gnaisses e migmatitos do Complexo Xingu). Nesse contexto destacam-se as faixas anômalas em Ni, Cu, Cr, Zn e Co, segundo uma ordem decrescente de importância prospectiva. Nessa mesma área, ao longo da LT-2200N (**Figura 26**), observa-se uma importante concentração de zona anômalas, abrangendo todos os elementos considerados.

Interpretando-se as diversas faixas anômalas salienta-se a associação geoquímica constituída de Ni, Co, Cr e Cu, típica de uma filiação máfico-ultramáfica. Essa associação, em especial a trilogia Ni, Co, Cu, é sugestiva da presença de mineralizações sulfetadas. As anomalias de Cr que integram o contexto máfico-

que integram o contexto máfico-ultramáfico devem estar relacionadas às cromitas, as quais são detectadas nas rochas serpentiniticas; aquelas anomalias são passíveis de serem indicativas de níveis de cromitito, que devem estar armazenados no pacote dos serpentinitos, segundo o modelo do Complexo de Stillwater (Todd et al. 1982). As faixas anômalas de Zn não devem estar relacionadas a um contexto máfico-ultramáfico, devido à natureza ácida desse elemento; é provável que o Zn pertença a uma filiação independente, tal como, as atividades hidrotermais relacionadas ao vulcanoplutonismo Uatumã, que assolou essa porção cratônica após a intrusão do CMIC. Reforçando essa hipótese, salienta-se a presença de diques de riolito, cortando o corpo máfico-ultramáfico, observados durante o mapeamento geológico. Apoiando-se nos dados apresentados sugere-se que em termos de mobilidade geoquímica, as anomalias de Ni, Co, Cu e Zn devem ser de natureza hidromórfica e relacionadas a compostos organo-argilosos. As faixas anômalas de Cr devem ser originadas do transporte mecânico da cromita, que possui características de um mineral resistato.

7.4.4 CONCENTRADOS DE SOLO

A interpretação geoquímica dos resultados analíticos dos concentrados de solos foi executada de maneira semelhante à empregada para os solos. Assim, de acordo com a natureza do substrato rochoso, as informações geoquímicas dos concentrados de solo foram agrupados em 3 populações. Utilizando-se o programa Estatística, para cada uma dessas populações, foram calculados os mesmos parâmetros estatísticos aplicados aos solos, os quais constituem o Sumário Estatístico das Rochas Encaixantes (**Tabela 8**), dos Serpentinitos (**Tabela 9**) e dos Piroxenitos (**Tabela 10**). Para cada uma dessas populações foram considerados o Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Au, Pt e Pd. Objetivando uma melhor interpretação da variação do conteúdo desses elementos ao longo das 4 transversais amostradas, confeccionaram-se perfis geológico-geoquímicos, conforme podem ser observados nas **Figuras 22 e 27** (LT-1.300S), **23 e 28** (LT-200N), **24 e 29** (LT-2.200N), **25 e 30** (LT-4200N)

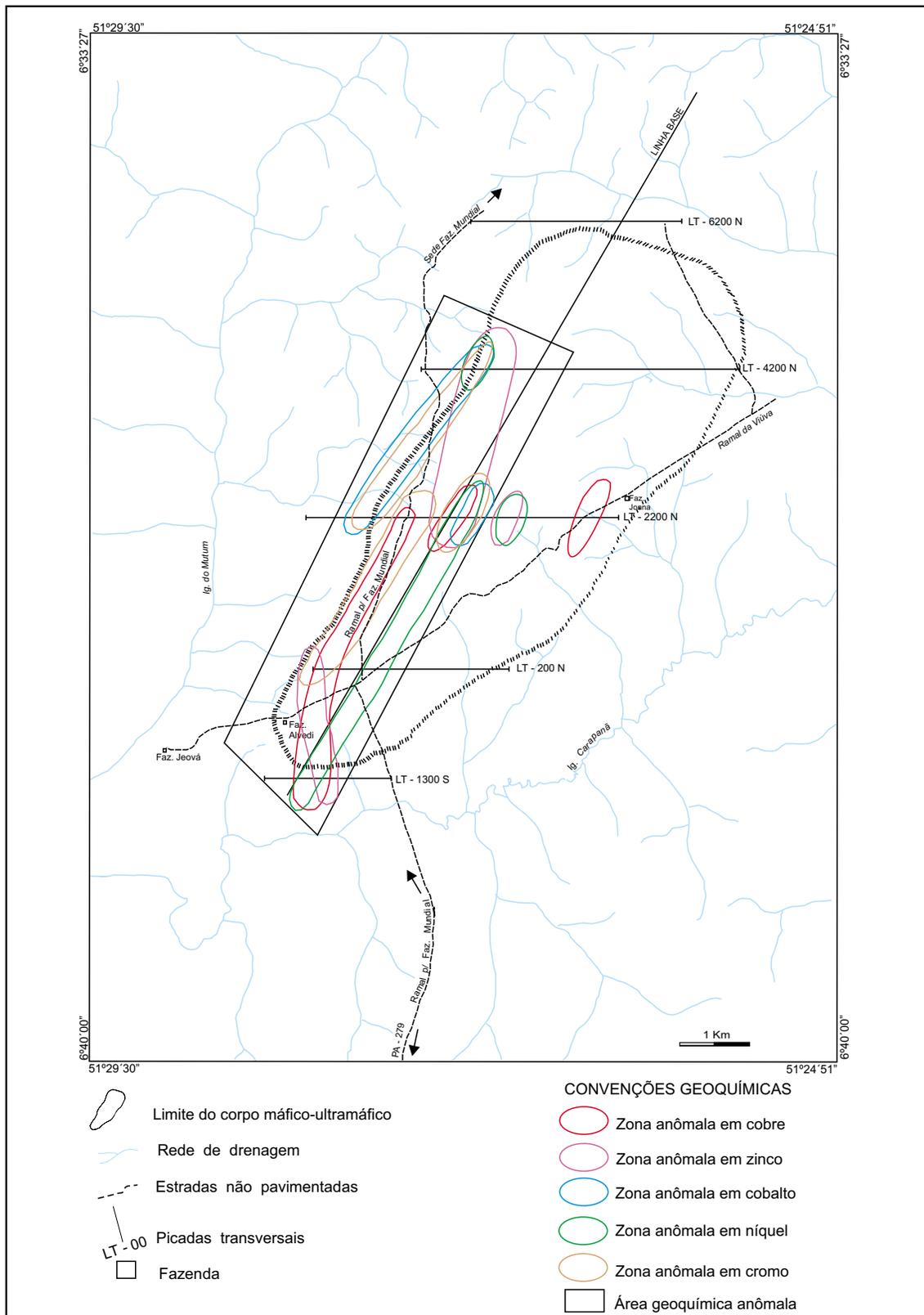


Figura 26 - Mapa de zonas geoquímicas anômalas nos solos do Alvo do Igarapé Carapanã

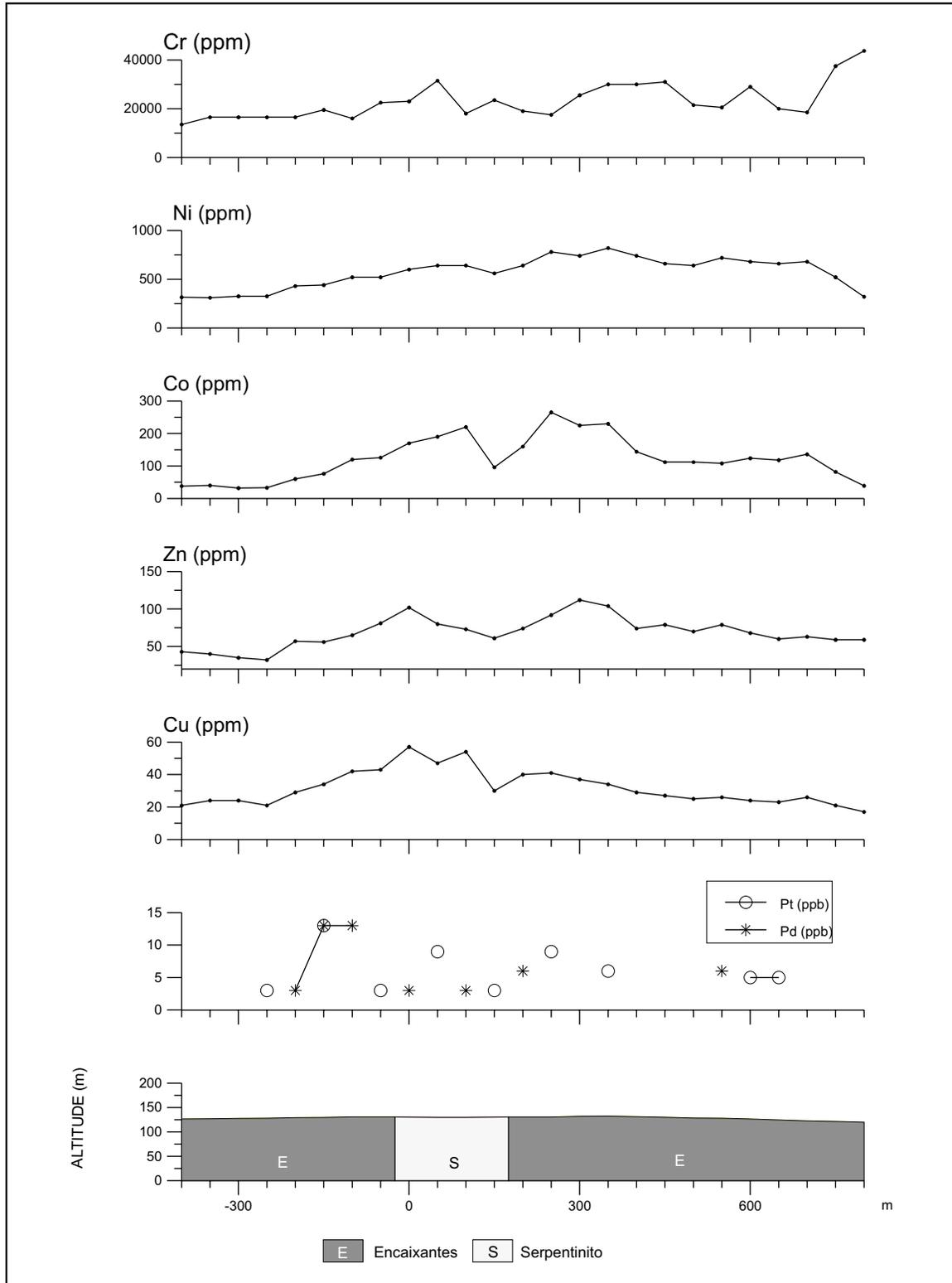


Figura 27 - Igarapé Carapanã - Perfis Geoquímicos e Geológico - Lt-1300S
 Material: Concentrados de solo

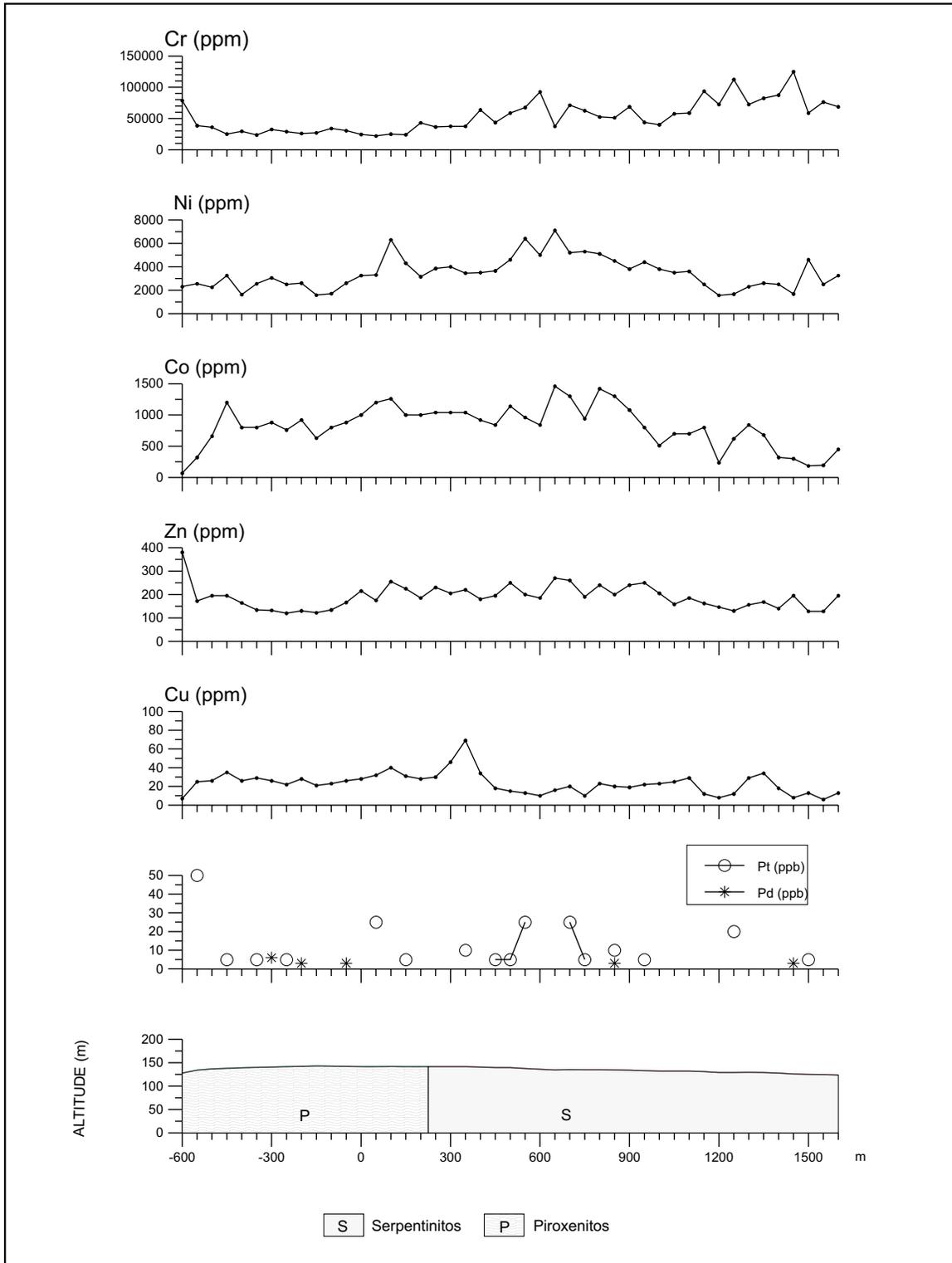


Figura 28 - Igarapé Carapanã - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT-200N
Material: Concentrados de solo

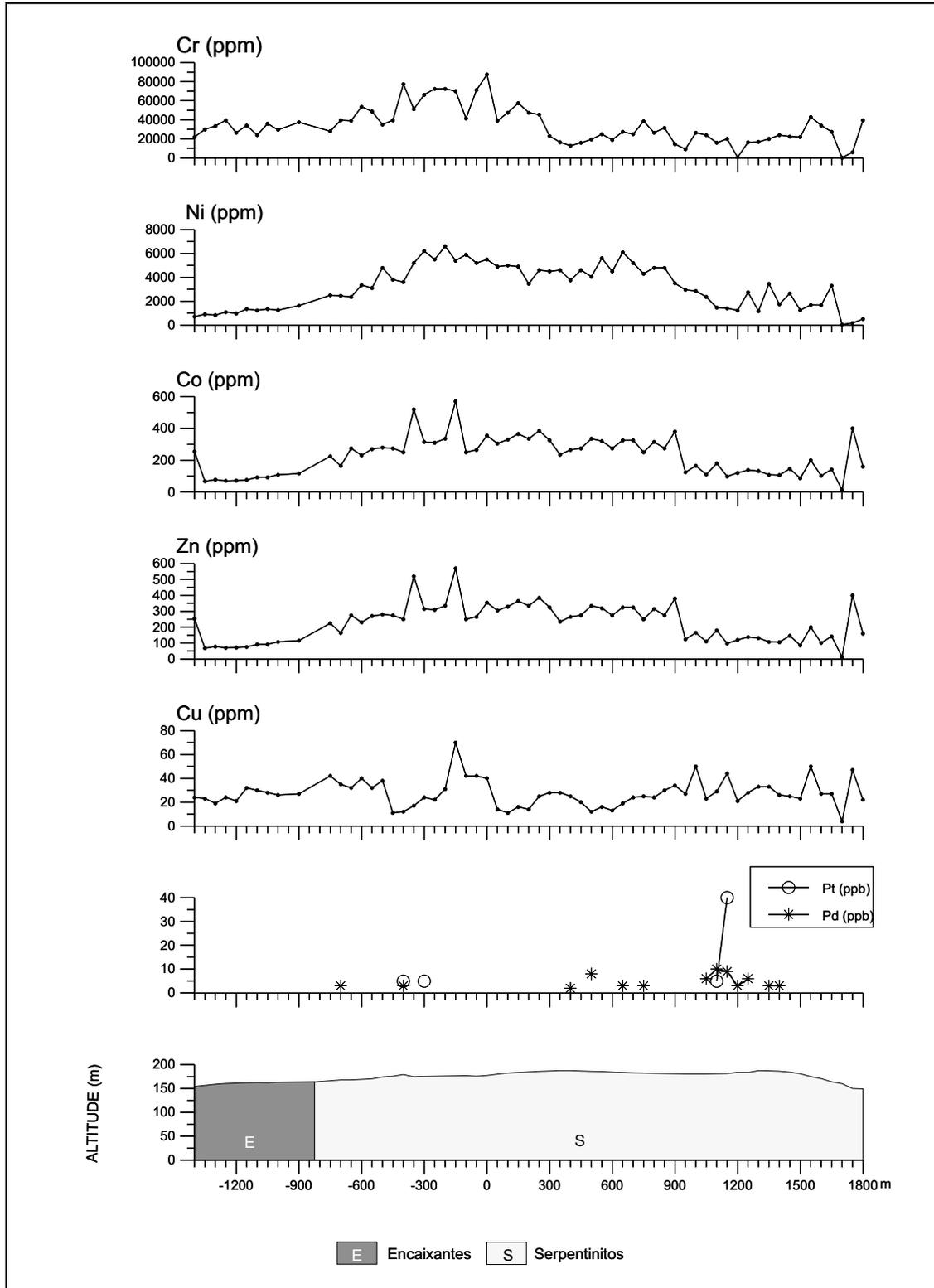


Figura 29 - Igarapé Carapanã - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT-2200N
Material: Concentrado de Solo

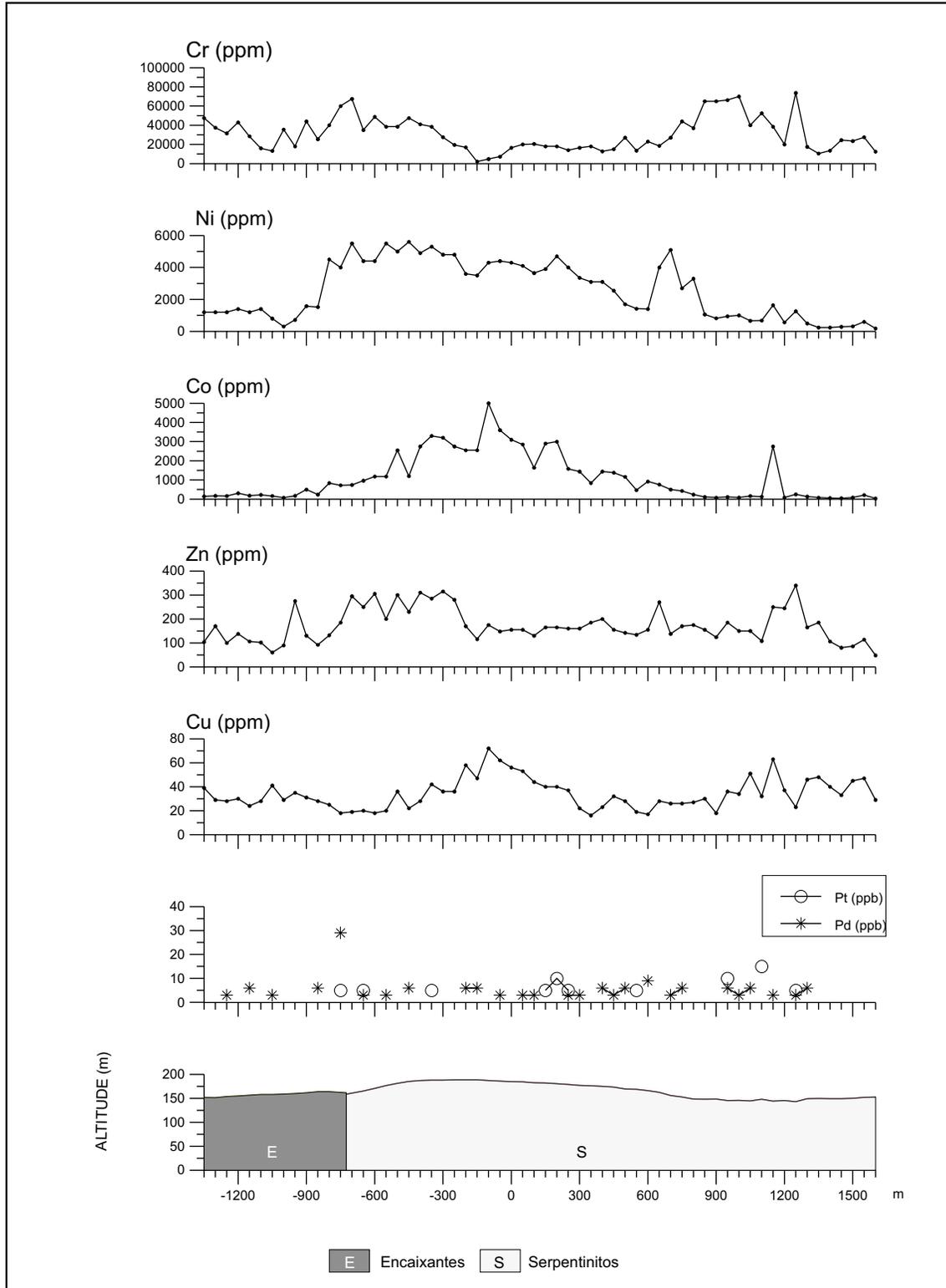


Figura 30 - Igarapé Carapanã - Perfís Geoquímicos e Geológicos - LT-4200N
 Material: Concentrados de Solo

Baseado nos dados das tabelas e das figuras acima pode-se estabelecer as seguintes considerações:

- Os concentrados de solo provenientes das rochas serpentínicas, são os que apresentam a maior quantidade de elementos com os mais altos teores; dessa maneira, considerando-se o valor médio, verifica-se o maior enriquecimento em termos de Cu (30 ppm), Zn (210 ppm), Co (1.095 ppm), Ni (3.274 ppm) e Cr (39.199 ppm). Nesse contexto, figuram em segundo lugar os concentrados de solo coletados no domínio das rochas encaixantes que apresentam o maior enriquecimento em Au (33 ppb), Pd (9 ppb) e em Cu (30 ppm), esse repetindo o valor observado nos concentrados de solo provenientes dos serpentinitos. Com referência aos concentrados de solo originados das rochas piroxeníticas, verifica-se apenas o mais elevado teor de Pt (16 ppb).

- Em termos de dispersão geoquímica e tendo por base o valor do desvio padrão, verifica-se que para a maioria dos elementos analisados, nos concentrados de solo proveniente das rochas serpentínicas, a maior mobilidade geoquímica é em termos de Cu, Zn, Co, Ni e Cr. A maior dispersão geoquímica do Au e do Pd observa-se nos concentrados de solos provenientes das rochas encaixantes; enquanto que, com relação a Pt, a maior mobilidade geoquímica constata-se nos concentrados de solo coletados no domínio dos piroxenitos.

- Integrando-se as informações acima e considerando-se as condições ácidas e oxidantes do ambiente secundário da serra do Puma, aplicadas aos estudos de Levinson (1974), sugere-se que a dispersão geoquímica do Au, Pd, Pt e Cr, seja principalmente de natureza mecânica, devido às características físico-químicas (resistatos) nos minerais diretamente relacionados a esses elementos, tais como, o ouro, MGP e cromita. Com referência ao Cu, Zn, Co e Ni, devido a sua alta a média mobilidade, admite-se uma dispersão hidromórfica associada a compostos organo-argilosos. Deve também ser considerada a possibilidade desses últimos elementos

citados serem transportados, sob a forma mecânica, associados a concreções argilo-ferruginosas, freqüentes na área de trabalho.

- Examinando-se a variação do conteúdo do Cr, Ni, Co, Zn e Cu, nos concentrados de solo provenientes das rochas encaixantes, dos serpentinitos e dos piroxenitos, ao longo dos perfis geológico-geoquímicos, não se observa qualquer nítida e constante relação entre os elementos e os litótipos. Em um determinado perfil, um certo elemento pode separar as litologias subjacentes ao concentrado de solo; entretanto, esse mesmo elemento não apresenta esse mesmo comportamento nos demais perfis geológico-geoquímicos. Exemplificando esse fato pode-se citar a variação do Cr no LT-200N (**Figura 28**). Esses fatos são sugestivos da presença de um grande fator homogeneizante (lateritização?) no ambiente supergênico da serra do Puma. Entretanto, esse processo não foi suficiente para dispersar as concentrações desses elementos, o que é atestado pelos picos anômalos observados para os elementos estudados ao longo dos diversos perfis geológico-geoquímicos. Com relação à variação dos teores da Pt, Pd e Au ao longo dos perfis, os seus comportamentos não podem ser avaliados, em virtude da falta de sensibilidade analítica do método de dosagem desses elementos.

Os resultados mineralógicos dos concentrados de solo provenientes dos diversos litótipos, demonstraram que a cromita é o mineral mais abundante e presente em todos os concentrados. Em segundo lugar, por ordem de abundância, freqüência e importância, destaca-se o ouro. Foram também observados óxidos e hidróxidos de ferro.

Considerando-se os elementos em estudo e as populações dos concentrados de solo referente às rochas encaixantes, serpentinitos e piroxenitos, foram revelados 61 valores anômalos. Nos concentrados de solos provenientes das rochas encaixantes foram detectadas 14 anomalias, sendo 2 de Cu (≥ 46 ppm), 2 de Zn (≥ 189 ppm), 3 de Co (≥ 488 ppm), 2 de Ni (≥ 1.644 ppm), 1 de Cr (≥ 50.574 ppm), 2 de Au (≥ 91 ppb), 1 de

Pt (≥ 12 ppb) e 1 de Pd (≥ 25 ppb). No domínio dos concentrados de solo originados dos serpentinitos, foi observado o maior número de resultados anômalos, em um total de 39 valores, distribuídos em 6 anomalias de Cu (≥ 58 ppm), 3 de Zn (≥ 394 ppm), 9 de Co (≥ 3.067 ppm), 1 de Ni (≥ 6.782 ppm), 5 de Cr (≥ 87.847 ppm), 8 de Au (≥ 31 ppb), 3 de Pt (≥ 28 ppb) e 4 de Pd (≥ 8 ppb). Com relação aos concentrados de solos provenientes das rochas piroxeníticas verificam-se 1 valor anômalo de Cu (≥ 41 ppm), 1 de Zn (≥ 310 ppm), 1 de Ni (≥ 5.120 ppm), 2 de Cr (≥ 41.399 ppm), 1 de Au (≥ 42 ppb), 1 de Pt (≥ 54 ppb) e 1 de Pd (≥ 8 ppb). O somatório desses valores informa que foram detectadas, no domínio do corpo máfico-ultramáfico, 9 anomalias de Cu, 6 de Zn, 12 de Co, 4 de Ni, 8 de Cr, 11 de Au, 5 de Pt e 6 de Pd.

A plotagem desses valores em mapa (**Figura 31**) permite o estabelecimento de faixas anômalas, que estão sendo interpretadas de maneira concordante com o acamamento do corpo máfico-ultramáfico. De acordo com o observado na mencionada figura, as faixas anômalas agrupam-se de uma maneira quase que contínua nas porções central, meridional e ocidental do CMIC abrangendo uma área de cerca de 16 km^2 . Nessa área, afloram serpentinitos, piroxenitos e os gnaisses e migmatitos do Complexo Xingu. Nesse contexto, destacam-se pela sua frequência e continuidade, as faixas anômalas em Cu, Zn, Co e Au; em segundo plano, citam-se as zonas anômalas de Pt, Pd, Cr e Ni. Verifica-se ainda, nesse contexto, a grande concentração de valores anômalos, ao longo da LT-220N, para todos os elementos em estudo.

Interpretando-se o posicionamento geográfico-litológico das diversas faixas anômalas, considera-se que as que estão situadas no domínio das rochas encaixantes são desprovidas de maiores interesses prospectivos. Essa consideração está baseada no baixo potencial metalogenético demonstrado pelas rochas do Complexo Xingu, para os elementos em estudos e particularmente para os EGP; admite-se que as anomalias geoquímicas detectadas nos concentrados de solo, provenientes

das rochas encaixantes, sejam produtos de contaminação de solos transportados do corpo máfico-ultramáfico, situado em um posicionamento topográfico superior ao das rochas encaixantes.

Examinando-se o contexto geoquímico constituído pelas faixas anômalas dos diversos elementos destaca-se a associação formada por Co, Cu, Cr, Ni, evidenciando um ambiente de natureza máfico-ultramáfica, o qual pode conter mineralizações sulfetadas. A presença das faixas anômalas de Pt e Pd, que às vezes estão associadas com as zonas anômalas dos mencionados elementos, reforça a afirmativa acima e sugere que as mineralizações sulfetadas possam conter EGP. Salienta-se ainda, que o maior número de valores anômalos de Pt e Pd está relacionado aos concentrados de solo provenientes das rochas serpentiniticas.

As anomalias de Cr, conjuntamente com a presença de cromita nas rochas serpentiniticas e nos concentrados de solos é bastante sugestiva da presença de níveis de cromitito. Esses, de acordo com o modelo do Complexo Stillwader (Todd *et al.*, 1982) devem estar armazenados no pacote de serpentinito.

Integrando-se as informações dos dois últimos parágrafos verifica-se que as fontes das anomalias de EGP e Cr devem estar no pacote de serpentinito. Nesse contexto, pode-se sugerir a presença de níveis de cromititos com mineralizações de EGP, o que é comum em diversos complexos acamadados de natureza máfico-ultramáfica. Entretanto, examinando o comportamento dos EGP nos perfis geológico-geoquímicos, verifica-se a sua presença nos três domínios litológicos da área de pesquisa. Inicialmente, descarta-se a possibilidade de mineralizações de EGP nas rochas do Complexo Xingu em virtude do seu baixo potencial metalogenético para esses elementos. Quanto aos piroxenitos e serpentinitos, admite-se a possibilidade de ambos armazenarem *reefs* de EGP, porém em razão da maior presença dos serpentinitos e dos argumentos acima mencionados, torna-se a unidade estratigráfica prioritária para pesquisa no âmbito do CMIC.

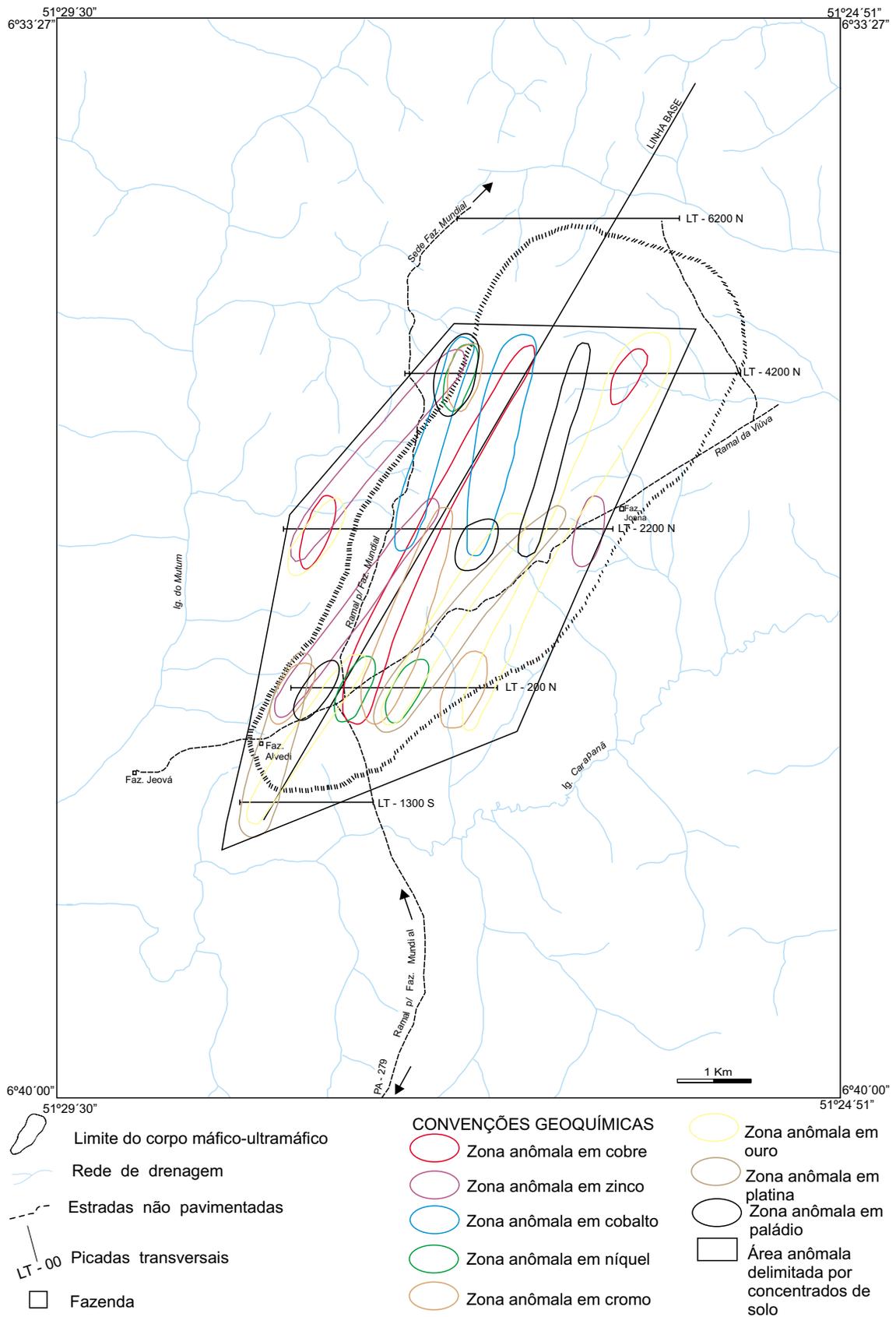


Figura 31 - Mapa das zonas anômalas delimitadas por concentrados de solo no Alvo Igarapé Carapanã

Em virtude do Zn possuir uma filiação ácida, é pouco provável que esteja diretamente relacionado ao magmatismo máfico-ultramáfico Cateté. Nessas condições, é possível que o Zn esteja associado a outro evento independente, o qual poderia ser as atividades hidrotermais relacionadas ao vulcano-plutonismo Uatumã Velho Guilherme, que assolou essa porção cratônica após o *emplacement* do CMIC.

No atual estágio da pesquisa, ainda não se pode definir a fonte primária das faixas anômalas de Au. Algumas dessas estão associadas aos elementos de natureza máfico-ultramáfica. Então, é possível que o Au seja produto do magmatismo Cateté. Entretanto, em alguns locais o Au está associado ao Zn, podendo nesse caso ser um produto de remobilização através das atividades hidrotermais durante o evento Uatumã.

7.4.5 SEDIMENTOS DE CORRENTE

No Alvo Igarapé Carapanã foram coletadas 20 amostras de sedimentos de corrente. A metodologia de amostragem e de análise do referido material está descrita no **Capítulo 2** deste Informe Técnico. Os sedimentos de corrente foram analisados para Cu, Zn, Co, Ni e Cr, e as alíquotas encontram-se arquivadas no LAMIN (CPRM – Rio de Janeiro).

A área do Alvo Igarapé Carapanã constitui um divisor de águas, com as drenagens cortando transversalmente o acaamadamento do corpo máfico-ultramáfico. Em razão disso, cada ponto amostrado reúne material proveniente de diversos litótipos, resultando assim, em uma mistura de populações. Nessas condições, e para uma melhor representatividade das interpretações geoquímicas, considera-se a População Global, que contém todas as informações geoquímicas. Esses resultados foram tratados pelo programa Estatística, que calculou os parâmetros que constam do Sumário Estatístico (**Tabela 7**).

Com base nas considerações acima foram estabelecidas 6 valores anômalos, sendo 2 de Cu (≥ 27 ppm) e 1 de Zn (212 ppm), Co (220 ppm), Ni (4.111 ppm) e

Cr (23.151 ppm). Plotando-se essas informações em mapa, verifica-se que esses pontos anômalos situam-se na porção centro-sul do CMIC, mais particularmente na área compreendida pelos transversais LT-200N e LT-2200N. (**Figura 32**). Integrando-se os resultados geoquímicos e geológicos foi possível delimitar 2 alvos geoquímicos, numerados por ordem decrescente de prioridade para pesquisa. Desta maneira, o Alvo 1Sc, que é o mais importante, abrange uma área de cerca de 1,2 km² onde estão presentes rochas serpentiniticas e, em segundo plano, rochas peridotíticas; esse alvo foi delimitado pela associação anômala Cu, Co, Ni, presente na amostra ER-33. O Alvo 2Sc situa-se na borda ocidental do CMIC, ao longo da LT-2200N, abrangendo uma área, também de cerca de 1,2 km²; esse alvo, onde ocorrem rochas do Complexo Xingu e serpentinitos da Suíte Intrusiva Cateté, foi delimitado por valores anômalos de Cu, Zn (Amostra ER-46).

Interpretando-se os dados acima e apoiado nos resultados do mapeamento geológico, admite-se que a associação anômala Ni, Co, Cu, detectada nos sedimentos de corrente, estaria refletindo um contexto máfico-ultramáfico e sugerindo a presença de mineralizações sulfetadas. O Alvo 1Sc merece uma particular atenção na pesquisa de EGP, por abranger um corpo (intrusivo e diferenciado ?) de peridotitos; nesse condicionamento é possível que as transformações magmático-metalogenéticas possam ter acumulado minerais sulfetados com EGP.

O valor anômalo de Zn, associado ao Cu, no domínio do Complexo Xingu, não deve estar associado ao magmatismo máfico-ultramáfico. É mais provável que esse elemento esteja relacionado a um evento ácido, tal como o vulcano-plutonismo Uatumã.

Na **Figura 32**, ainda pode ser observado um valor anômalo de Cr (ER-34). Esse elemento, possivelmente está associado à cromita, que ocorre disseminada nas rochas serpentiniticas; porém, devido ao caráter isolado dessa anomalia, está sendo considerada de importância secundária.

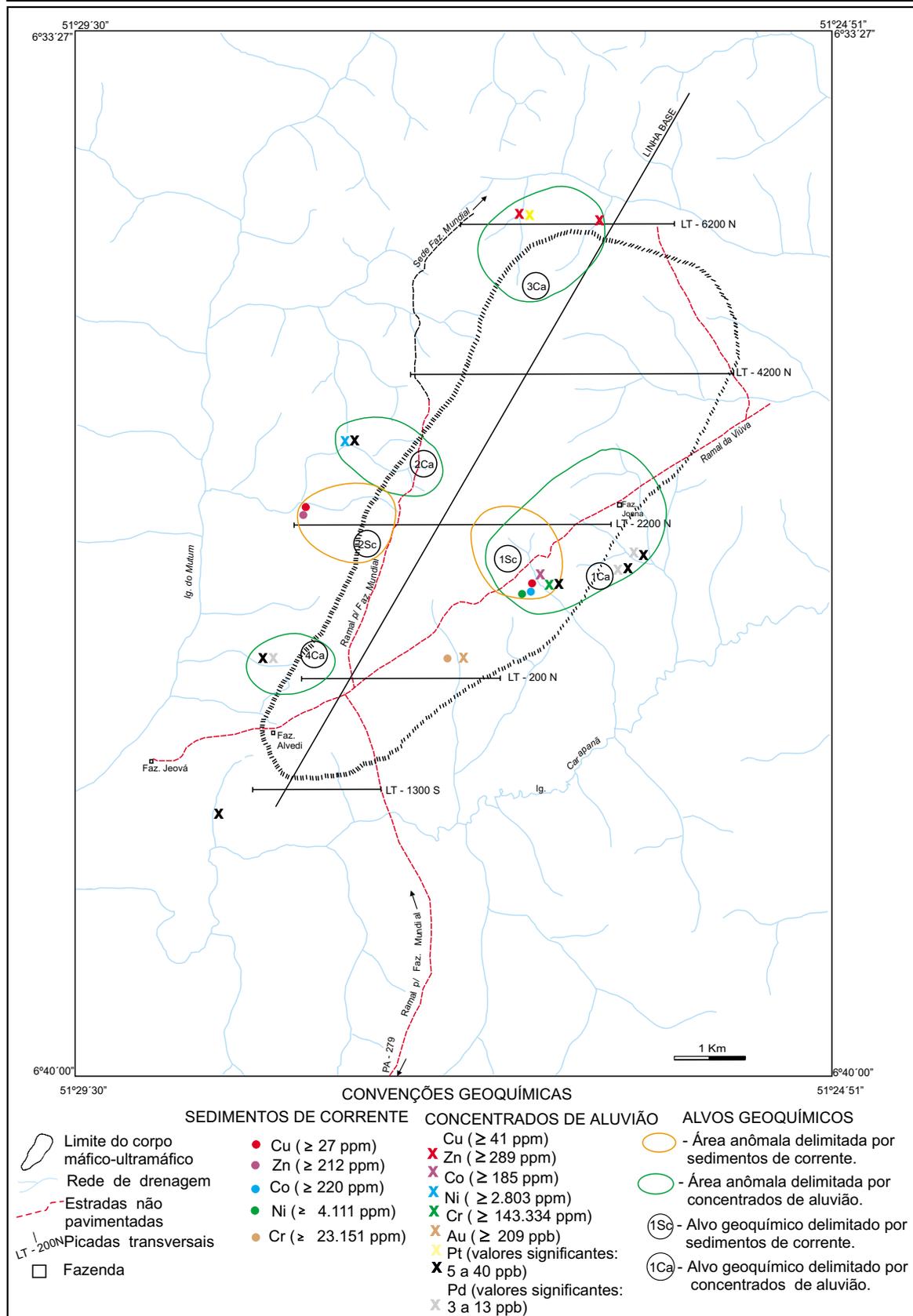


Figura 32 - Mapa de zonas anômalas (geoquímica) delimitadas por sedimentos de corrente e concentrados de aluvião no Alvo Igarapé Carapanã

7.4.6 CONCENTRADOS DE ALUVIÃO

A interpretação geoquímica dos concentrados de aluvião foi executada por uma metodologia semelhante à utilizada para os sedimentos de corrente. No domínio do igarapé Carapanã foram coletadas 20 amostras de concentrados de aluvião. A metodologia de amostragem e análise do material citado está descrita no **Capítulo 2** deste Informe Técnico. Os concentrados de aluvião foram analisados para Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Au, Pt e Pd e as alíquotas encontram-se arquivadas no LAMIN (CPRM – Rio de Janeiro).

Em razão das condições de amostragem dos concentrados de aluvião do igarapé Carapanã serem semelhantes à dos sedimentos de corrente, no tratamento estatístico das informações geoquímicas daquele material foi também considerada a População Global. Dessa maneira, os resultados analíticos foram tratados pelo programa *Statistica* que forneceu os parâmetros que constam do Sumário Estatístico (**Tabela 7**).

Integrando-se os resultados acima e tendo por base o fundo geológico, foram estabelecidas 7 anomalias geoquímicas sendo 2 de Cu (≥ 41 ppm), 1 de Zn (≥ 289 ppm), 1 de Co (185 ppm), 1 de Ni (≥ 2.803 ppm), 1 de Cr (≥ 143.334 ppm) e 1 de Au (≥ 209 ppb). Quanto aos resultados de Pt e Pd, nenhum deles alcançou teores suficientemente elevados para serem considerados como anômalos; entretanto, face à importância prospectiva desses elementos, os resultados definidos estão sendo considerados como valores significativos; dessa maneira, os resultados de Pt variam de 5 a 40 ppb e os de Pd, de 3 a 13 ppb. Os valores anômalos e significativos estão dispostos por toda a região de pesquisa e o seu posicionamento geográfico pode ser observado na **Figura 32**. Integrando-se esses valores com os resultados do mapeamento geológico, pode-se estabelecer 4 alvos geoquímicos os quais estão sendo numerados por ordem decrescente de prioridade para pesquisa (**Figura 32**).

O Alvo 1Ca situa-se na porção oriental do CMIC, nas imediações da LT-

2200N; abrange uma área de cerca de 2 km² onde afloram rochas serpentínicas, peridotíticas e piroxeníticas; esse alvo foi delimitado por valores significativos de Pt e Pd, presentes nas amostras ER-31, ER-32 e ER-33. O Alvo 2Ca foi delimitado pela amostra ER-47 que apresenta um valor anômalo de Co e um valor significativo de Pt; esse alvo abrange uma área de aproximadamente 1 km², situa-se na borda ocidental do CMIC onde afloram rochas do Complexo Xingu e serpentinitos da Suíte Intrusiva Cateté. Essas mesmas rochas ocorrem no Alvo 3Ca que se situa na extremidade norte do corpo máfico-ultramáfico; esse alvo abrange uma área de cerca de 1,6 km² e foi delimitado por anomalias geoquímicas de Cu e Au, reveladas nas amostras ER-37 e ER-36. O Alvo 4Ca situa-se na extremidade sudoeste do CMIC, abrange uma área de aproximadamente 0,5 km² e foi delimitado por valores significativos de Pt e Pd presentes na amostra ER-28; nesse alvo também ocorrem gnaisses e migmatitos do Complexo Xingu e serpentinitos da Suíte Intrusiva Cateté. Nesse mapa geoquímico (**Figura 32**) são também observados um valor anômalo de Cr (ER-34) e um valor significativo de Pt (ER-44).

Interpretando-se esse contexto geoquímico e tendo por base o mapeamento geológico, considera-se que as anomalias geoquímicas e os valores significativos presentes no domínio das rochas encaixantes são desprovidos de maior interesse prospectivos. Essa afirmativa é devida ao baixo potencial mineral das rochas do Complexo Xingu, para os elementos analisados e, em particular, para EGP. Admite-se que as anomalias mencionadas são transportadas, do domínio máfico-ultramáfico para o gnaiss-migmatítico, pelas drenagens, cujas nascentes situam-se naquele terreno.

Ainda nesse panorama geoquímico, destaca-se a associação Co, Ni, Cu, Pt, Pd presente nos diversos alvos geoquímicos (de maneira incompleta), porém também atestada pelos sedimentos de correntes. Essa associação é indicativa de um contexto máfico-ultramáfico, o qual pode conter mineralizações sulfetadas (Co, Ni ou

Cu) com EGP. Nesse contexto, salienta-se os alvos 1Ca e 4Ca, cuja filiação geoquímica anômala está associada a corpos (intrusivos e diferenciados?) de peridotitos e piroxenitos, que podem ter apresentado uma evolução magmática favorável à formação de *reefs* platiníferos.

A forte anomalia de Cr é sugestiva de presença de cromita, identificada nos serpentinitos, a qual pode estar relacionada a níveis de cromitito. As anomalias de Zn e Au estão sendo consideradas como relacionadas a fraturamentos/hidrotermalismo, associados a mineralização sulfetadas.

7.4.7 - CONSIDERAÇÕES GEOQUÍMICAS

Integrando-se os resultados geoquímicos obtidos através da amostragem de solo, concentrado de solo, sedimentos de corrente e concentrados de aluvião executada no domínio do igarapé Carapanã, pode-se estabelecer as seguintes considerações:

- Inicialmente deve ser salientado que, de acordo com os resultados do mapeamento geológico, o CMIC possui dimensões inferiores e não apresenta a variedade litológica, nem o acamadamento verificado na serra do Puma. Esses fatos, em princípio, diminuem as perspectivas metalogenéticas para EGP do CMIC, em relação àquele corpo.

- Considera-se que os resultados dessa prospecção geoquímica foram satisfatórios, pois delimitaram alvos anômalos para pesquisa de EGP. Entretanto, como nos demais alvos descritos, essa prospecção foi prejudicada pela baixa sensibilidade do método analítico usado para dosagem da Pt e Pd. Em segundo plano, admite-se a necessidade de serem analisados outros elementos (do grupo da Platina e/ou associados a esses), o que sem dúvida forneceria maiores subsídios à pesquisa.

- Comparando-se os resultados analíticos obtidos nos solos, concentrados de solo, sedimentos de corrente e concentrados de aluvião para os 8 elementos analisados, verifica-se que os maiores teores foram observados nos concentrados de

solo. Quando se compara os resultados dos solos com os concentrados de solo e considerando-se as três populações estatísticas, verifica-se que esse panorama se repete quase que inteiramente, exceto para o Ni nos solos originados dos serpentinitos e para o Cr, nos dos piroxenitos.

- Considerando-se os padrões de mobilidade geoquímica estabelecidos por Levinson (1974) e o ambiente supergênico de natureza ácida e oxidante que predomina na área do igarapé Carapanã, verifica-se que os elementos analisados podem ser divididos em dois grupos. Um grupo reúne o Cu, Zn, Ni e Co caracterizado por uma alta a média mobilidade, configurando uma migração de natureza hidromórfica, em que os elementos são transportados principalmente na forma de composto organo-argilosos. O outro grupo é formado pela Pt, Pd, Cr e Au, elementos que estão associados principalmente a minerais resistentes (MGP, cromita e ouro, respectivamente); nesse caso, esses elementos apresentam uma baixa mobilidade, caracterizando uma dispersão predominantemente mecânica. Salienta-se que esses comportamentos são observados, de uma maneira geral, para todos os materiais amostrados e nas diversas populações estatísticas consideradas neste estudo.

- Em termos de associação geoquímica destaca-se, para os materiais amostrados, a associação Ni-Co-Cr-Cu típica de um contexto máfico-ultramáfico. Essa associação é sugestiva de paragêneses sulfetadas, as quais podem conter EGP, cuja presença foi detectada nos concentrados de aluvião e de solo.

- A **Figura 33** resulta da integração das zonas anômalas obtidas pelos diversos meios amostrados. Nesse mapa, considera-se inicialmente, que as zonas anômalas situadas no domínio do Complexo Xingu são desprovidas de maiores interesses prospectivos em virtude do seu baixo potencial metalogenético para os elementos analisados e, particularmente, para EGP. Ainda com base na **Figura 33**, verifica-se que as mais importantes concentrações de áreas anômalas favoráveis à pesquisa de EGP estão situadas na porção sudoeste do

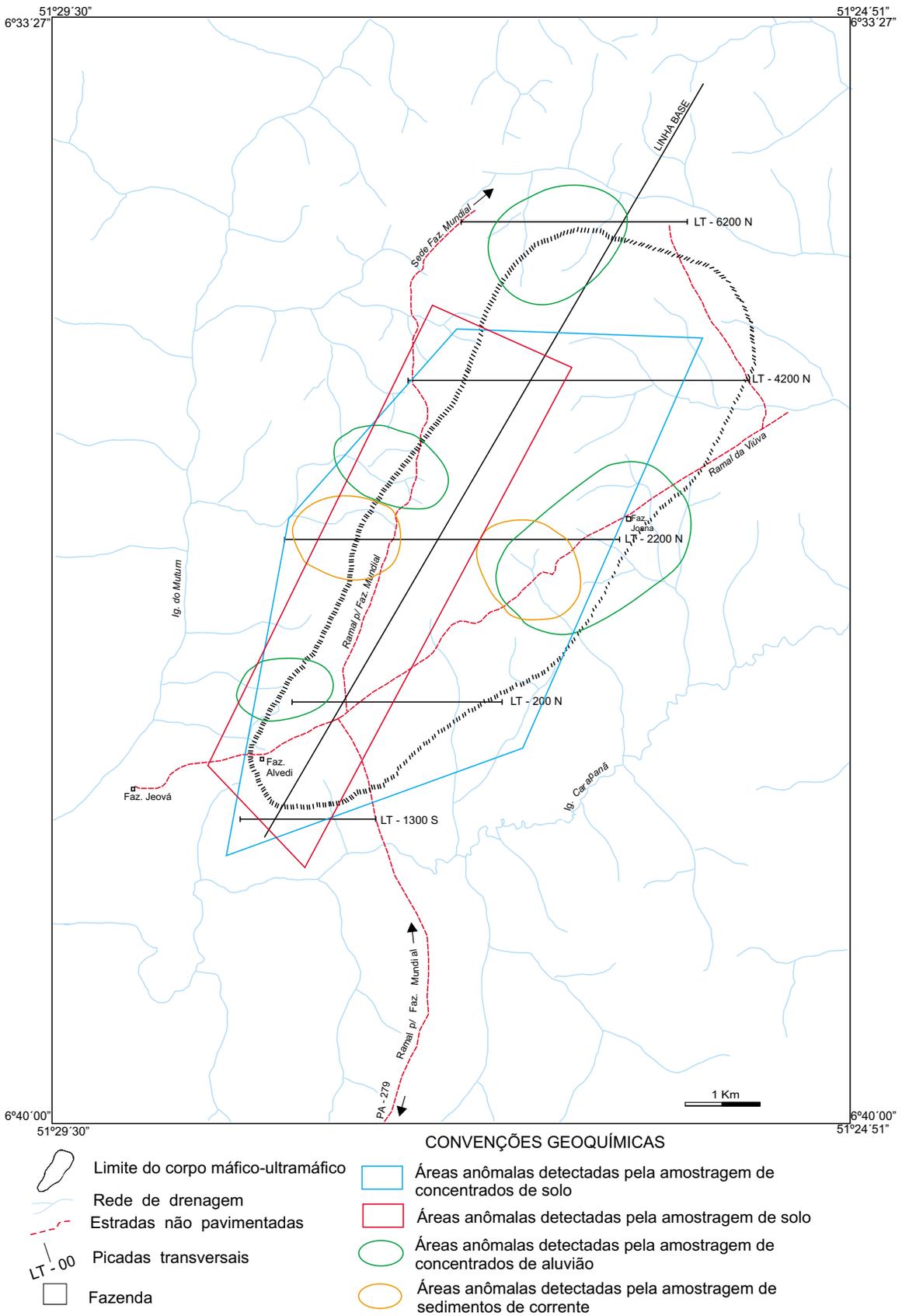


Figura 33 - Mapa integrado das áreas anômalas (geoquímica) do Alvo Igarapé Carapanã

CMIC e na sua borda ocidental às proximidades da LT-2200N. Em ambas as áreas, apesar do predomínio dos serpentinitos, verifica-se a presença de piroxenitos e/ou peridotitos, os quais podem representar uma diferenciação magmática e, conseqüentemente, podem se constituir em um ambiente propício à formação de *reefs* de EGP.

- No contexto estratigráfico do igarapé Carapanã predominam rochas serpentiniticas. Essas contêm cromitas disseminadas e anomalias de Cr, constituindo um panorama favorável a armazenar níveis de cromitito, a exemplo do que ocorre em diversas intrusões acamadadas (Bushveld, Stillwater, etc). As anomalias de Pt e Pd detectadas no ambiente do CMIC enriquecem esse contexto metalogenético, tornando possível a existência de níveis de cromitito com EGP associados, como observados nos complexo mencionados.

- As anomalias de Zn estão sendo interpretadas como produtos das atividades hidrotermais relacionadas ao vulcanoplutonismo Uatumã. A fonte primária do Au também pode estar associada a esse evento (remobilizado), como também pode ser fruto da diferenciação do magmatismo máfico-ultramáfico Cateté.

7.5 METALOGENIA DOS ELEMENTOS DO GRUPO DA PLATINA

A integração dos dados obtidos no domínio do igarapé Carapanã permite estabelecer as seguintes considerações metalogenéticas sobre os EGP.

- Trata-se de um corpo de natureza máfico-ultramáfico, diferenciado, anorogênico e intrusivo em ambiente intraplaca. Está constituído essencialmente por serpentinitos, cortados por corpos intrusivos e

diferenciados de peridotitos, piroxenitos e diabásio.

- A prospecção geoquímica revelou zonas anômalas de Cu, Ni, Co, Cr, Zn, Au, Pt e Pd. Os 4 primeiros elementos refletem o contexto máfico-ultramáfico presente no igarapé Carapanã; sendo que o Cu, Ni, Co, também podem sugerir a existência de mineralizações sulfetadas; enquanto que o Cr provavelmente indica a presença de cromita, a qual pode estar disseminada ou constituindo cromititos no pacote de serpentinitos. Os valores significantes de Pt e Pd ocorrem principalmente na borda oriental do corpo máfico-ultramáfico (às proximidades da LT-2200N) e na sua borda ocidental (LT-200N e LT-2200N). Integrando-se as faixas anômalas relativas aos elementos analisados e considerando os diferentes materiais amostrados, observa-se que as mesmas superpõem-se principalmente na porção ocidental do corpo máfico-ultramáfico, entre as transversais LT-1300S e LT-4200N, sendo essa área, indicada para a realização de trabalhos mais detalhados.

- Quando se compara o corpo do igarapé Carapanã, com os da serra da Onça e do Puma, admite-se que aquele ocupe uma prioridade secundária em relação a esses últimos. Isso em razão da menor dimensão do corpo do igarapé Carapanã (aflorante) e da ausência de rochas gabróicas. A maior probabilidade de serem detectadas mineralizações de EGP, no âmbito do igarapé Carapanã, seria associada aos possíveis níveis de cromititos armazenados no pacote de serpentinito. Outra possibilidade seria de os EGP estarem relacionados a mineralizações sulfetadas, as quais poderiam estar presentes na seqüência serpentinitica e/ou nos corpos de peridotito ou piroxenito.

8 - Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra do Jacarezinho

8.1 GENERALIDADES

Assim como os demais corpos da Suíte Intrusiva Cateté, o Corpo Máfico-Ultramáfico de Serra do Jacarezinho-CMJZ, apresenta, em superfície, uma forma alongada com cerca de 11 km de extensão e uma largura máxima de 3,5 km, disposto segundo NE-SW (**Figura 34**).

A área do CMJZ abrange cerca de 271 km², em forma retangular, delimitada pelos paralelos 6°13' e 6°22' de latitude sul e pelos meridianos 51°53' e 52°02' de longitude WGr.

A serra do Jacarezinho exhibe um relevo de serra/colina alongada, com topo abaulado, às vezes em crista, e encostas com mediana declividade, demonstrando relativo realce em relação ao terreno rebaixado circunvizinho. De acordo com a base planimétrica (SB.22-Y-B) elaborada pelo IBGE, o ponto culminante da serra do Jacarezinho é de 430 m, com um desnível topográfico médio da ordem de 60 m.

A vegetação predominante na área de estudo é do tipo Floresta Aberta Latifoliada, bem desenvolvida, com uma grande variedade de espécies, onde estão presentes árvores de grande porte. Localmente, observa-se uma gradativa substituição da vegetação nativa por culturas e pastagens. Sob o ponto de vista hidrográfico a região da serra do Jacarezinho situa-se no interflúvio formado pelos igarapés Araraquara e Preto, sendo este último afluente do primeiro, o qual desemboca no rio Xingu.

De acordo com o Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira (SUDAM, 1984) a serra do Jacarezinho situa-se em uma região caracterizada por uma precipitação pluviométrica em torno de 2.000 mm/ano, uma temperatura média anual de 25°C a 24°C e a umidade relativa média anual de aproximadamente 85%. Com esses parâmetros e segundo a classificação climática de Köppen (1948), a região em estudo enquadra-se no tipo Am, que é um clima tropical úmido de monção, com precipitação excessiva durante alguns meses.

Os solos observados na região da serra do Jacarezinho, podem ser divididos em 3 grupos: Latossolo Vermelho Escuro desenvolvido sobre as rochas máfico-ultramáficas; Latossolo Marrom-Avermelhado, está associado à seqüência metavulcano-sedimentar do Grupo São Félix; Latossolo Vermelho-Amarelo, corresponde à área de ocorrência do Granito Plaqué.

8.2 ASPECTOS LITOESTRATIGRÁFICOS

Sob o ponto de vista geotectônico o CMJZ situa-se no mesmo contexto que os demais corpos da Suíte Intrusiva Cateté ou seja no domínio do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas.

O mapeamento geológico (**Figura 35**) executado no Alvo Serra do Jacarezinho permitiu identificar, da base para o topo, o seguinte empilhamento estratigráfico: Grupo São Félix, Granito Plaqué, Suíte Intrusiva Cateté, Intrusivas Ácidas, Diabásio Cururu, Cobertura Laterítica e Cobertura Colúvio-Aluvionar.

As rochas encaixantes do Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra do Jacarezinho pertencem ao Grupo São Félix e ao Granito Plaqué, todas consideradas de idade arqueana.

Nos limites do polígono de pesquisa o Granito Plaqué é a unidade estratigráfica que ocupa a maior extensão em área, envolvendo praticamente todo o corpo máfico-ultramáfico e desenvolvendo-se predominantemente nas porções ocidental e setentrional. Apresenta uma topografia rebaixada com um relevo suavemente colinoso. A unidade Plaqué é constituída por rochas de tonalidades acinzentadas, faneríticas, de granulação média a grossa, leucocráticas a hololeucocráticas. Observa-se a predominância da textura granolepidoblástica caracterizada por cristais oclares de feldspato imersos em uma matriz cominuída. Mineralogicamente são constituídos por microclina, plagioclásio, quartzo, biotita, muscovita, hornblenda, titanita, clorita, epi-

doto, apatita, opacos, alanita e zircão segundo uma generalizada ordem decrescente de abundância. São observados predominantemente os tipos monzogranitos (EM-612A) com variações para leucomonzogranito (EM-604) e sienogranito (EM-591B).

No domínio do Granito Plaquê foram mapeados resquícios do Complexo Xingu. São constituídos de poucos corpos (4), de pequenas dimensões (inferiores a 2 km), de formas irregulares, distribuídos aleatoriamente e não individualizados na presente escala e natureza de trabalho. São rochas de tonalidades cinza média a cinza escura, faneríticas, granulação média, com estruturas foliadas e bandadas. Tratam-se essencialmente de gnaisses que localmente exibem típicas estruturas dos estágios metatexiticos e diatexiticos, com uma generalizada deformação milonítica e predomínio do estágio protomilonítico. São rochas constituídas por quartzo, plagioclásio, microclina, biotita (às vezes cloritizada), muscovita e opacos, em uma generalizada ordem decrescente de abundância. De acordo com a classificação petrográfica adotada (Streckeisen, 1976) tratam-se essencialmente de granodioritos (EM-698).

Ainda no domínio das encaixantes, foi mapeado, particularmente na porção sudeste do Alvo Serra do Jacarezinho, o Grupo São Félix. Apresenta uma topografia montanhosa, que se destaca das regiões circunvizinhas, constituída de serras de topos em cristas ou em platôs. O Grupo São Félix está constituindo por intercalações de rochas metassedimentares, metavulcânicas ácidas, básicas e ultrabásicas subordinadas. As rochas do Grupo São Félix apresentam-se normalmente intemperizadas, com as tonalidades amarronzadas, esverdeadas, arroxeadas e avermelhadas. Exibem predominantemente uma granulação fina, aspecto xistoso e é bem destacada a foliação milonítica. Assim foram mapeados quartzo-sericita-xisto (EM-589A), anfíbio-xisto (EM-592), talco-tremolita-xisto (EM-606), actinolita-xisto (EM-607B), quartzitos (EM-631A). Os quartzitos exibem colorações esbranquiçadas, granulometria média a fina e em alguns exemplares pode-se observar uma boa seleção dos grãos de quartzo.

No Grupo São Félix ainda merece ser destacada a presença de formações ferríferas, as quais constituem os topos das serras situadas na porção sudeste do polígono de pesquisa. As formações ferríferas apresentam-se bandadas, com alternância milimétrica a centimétrica de leitos silicosos e ferríferos.

No âmbito do Alvo Serra do Jacarezinho, a Suíte Intrusiva Cateté, considerada como de idade paleoproterozóica está constituída por serpentinitos, piroxenitos, gabronoritos e diabásios.

Baseado no mapa geológico do CMJZ (**Figura 35**), esse corpo é constituído quase que inteiramente por serpentinitos. As rochas apresentam-se normalmente intemperizadas com as colorações amareladas, amarronzadas e acinzentadas. Exibem invariavelmente fraturas, sendo que em alguns exemplares são observadas duas direções transversais. Localmente, o fraturamento é intenso com as fraturas dispostas de maneira subparalela, com espaçamento milimétrico a centimétrico, imprimindo à rocha um padrão de pseudoacamadamento. Frequentemente as fraturas estão preenchidas por óxidos de ferro (magnetita).

As análises petrográficas demonstraram que os serpentinitos exibem diferentes intensidades de serpentinização. Assim, observam-se predominantemente os exemplares inteiramente serpentinizados (EM-614B, EM-623, EM-654A, etc), constituídos de lizardita formando uma textura *mesh*. Ao longo de algumas fraturas verifica-se a presença de veios de crisotila. Localmente, constata-se exemplares parcialmente serpentinizados, nos quais é possível observar cristais pseudomorfos de olivina e de piroxênio (EM-636). Os minerais opacos (magnetita (?) hematita (?) cromita (?)) estão presentes nos serpentinitos em forma de milimétricos grãos disseminados ou ao longo das fraturas, associados ou não à crisotila e nos contatos interminerais.

Deve ser mencionado que, algumas vezes, nas fraturas das rochas serpentiniticas observa-se a presença de milimétricos veios de calcedônia e crisoprácio.



Figura 34 - Imagem de Satélite LandSat, Canal 4 - Serra do Jacarezinho

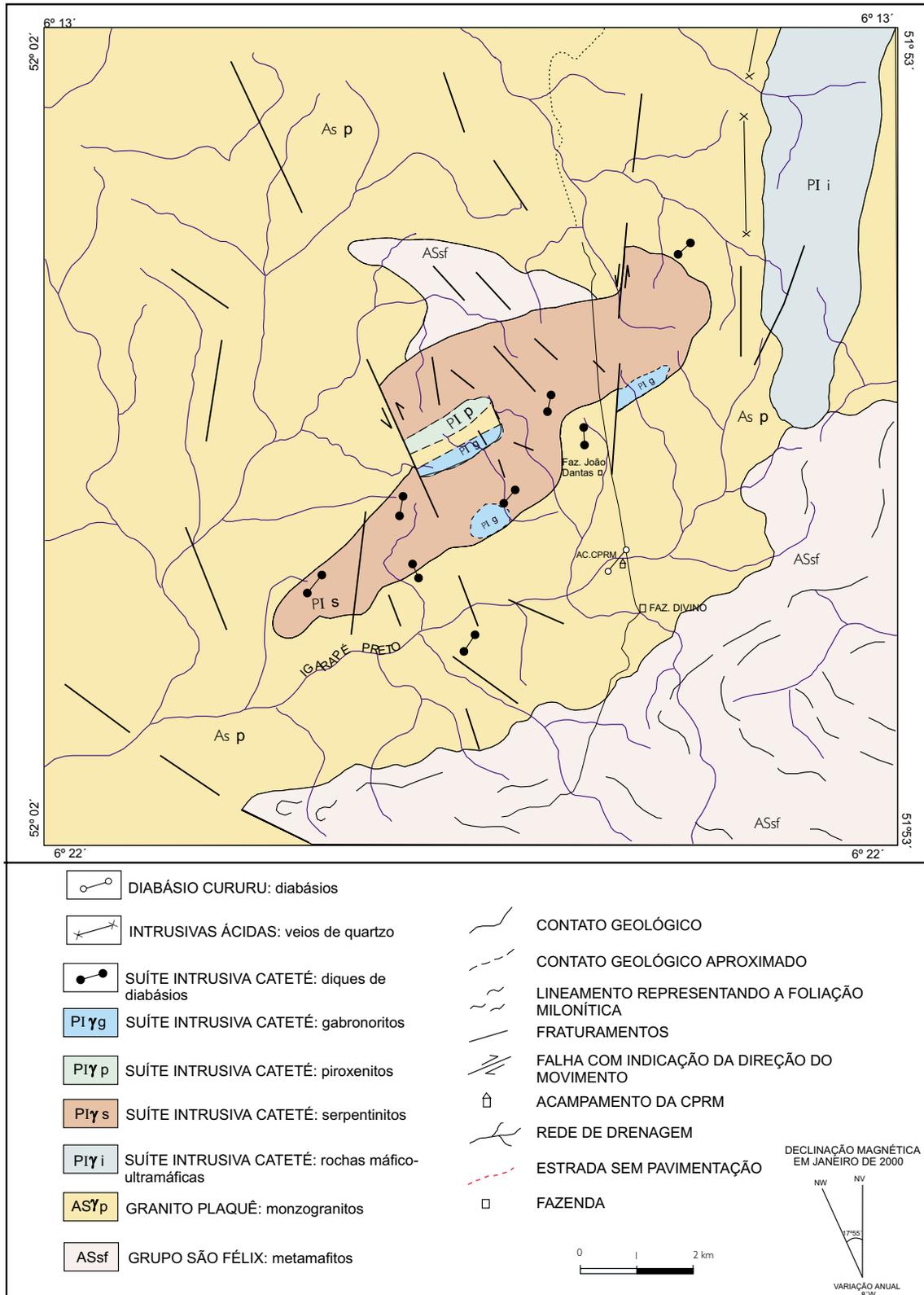


Figura 35 - Mapa geológico do Complexo Máfico-Ultramáfico da Serra do Jacarezinho

Sob o ponto de vista petrográfico, os serpentinitos da serra do Jacarezinho são muito semelhantes aos estudados nos demais corpos máfico-ultramáficos descritos neste relatório. Inclusive, com as mesmas propriedades óticas dos minerais e as suas proporções, sendo difícil distinguir as rochas serpentiniticas dos diferentes corpos máfico-ultramáficos.

De maneira semelhante ao observado e interpretado para as rochas serpentiniticas nos alvos pesquisados, constata-se nos litotipos preservados do CMJZ a presença de minerais cúmulus (olivina e piroxênio) e intercúmulus (piroxênio). Assim, admite-se que os protólitos das rochas serpentiniticas foram grandes massas duníticas representantes de um lento processo de assentamento gravitacional. Por outro lado, os cristais cúmulus, bem preservados, atectônicos e poligonizados não sugerem a presença de processos metamórficos e deformacionais.

Também como constituintes do CMJZ foram detectadas rochas piroxeníticas. Trata-se de um pequeno corpo (2 km), de forma alongada, disposto segundo a direção geral da serra do Jacarezinho (NE-SW) e situado na sua porção meridiana (**Figura 35**).

São rochas de coloração esverdeada, aspecto isotrópico, equigranular e de granulometria média. Ao microscópio observa-se uma textura hipidiomórfica granular, com a rocha sendo constituída essencialmente por piroxênios. Verifica-se a presença de cristais poliedrais de actinolita, interpretada como resultante da transformação do diopsídio cúmulus. Como material intercúmulus constata-se a tremolita, tida como proveniente do ortopiroxênio. Entretanto, os cristais não apresentam cominuição, rotação, deformação, ou qualquer outra feição sugestiva de que essa rocha tinha sido submetida a um processo tectônico dúctil. A transformação verificada é apenas mineralógica, de minerais ígneos para metamórficos, mantendo entretanto o arranjo original. Face a essa transformação, essa rocha está sendo classificada como metaclinopiroxenito (EM-640).

Provavelmente trata-se de algum “aquecimento” crustal, relacionado à granitogênese que originou a Suíte Intrusiva Velho Guilherme, a qual afetou as rochas piroxeníticas da serra do Jacarezinho.

Observando a mencionada amostra de metaclinopiroxenito, verifica-se que a mesma apresenta fraturas e com uma “epidotização” ao longo das mesmas. Dessa maneira é possível que a transformação mineralógica em pauta, possa ser resultado de atividade hidrotermal.

Outro grupo de rochas mapeado no CMJZ foram os gabronoritos. Ocorrem em forma de 3 pequenos (> 2 km) corpos alongados, dispostos segundo a direção geral da serra do Jacarezinho (**Figura 35**), que ocorrem na porção mediana e nordeste do corpo máfico-ultramáfico.

Os gabronoritos exibem coloração cinza escura, melanocrática, aspecto isotrópico, com uma granulação fina a média, porém localmente verifica-se uma granulação grossa (EM-637B). Em lâminas petrográficas observa-se que os gabronoritos são essencialmente constituídos por plagioclásio, clinopiroxênio, ortopiroxênio, quartzo e opacos. Em alguns exemplares, o plagioclásio apresenta-se “turvado” (EM-648), e em outros observa-se uma geminação albita-periclina (EM-647). O clinopiroxênio está representado pelo diopsídio e a augita, enquanto que o ortopiroxênio pelo hiperstênio. Observa-se em algumas amostras que alguns cristais de clinopiroxênio encontram-se parcialmente a totalmente transformados em actinolita, enquanto que os de ortopiroxênio em tremolita (EM-608A) Em razão disso utiliza-se a denominação de metagabronorito.

Estes demonstram predominantemente uma textura hipidiomórfica granular (EM-676). Localmente, exibem uma cataclase com intensa alteração (EM-607A), às vezes apresentam-se seccionados por veios de quartzo (EM-686A) e, em alguns casos, lamelas de intercrescimento granofírico (EM-595B).

Foram também observados nos ga-

bronoritos do CMJZ, cristais de ortopiroxênio que hospedam exsoluções de clinopiroxênio. Esse arranjo apresenta características de pigeonita invertida formando texturas do tipo “espinha de peixe”. Essa feição, foi bem observada na serra da Onça, presente em um nível de vários quilômetros de extensão. Na serra do Jacaré, a pigeonita invertida foi observada em 3 amostras, entretanto não se consegue estabelecer um nível entre as mesmas.

Igualmente ao observado nos demais corpos máfico-ultramáficos estudados, também foram mapeados na serra do Jacarezinho, corpos de diabásio, relacionados aos últimos estágios evolutivos do magmatismo Cateté. Ocorrem sob a forma de diques, de pequenas dimensões, geralmente com espessura e comprimento, aflorantes, inferiores a 15 m e 50 m, respectivamente. Esses diques estão direcionados predominantemente segundo NW e NE e com um posicionamento subvertical. Distribuem-se nos diversos quadrantes da área de pesquisa, porém com maior concentração na porção sudeste do CMJZ. Apresentam-se intrudidos tanto no âmbito do corpo máfico-ultramáfico, como no domínio das encaixantes.

Os diques são constituídos de rochas de coloração cinza escura, melano-crática, estrutura maciça, fanerítica, equigranular e de granulação média. No estudo microscópico verifica-se uma textura ofítica a subofítica e são constituídas de plagioclásio, augita, diopsídio, hornblenda, uralita, escapolita, titanita, quartzo, epidoto e opacos. Essas rochas estão sendo classificadas como diabásio. Entretanto, em alguns exemplares (EM-673B, em 669, EM-666A, etc) os piroxênios apresentam-se transformados para tremolita-actinolita e, nesse caso, as rochas são classificadas como metadiabásio.

Essa transformação mineralógica já foi observada nos piroxênios e nos gabroritos do CMJZ. Também foi observada nos gabroritos da serra do Puma e nos diabásios do igarapé Carapanã. Como nos exemplos anteriores, sugere-se que essa transformação mineralógica desprovida de efeito tectônicos, provavelmente seja resul-

tante de um “aquecimento” crustal relacionado ao magmatismo ácido Velho Guilherme.

Sob o ponto de vista petrográfico o Diabásio “Cateté” caracteriza-se por exibir a presença de plagioclásio “turvado”. Em alguns metadiabásios (EM-599B) verifica-se ainda formas ígneas preservadas (como o piroxênio residual) e alterações hidrotermais. Em outras amostras (EM-628) comparecem vesículas quartzosas sugerindo um mais avançado grau de diferenciação magmática alcançando o estágio diabásio granofírico. Ainda como consequência desse avançado estágio de diferenciação verifica-se uma textura glomeroporfírica consistindo em um aglomerado porfirítico (EM-650) e intercrescimento granofirítico (EM-684). Em outras amostras (EM-713 e EM-714) o metadiabásio apresenta-se com veios de actinolita.

Na transição do Paleoproterozóico para o Mesoproterozóico, após a instalação do CMJZ, essa porção do Cráton Amazônico foi submetida a um evento tectônico distensivo, do qual resultaram os granitóides da Suíte Intrusiva Velho Guilherme e os vulcanitos do Grupo Uatumã (CPRM, 1997). Na região da serra do Jacarezinho, esse magmatismo ácido atingiu tanto as rochas do CMJZ, como as encaixantes. Os produtos desse evento estão representados principalmente por diques, veios e vênulas de quartzo, os quais estão sendo designados informalmente de Rochas Intrusivas Ácidas.

Os veios de quartzo estão bem representados na porção noroeste do polígono de trabalho. Estão dispostos seguindo a direção meridiana, formam um agudo resalto topográfico, bem visível em imagens de sensores remotos e estendem-se, nos limites da área de pesquisa, por cerca de 5 km. Os veios têm ampla distribuição e exibem espessura e comprimento (aflorantes), máximos de 20 cm e 5 m, respectivamente.

Os diques, os veios e as vênulas são constituídos essencialmente por quartzo. Apresentam predominantemente a tonalidade branco leitosa, fraturados, com as

fraturas impregnadas por óxidos secundários de ferro, o que fornece à rocha as tonalidades avermelhadas e amareladas. Localmente formam drusas do tipo “dente de cão”, com os cristais alcançando dimensões máximas de 1,5 cm.

No Mesozóico a região da serra do Jacarezinho foi submetida a um novo evento tectônico distensivo que proporcionou a formação de diques do Diabásio Cururu. Esses, raramente foram observados na área de pesquisa e encontram-se intrudidos no domínio das rochas encaixantes. Apresentam dimensões semelhantes às do Diabásio “Cateté” (15 m de espessura e 50 m de comprimento), dispõem-se segundo as direções NW e NE e exibem um posicionamento subvertical.

Tratam-se de rochas de coloração cinza escura, melanocrática, aspecto isotrópico, equigranular e de granulação fina. Exibem uma textura ofítica e são essencialmente constituídas de plagioclásio, augita, hornblenda, biotita, apatita, quartzo e opacos (EM-587). Localmente são observados intercrescimentos granofíricos em diferentes estágios da evolução magmática.

No Cenozóico, um intenso processo de laterização atingiu essa porção do Cráton Amazônico, abrangendo as rochas da região da serra do Jacarezinho. Conseqüentemente desenvolveram-se perfis lateríticos, com a formação de crosta ferruginosa. À semelhança do que foi mapeado nos demais corpos máfico-ultramáficos estudados, também no CMJZ foi constatada a presença de fragmentos de crosta ferruginosa. Esses podem ser classificados em três grupos. Um grupo caracteriza-se por constituir-se de rochas de coloração marrom escura, densas, compactas, com estrutura maciça, constituídas essencialmente por óxidos e hidróxidos de ferro e estão relacionadas ao domínio das rochas máfico-ultramáficas. O outro grupo apresenta coloração marrom-claro, granulometria fina, geralmente frágil, microporoso, às vezes cavernoso, constituído essencialmente por óxidos e hidróxidos de Fe e porções secundárias de óxidos e hidróxidos de Mn e Al e está associado às rochas do Grupo São Félix. O terceiro grupo de crosta

ferruginosa exibe as tonalidades amareladas, avermelhadas e amarronzadas, microporosa, cavernosa, com estrutura pseudo-brechóide e às vezes oolítica e psolítica, constituída de óxidos e hidróxidos de Fe, porém, com grande participação dos óxidos e hidróxidos de Al e está associado ao Granito Plaquê.

Encimando o empilhamento estratigráfico da região da serra do Jacarezinho foram identificados corpos coluvionares e aluvionares de idade quaternária. Esses são de pequeno porte no domínio das rochas máfico-ultramáficas, porém apresentaram-se mais desenvolvidos no âmbito das encaixantes, particularmente ao longo do igarapé Preto (aluviões) e nas encostas das serras na porção sudeste da área de trabalho (coluviões).

Analisando-se a distribuição e o posicionamento das unidades estratigráficas máficas e ultramáficas verifica-se a grande predominância dos serpentinitos no CMJZ, assim como, não se constata um perfeito acamadamento. Nos afloramentos estudados, também não foram detectadas feições indicativas de acamadamento, o que seria mais difícil, pois as exposições rochosas não são de grande expressividade. No mapa geológico do CMJZ (**Figura 35**) o posicionamento alongado dos corpos de piroxenito e de gabronorito, constituem um indicio de um possível acamadamento. Como o CMJZ apresenta-se seccionado, desconhece-se a sua relação com o Complexo Máfico-Ultramáfico da Serra do Jacaré e como a escala do mapeamento geológico realizado não foi elucidativa, ainda permanecem dúvidas sobre o real acamadamento do CMJZ.

A presença de serpentinitos, piroxenitos, gabronoritos e diabásios é uma forte evidência que a magma que originou o CMJZ sofreu um processo de diferenciação magmática. A presença de certas feições petrográficas (plagioclásio “turvado”, pigeonita invertida, cristais cúmulus, etc.) é indicativa de que esse processo de diferenciação foi semelhante ao observado na serra da Onça e nos demais corpos estudados.

8.3 PANORAMA ESTRUTURAL

O Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra do Jacarezinho situa-se no Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas, mais particularmente na faixa de transição entre o Domínio Imbricado (E-W) e o Sistema Transcorrente Araraquara (N-S). Apresenta-se orientado segundo a direção NE-SW, o que difere da orientação E-W do corpo máfico-ultramáfico da serra do Puma, e também difere da orientação N-S dos corpos da serra do Jacaré e do Igarapé Carapanã. Acredita-se que, em razão de o CMJZ situar-se em uma zona de transição tectônica, tenha sido submetido a esforços das direções E-W (Domínio Imbricado) e N-S (Sistema Transcorrente Araraquara) e deslocado-se para a atual posição.

Outro fato a ser considerado é que o CMJZ situa-se bem próximo à extremidade sul do Complexo Máfico-Ultramáfico da Serra do Jacaré. Esse é limitado a oeste por uma falha regional no sentido N/S, cujas paralelas secundárias afetaram o corpo do Jacarezinho. No atual estágio de pesquisa, mesmo baseado nos dados obtidos na serra do Jacaré, não se consegue estabelecer uma evidente conexão estrutural entre os dois corpos. Portanto, preliminarmente, prefere-se considerar que sejam dois corpos independentes.

Devido a ausência de boas exposições rochosas e na falta de dados geofísicos adequados, não se pode determinar a direção e o valor do mergulho do CMJZ. Porém, com base em comparações com os corpos máfico-ultramáficos estudados; na maior abundância de gabronoritos na borda sudeste do corpo; considerando que o corpo está acamadado segundo NE-SE e observando que a sucessão petrográfica evolutiva (serpentinó-piroxenito-gabro-norito) dispõe-se de NW para SW, sugere-se que o mergulho do CMJZ seja para SE.

Os principais elementos estruturais na área de trabalho são os fraturamentos. Estes atingem tanto o corpo máfico-ultramáfico com as rochas encaixantes. Estão dispostos preferencialmente segundo as direções submeridianas e no quadrante NW. Ocorrem sobre a forma de falhas e

fraturas, geralmente de posicionamento subvertical e de dimensões inferiores a 5 km.

Entre as falhas merecem destaque as duas principais que seccionam o CMJZ. Estão orientadas segundo N5°E e N20°W, apresentam um rejeito aparente inferior a 2 km, exibem um posicionamento subvertical, possuem uma movimentação sinistral e colocam em contato as rochas máfico-ultramáficas com o Granito Plaquê.

Outra falha a ser mencionada situa-se na porção sudoeste do polígono de pesquisa. Está orientada segundo N55°W, com um posicionamento subvertical e justapõe o Granito Plaquê com o Grupo São Félix.

Merece ainda ser citada uma extensa zona de fraturamento, situada na porção nordeste da área de trabalho, com um comprimento de cerca de 7 km (nos limites do polígono de pesquisa), uma orientação submeridiana e um posicionamento subvertical. Essa zona encontra-se preenchida por quartzo leitoso.

No âmbito das rochas encaixantes, além das fraturas, estão presentes as lineações miloníticas. No domínio do Grupo São Félix essas feições estão dispostas principalmente em torno da direção E-W, entretanto com variações para NW-SE, NE-SW e mesmo N-S. Integrando-se essas foliações é possível desenhar dobras, as quais, possivelmente, constituem um grande anticlinal. Na área de abrangência do Granito Plaquê as foliações miloníticas são menos perceptíveis (escassos afloramentos e topografia plana-colinosa), entretanto verifica-se que apresentam diversas direções, como consequência de situar-se em uma zona de transição tectônica (Domínio Imbricado e Sistema Transcorrente Araraquara).

8.4 PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA

8.4.1 GENERALIDADES

A prospecção geoquímica realizada no Alvo Serra do Jacarezinho, à semelhança dos demais alvos prospectados, objetivou primordialmente a revelação de mine-

realizações magmáticas e/ou de alvos geoquímicos relacionados às citadas mineralizações. No alvo em estudo, foram coletadas amostras de solo, concentrados de solo, sedimentos de corrente e concentrados de aluvião. Os diferentes tipos de material amostrados foram analisados por Absorção Atômica para Cu, Zn, Co, Ni e Cr; os concentrados de solo e concentrados de aluvião, adicionalmente, foram analisados por Ensaio de Fusão com dosagem por Absorção Atômica para Pt, Pd e Au. A metodologia de amostragem e de análise constam no **Capítulo 2** deste Informe Técnico.

As alíquotas das amostras coletadas na serra do Jacarezinho encontram-se arquivadas no LAMIN (CPRM - Rio de Janeiro). A interpretação das informações geoquímicas foi executada através do programa SURFER (Golden SOFTWARE) para a elaboração dos arquivos geoquímicos; do STATISTICA (Statsoft) para os cálculos estatísticos e do PLOTIT (Scientific Programming ENTERPRISE) para a construção dos perfis geoquímicos.

Para uma melhor visualização dos resultados analíticos e considerando os materiais amostrados e os elementos analisados, adotou-se a População Global. Aplicou-se nessa população (considerada lognormal) o Programa Estatístico que forneceu o Sumário Estatístico (**Tabela 11**), no qual constam os seguintes parâmetros: número de amostras (n), valor médio (M), desvio padrão (σ), valor mínimo, valor máximo, *outlier* e anomalia ($M+2\sigma$). Objetivando uma maior confiabilidade e representatividade dos cálculos estatísticos e da interpretação geoquímica, para os solos e concentrados de solo, o Arquivo Geoquímico do Alvo Serra do Jacarezinho, foi dividido em 3 populações de acordo com a natureza do substrato litológico, no qual foi executada a amostragem. Dessa maneira, foi considerada a população das Rochas Encaixantes, Serpentinitos e Gabros. Para cada uma dessas populações, foi aplicado o Programa Estatístico, que forneceu o Sumário Estatístico conforme pode ser observado nas **tabelas 12** (Rochas Encaixantes), **13** (Serpentinitos) e **14** (Gabros).

Ainda com base na População Global e objetivando-se detectar afinidades geoquímicas entre os elementos analisados foram calculadas Matrizes de Correlação (**Figura 36**) com base no coeficiente de correlação linear de Pearson (r).

8.4.2 POPULAÇÃO GLOBAL

Comparando-se os dados do Sumário Estatístico-População Global (**Tabela 11**) e tendo por base o valor médio verifica-se que, entre os materiais amostrados, os solos apresentam o maior enriquecimento em Cu (27 ppm) e Ni (3.565 ppm), enquanto que, os concentrados de solo exibem o maior conteúdo de Zn (311 ppm), Co (403 ppm) e Cr (105.662 ppm). Com relação a Pt, Pd e Au e considerando somente os materiais amostrados (concentrados de solo e concentrados de aluvião), verifica-se que o maior enriquecimento em Au (78 ppb) e Pt (10 ppb) foi nos concentrados de aluvião, enquanto que os maiores teores de Pd (24 ppb) foram observados nos concentrados de solo.

Confrontando-se os valores acima com os fornecidos por Levinson (1974), e considerados como os teores médios na crosta terrestre, constata-se que para todos os elementos, exceto o Cu, os valores detectados na serra do Jacarezinho são superiores.

Sob o ponto de vista da dispersão geoquímica, para os elementos analisados e tendo por base o valor do desvio padrão (**Tabela 11**) verifica-se que a maior mobilidade geoquímica do Ni e do Cu foi nos solos; este último elemento, juntamente com o Zn, Co e Pd, também apresentou a maior mobilidade geoquímica nos concentrados de solo; com relação ao Cr, Au e Pt, a maior mobilidade é observada nos concentrados de aluvião.

Comparando-se esses padrões com os fornecidos por Levinson (1974) e considerando-se que o ambiente geoquímico secundário da região da serra do Jacarezinho é de natureza ácida e oxidante, pode-se admitir uma alta mobilidade para o Zn, Co, Cu; uma média mobilidade para o

Tabela 11 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Global
Alvo: Serra do Jacarezinho

Elemento	Material	n	Média (M)	Desvio Padrão (σ)	Valor Mínimo	Valor Máximo	outlier	Anomalia (M+2 σ)
Cu	solo	219	27	17	3	102	-	61
	conc. solo	87	16	17	2	100	-	50
	sed. corrente	44	7	6	1	27	-	19
	conc. aluvião	44	7	8	1	52	-	23
Zn	solo	219	81	57	7	325	-	195
	conc. solo	87	311	271	33	1440	-	853
	sed. corrente	44	28	20	1	64	-	68
	conc. aluvião	44	134	76	13	335	-	286
Co	solo	219	172	120	2	470	-	412
	conc. solo	87	403	390	27	2650	-	1183
	sed. corrente	44	59	62	1	235	-	183
	conc. aluvião	44	58	49	1	270	-	156
Ni	solo	219	3565	3120	16	13000	-	9805
	conc. solo	87	1617	1016	90	5360	-	3649
	sed. corrente	44	666	847	1	3350	-	2360
	conc. aluvião	44	492	467	4	2250	-	1426
Cr	solo	219	13585	13963	115	77500	-	41511
	conc. solo	87	105662	34041	2150	167500	-	173744
	sed. corrente	44	28482	29593	90	92500	-	87668
	conc. aluvião	44	66443	36032	3300	145000	-	138507
Au	conc. solo	50	14	21	3	123	-	56
	conc. aluvião	25	78	113	3	442	1472	304
Pd	conc. solo	37	24	24	2	89	-	72
	conc. aluvião	17	4	3	1	13	-	10
Pt	conc. solo	11	8	6	5	26	-	20
	conc. aluvião	3	10	9	5	20	-	28

Obs.: n – número de amostras; teores Cu, Zn, Co, Ni e Cr (ppm); teores de Pt, Pd e Au (ppb)

Tabela 12 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Rochas Encaixantes
Alvo: Serra do Jacarezinho

Elemento	Material	n	Média (M)	Desvio Padrão (σ)	Valor Mínimo	Valor Máximo	Outlier	Anomalia (M+2 σ)
Cu	solo	47	15	12	3	74	-	39
	conc. solo	17	14	8	3	34	-	30
Zn	solo	47	33	22	7	98	-	77
	conc. solo	17	360	300	42	950	-	960
Co	solo	47	90	85	2	310	-	260
	conc. solo	17	308	333	28	1490	-	974
Ni	solo	47	1141	1785	16	7500	-	4711
	conc. solo	17	1159	804	215	2950	-	2767
Cr	solo	47	7513	9464	115	43500	-	26441
	conc. solo	17	106397	29593	51250	152500	-	165583
Au	conc. solo	10	19	26	3	86	-	71
Pd	conc. solo	3	10	6	3	13	-	-
Pt	conc. solo	1	5	-	-	-	-	-

Obs.: n – número de amostras; teores Cu, Zn, Co, Ni e Cr (ppm); teores de Pt, Pd e Au (ppb)

Tabela 13 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Serpentinitos
Alvo: Serra do Jacarezinho

Elemento	Material	n	Média (M)	Desvio Padrão (σ)	Valor Mínimo	Valor Máximo	outlier	Anomalia (M+2 σ)
Cu	solo	161	30	16	3	100	-	62
	conc. solo	63	16	18	2	100	-	52
Zn	solo	161	94	58	11	325	-	210
	conc. solo	63	308	272	48	1440	-	852
Co	solo	161	190	119	12	470	-	428
	conc. solo	63	454	413	59	2650	-	1280
Ni	solo	161	4225	3118	82	13000	-	10461
	conc. solo	63	1824	1031	160	5360	-	3886
Cr	solo	161	14426	12862	260	68750	-	40150
	conc. solo	63	105345	32735	12500	167500	-	170815
Au	conc. solo	32	9	7	3	29	123	23
Pd	conc. solo	28	26	25	2	89	-	76
Pt	conc. solo	10	9	7	5	26	-	23

Obs.: n – número de amostras; teores Cu, Zn, Co, Ni e Cr (ppm); teores de Pt, Pd e Au (ppb)

Tabela 14 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Gabros
Alvo: Serra do Jacarezinho

Elemento	Material	n	Média (M)	Desvio Padrão (σ)	Valor Mínimo	Valor Máximo	outlier	Anomalia (M+2 σ)
Cu	solo	9	31	21	6	71	-	-
	conc. solo	5	4	1	2	5	-	-
Zn	solo	9	105	39	58	166	-	-
	conc. solo	5	304	138	134	470	-	-
Co	solo	9	287	78	170	380	-	-
	conc. solo	5	178	73	98	249	-	-
Ni	solo	9	5039	2150	1600	8600	-	-
	conc. solo	5	900	572	420	1820	-	-
Cr	solo	9	31928	29289	2200	77500	-	-
	conc. solo	5	-	28362	100000	157500	-	-
Au	conc. solo	6	13	12	3	33	-	-
Pd	conc. solo	5	21	22	6	59	-	-
Pt	conc. solo	-	-	-	-	-	-	-

Obs.: n – número de amostras; teores Cu, Zn, Co, Ni e Cr (ppm); teores de Pt, Pd e Au (ppb)

Ni e o Au e uma baixa mobilidade para a Pt, Pd e Au. Em princípio, pode-se admitir que o transporte do Zn, Co, Cu e Ni seja, principalmente, através dos argilominerais formando dispersão hidromórficas. Com relação ao Cr, Pt, Pd e Au, sugere-se que a migração desses elementos seja primordialmente na forma de minerais resistatos e/ou associados a concreções ferruginosas, constituindo dispersões mecânicas.

Para o entendimento das correlações geoquímicas entre os elementos analisados, nos diferentes materiais amostrados, foram construídas matrizes de correlação (**Figura 36**) tendo como base a População Global. Dessa maneira, verifica-se que para os solos, a mais forte correlação é entre o Ni e o Cu, e em segundo plano, as associações Ni-Zn e Co-Zn. Para os concentrados de solo, verificam-se as correla-

ções Ni-Co e Co-Cu. As associações Ni-Co, Zn-Co e Cu-Co foram reveladas nos sedimentos de corrente e Co-Ni e Cr-Zn, nos concentrados de aluviões. Essas associações, independente ao material considerado, refletem o contexto máfico-ultramáfico da serra do Jacarezinho. O Zn, que freqüentemente está presente nas associa-

ções, não pertence a uma filiação máfico-ultramáfica; é provável, que a sua inclusão seja um reflexo de sua alta mobilidade geoquímica, associada a um evento geológico, presente na serra do Jacarezinho, porém, dissociado do contexto máfico-ultramáfico.

População Global – Material: solo (n=219)

	Cu	Zn	Co	Ni	Cr
Cu	1				
Zn	0,55	1			
Co	0,36	0,73	1		
Ni	0,39	0,79	0,83	1	
Cr	-	0,15	0,42	0,24	1

População Global – Material: concentrados de solo (n=86)

	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	Au	Pd	Pt
Cu	1							
Zn	-	1						
Co	0,70	-	1					
Ni	0,44	-	0,75	1				
Cr	-0,51	-	-0,30	-0,27	1			
Au	-	-	-	-	-	1		
Pd	-	-	-	-	-	-	1	
Pt	-	-	-	-	-	-	-	1

População Global – Material: sedimentos de corrente (n=44)

	Cu	Zn	Co	Ni	Cr
Cu	1				
Zn	0,67	1			
Co	0,79	0,86	1		
Ni	0,69	0,76	0,88	1	
Cr	0,48	0,71	0,44	0,40	1

População Global – Material: concentrados de aluvião (n=44, para Cu, Zn, Co, Ni, Cr)

	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	Au	Pd	Pt
Cu	1							
Zn	-	1						
Co	-	-	1					
Ni	-	-	0,97	1				
Cr	-	0,72	-	-	1			
Au	-	0,60	-	-	0,64	1		
Pd	0,54	-	0,62	0,64	-	-	1	
Pt	-	-	-	-	-	-	-	1

r - coeficiente de correlação de Pearson
 (-) inferior ao nível de significância

Figura 36 - Matrizes de Correlação - Alvo Jacarezinho - correlações não significativas a $r < 0,05$

8.4.3 SOLOS

A interpretação dos dados foi executada através do cálculo dos parâmetros do Sumário Estatístico aplicado às populações: Rochas Encaixantes (**Tabela 12**), Serpentinóis (**Tabela 13**) e Gabros (**Tabela 14**). Foram também construídos, para cada uma das transversais amostradas, perfis geológico-geoquímicos, conforme pode ser observado nas **Figuras 37** (LT-00), **38** (LT-2.000), **39** (LT-4.000), **40** (LT-6.000) e **41** (LT-8.000).

Baseadas na integração dos dados acima, podem ser feitas as seguintes considerações:

- Os mais altos teores de Cu foram observados nos solos originados dos gabros (31 ppm), seguidos pelos serpentinitos (30 ppm) e pelas rochas encaixantes (15 ppm). Os teores decrescentes verificados nos solos provenientes das rochas máficas/ultramáficas/ácidas está compatível com o comportamento desse elemento durante o processo de diferenciação magmática. De acordo com os estudos de Levinson (1974), os teores encontrados estão compatíveis com os valores considerados normais para solos. Examinando os perfis geoquímicos verifica-se que o comportamento do Cu nos solos não delimita muito bem os diferentes tipos rochosos.

- O Zn apresentou os mais altos teores nos solos provenientes dos gabros (105 ppm), seguidos dos serpentinitos (94 ppm) e das rochas encaixantes (33 ppm). Essa ordem decrescente está proporcionalmente compatível com os teores normais para similares tipos rochosos, segundo Levinson (1974).

Ainda de acordo com esse autor, os valores de Zn são semelhantes aos considerados como normais para os solos. Examinando o comportamento do Zn nos perfis geológico-geoquímicos, verifica-se que esse elemento não diferencia os diferentes litótipos.

- Com relação ao Co, observa-se que os mais altos teores foram constatados nos solos originados dos gabros (287 ppm),

seguidos pelos dos serpentinitos (190 ppm) e pelos das rochas encaixantes (90 ppm). Examinando os perfis geológico-geoquímicos (**Figuras 37 a 41**) verifica-se que o comportamento do Co, nos solos, não apresenta uma boa correlação com o substrato litológico. Comparando-se esses valores com os teores médios fornecidos por Levinson (1974) verifica-se que os resultados da serra do Jacarezinho são superiores aos fornecidos por aquele autor. Baseado nos valores médios (Levinson, 1974) para tipos rochosos semelhantes aos estudados, era de se esperar que os solos originados dos serpentinitos fornecessem os mais altos teores de Co. Verifica-se, também, que os estudos de diferenciação magmática executados no Alvo Serra da Onça (Macambira, 1997) indicam que o maior enriquecimento do Co, foi nas rochas serpentiniticas. Pelo exposto, admite-se que os elevados teores encontrados nos solos provenientes do gabros, podem ser uma consequência de um enriquecimento magmático na rocha-matriz.

- De acordo com os resultados das **tabelas 12 a 14**, os mais elevados teores médios de Ni foram observados nos solos provenientes dos gabros (5.039 ppm), seguidos pelos dos serpentinitos (4.225 ppm) e pelos das rochas encaixantes (1.141 ppm). Como o Ni está contido principalmente na olivina, que é o principal mineral dos protólitos dos serpentinitos, era de se esperar que os solos provenientes dessa rocha fossem os mais enriquecidos. Entretanto, esse fato não foi observado, em razão de alguns valores extremamente baixos apresentados pelos solos originados dos serpentinitos, que influenciaram no cálculo dos valores médios. Estudando-se o Arquivo Geoquímico dos solos da serra do Jacarezinho, evidencia-se que os provenientes dos serpentinitos apresentam os mais elevados valores. Comparando-se os teores médios de solo fornecidos por Levinson (1974) com os coletados na Serra do Jacarezinho, verifica-se que esses últimos apresentam teores mais elevados. A variação do conteúdo de Ni em alguns perfis geológico-geoquímicos (LT-00) delimita os litótipos subjacentes, porém, em outros, não se observa esse fato.

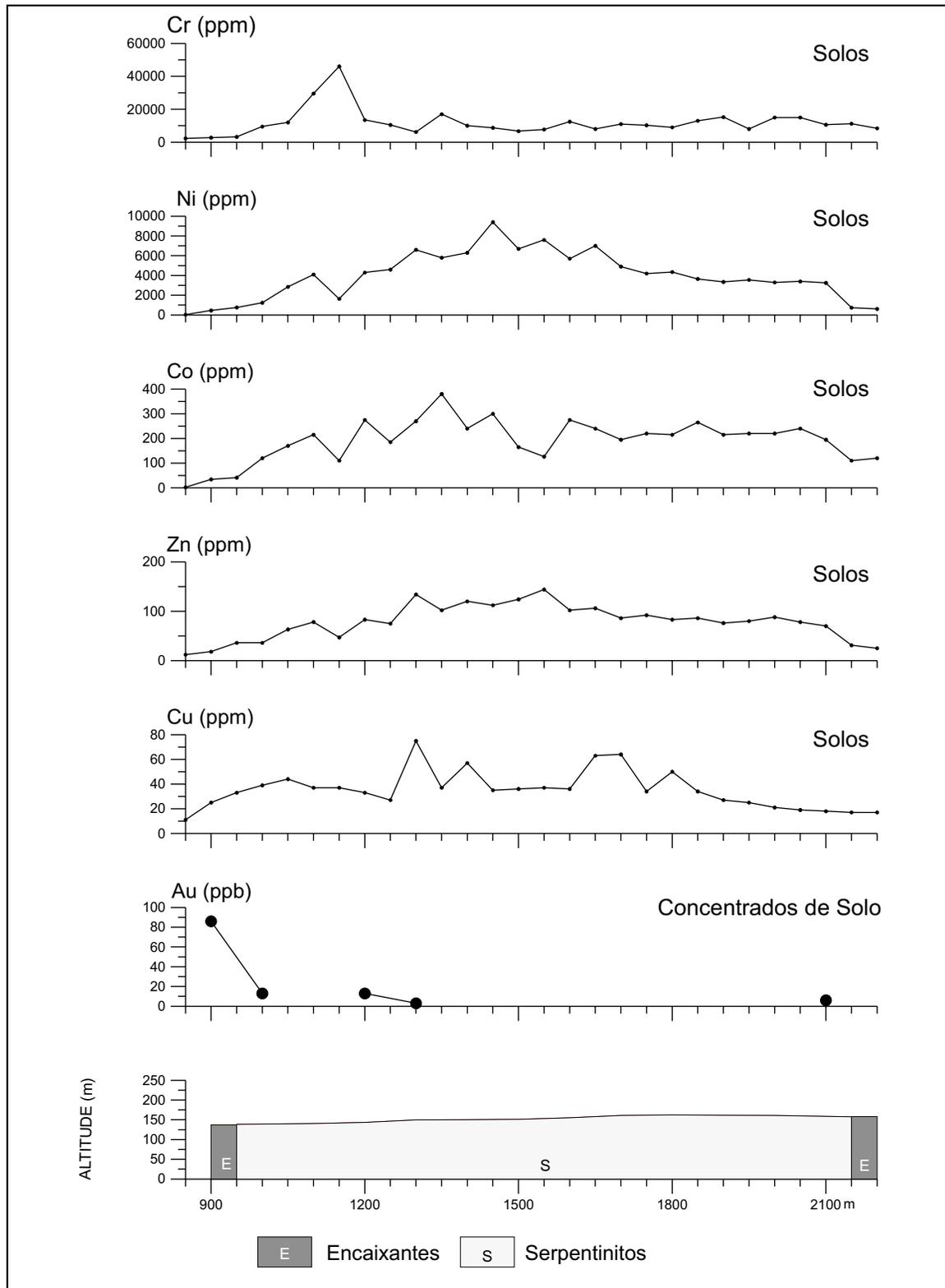


Figura 37 - Serra do Jacarezinho - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT-00
 Material: Solos (Cr, Ni, Co, Zn, Cu) Concentrados de Solo (Au)

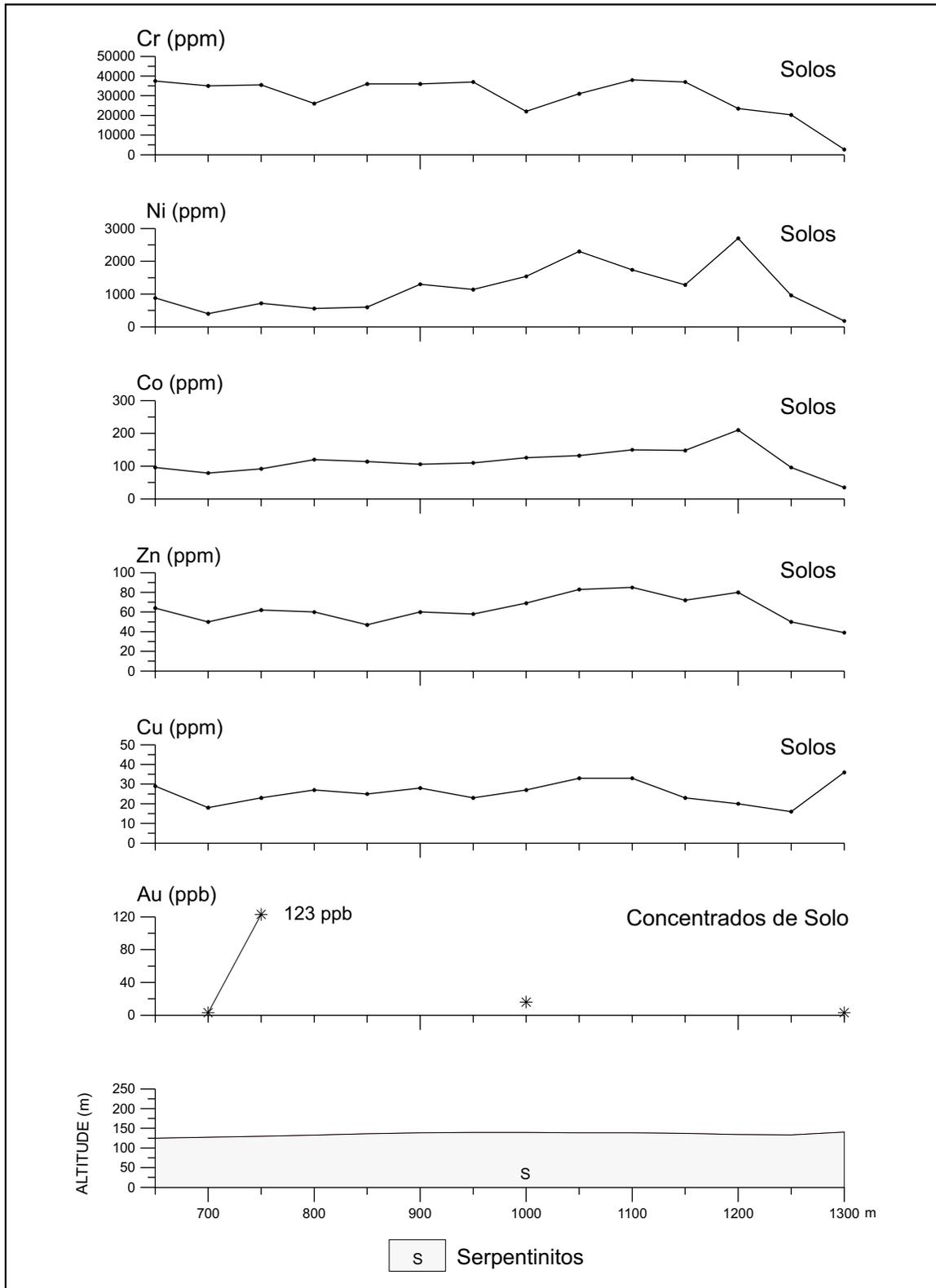


Figura 38 - Serra do Jacarezinho - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT-2000
 Material: Solos (Cr, Ni, Co, Zn, Cu) Concentrados de Solo (Au)

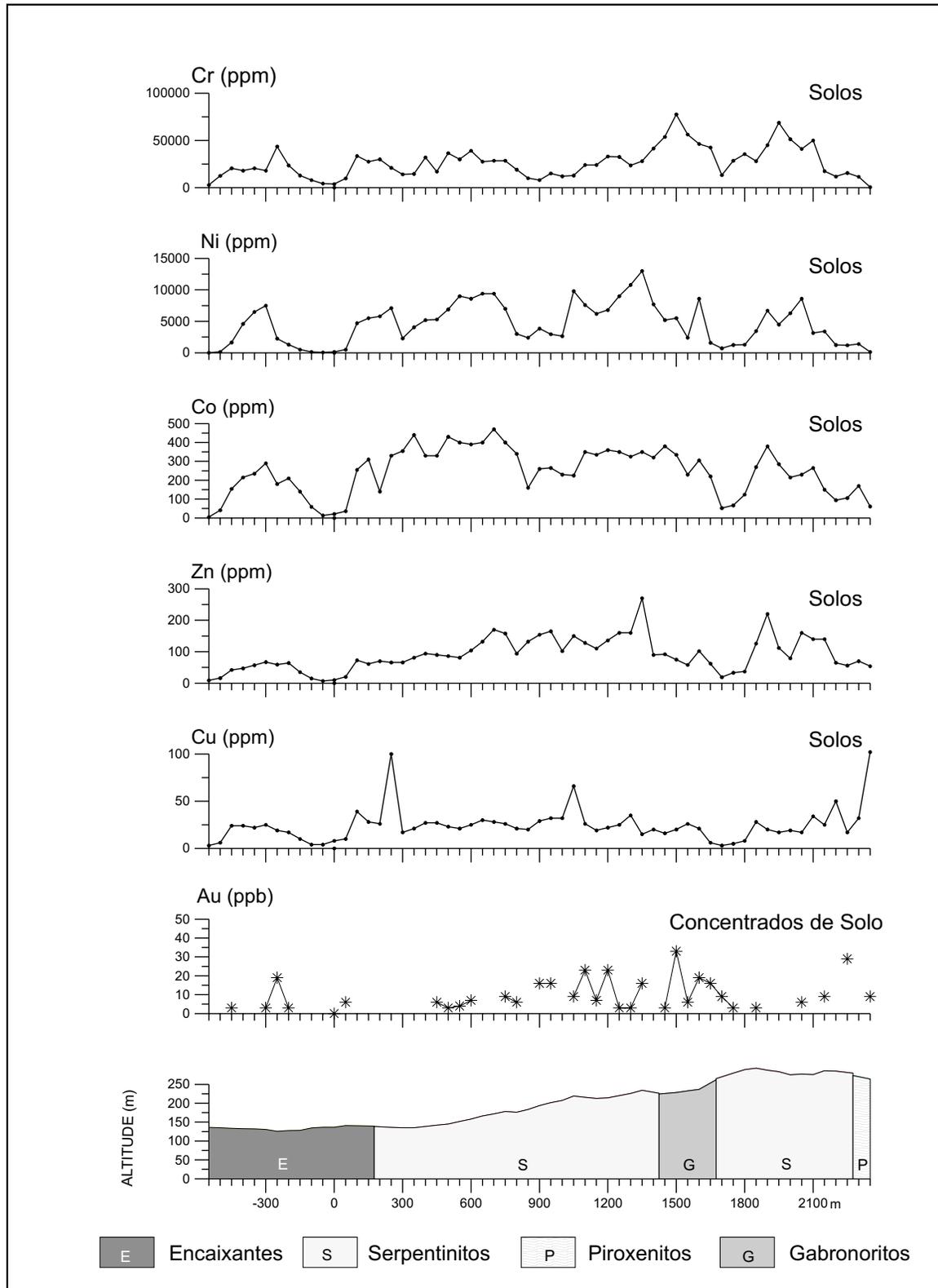


Figura 39 - Serra do Jacarezinho - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT-4000
 Material: Solos (Cr, Ni, Co, Zn, Cu) Concentrados de Solo (Au)

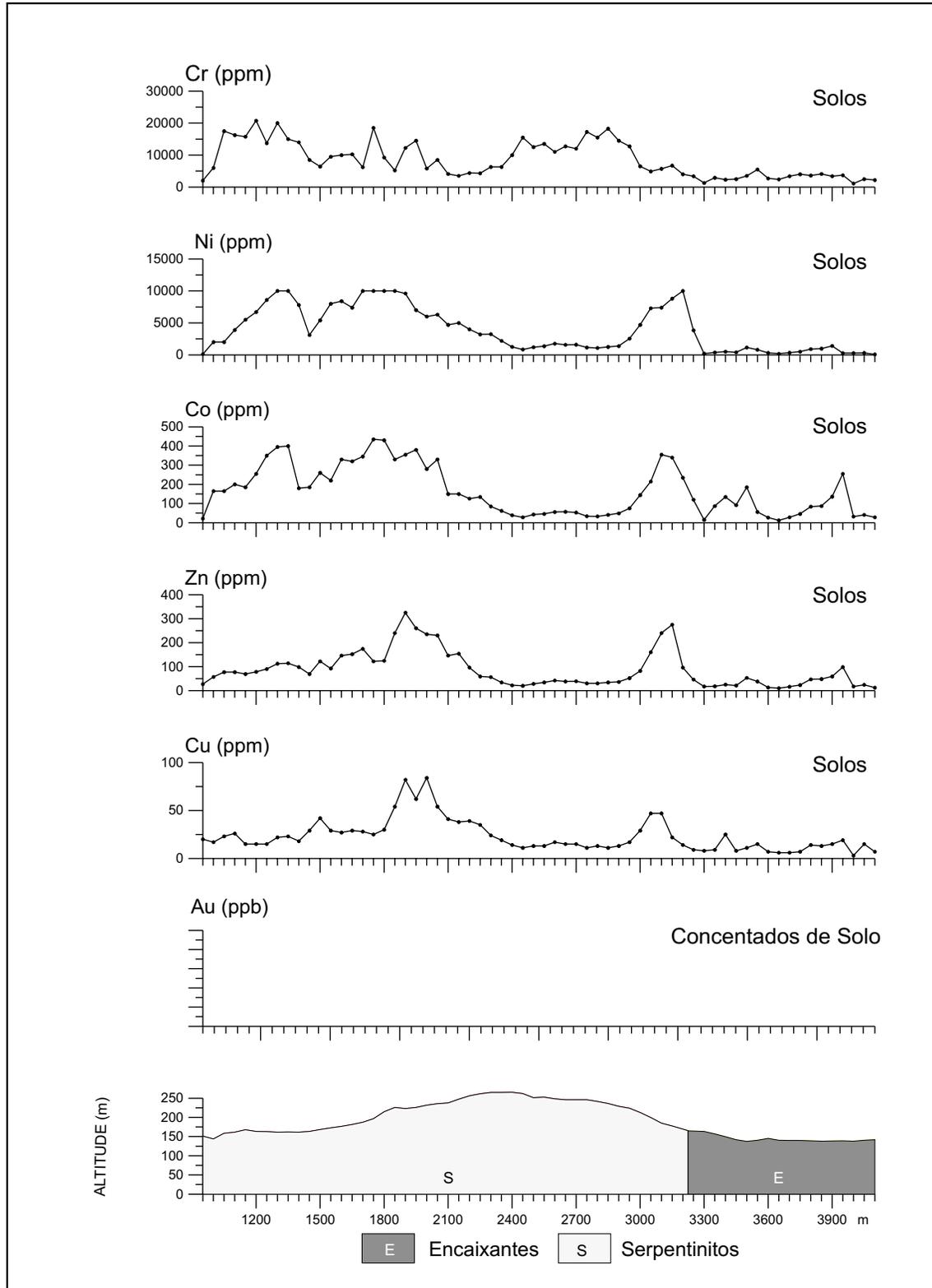


Figura 40 - Serra do Jacarezinho - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT-6000
 Material: Solos (Cr, Ni, Co, Z, Cu) concentrados de Solo (Au)

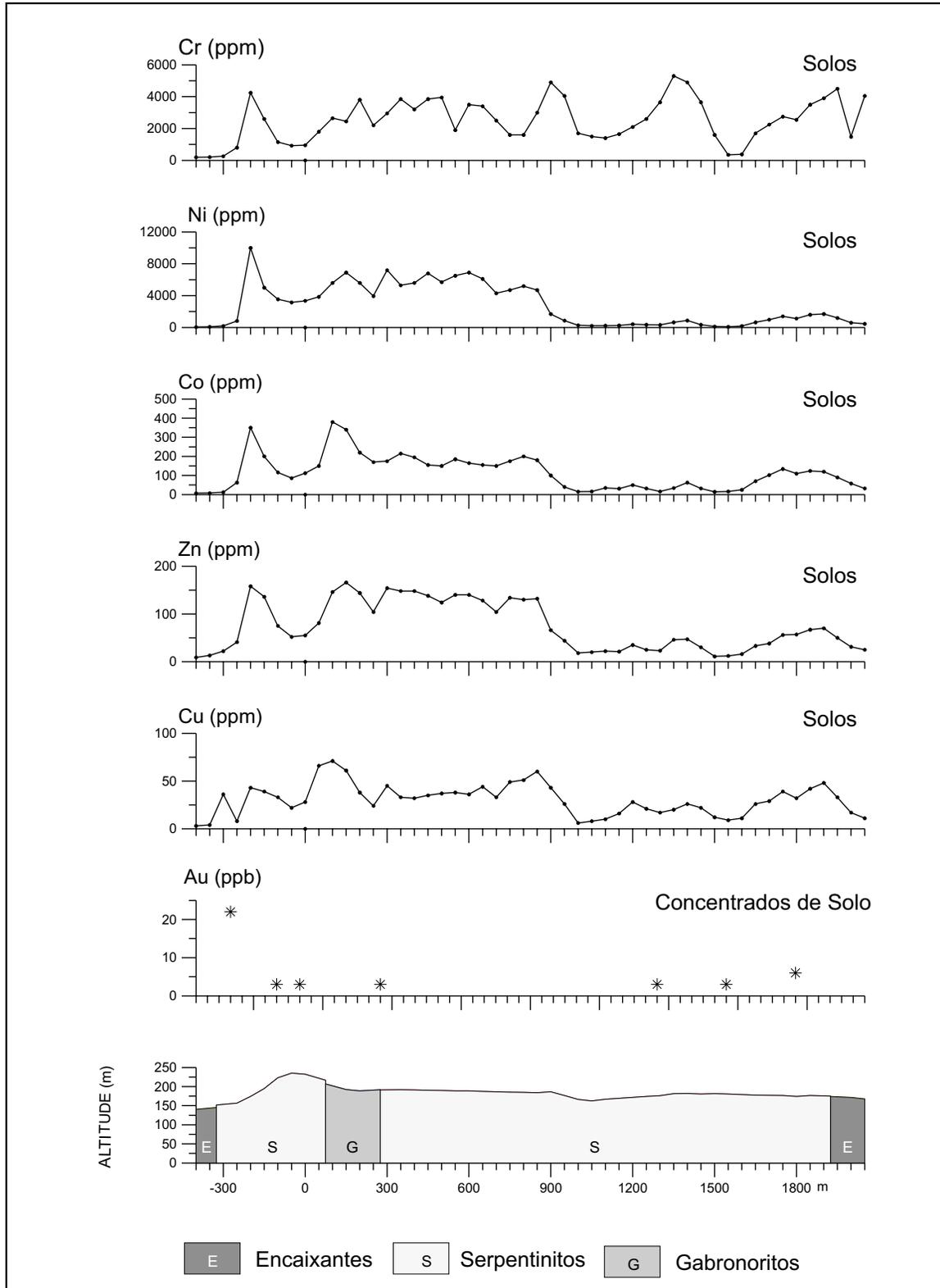


Figura 41 - Serra do Jacarezinho - Perfís Geoquímicos e Geológico - LT-8000
 Material: Solos (Cr, Ni, Co, Zn, Cu) Concentrados de Solo (Au)

- Para o Cr, os mais elevados teores médios foram observados nos solos originados dos gabros (31.928 ppm), seguidos pelos dos serpentinitos (14.426 ppm) e das rochas encaixantes (7.513 ppm). O comportamento geoquímico do Cr é semelhante ao observado para o Ni. Isto é, tratando-se de solos residuais, os correspondentes estratos litológicos não apresentam a clássica ordem de abundância do Cr ou seja: serpentinitos, gabros e rochas encaixantes. Durante os estudos petrográficos a maior abundância de espinélio cromífero foi observada nos serpentinitos e esperava-se que os solos correspondentes a esse tipo rochoso apresentassem o maior conteúdo de Cr, e não, os gabros. No atual estágio da pesquisa, ainda não se obteve uma convincente explicação para esse fato, entretanto, admite-se, que o enriquecimento de Cr, nas rochas gabróicas, ocorreu ainda durante a evolução do magma Cateté. Os teores médio de Cr detectados nos solos residuais dos diversos litótipos presentes na serra do Jacarezinho são muito superiores aos considerados, por Levinson (1974), como teores normais em solo, particularmente para os solos provenientes dos gabros. Observando-se o comportamento do Cr, nos diversos perfis geoquímicos, verifica-se que em alguns perfis (LT-6000) esse elemento individualiza-se do substrato litológico, porém na maioria dos perfis não se observa esse contraste.

- Em termos de anomalias geoquímicas (estatísticas) foram detectados 51 valores anômalos. No domínio das rochas encaixantes foram reveladas 3 anomalias de Cu (≥ 39 ppm), 3 de Zn (≥ 77 ppm), 5 de Co (≥ 260 ppm), 4 de Ni (≥ 4.711 ppm) e 3 de Cr (≥ 26.441 ppm), totalizando 18 valores. Trinta e três valores anômalos foram detectados nos solos coletados no domínio das rochas serpentiniticas, sendo 10 de Cu (≥ 62 ppm), 9 de Zn (≥ 210 ppm), 5 de Co (≥ 428 ppm), 2 de Ni (≥ 10.461 ppm) e 7 de Cr (≥ 40.150 ppm).

- A plotagem e a integração dos pontos anômalos descritos permite o estabelecimento da faixas anômalas (**Figura 42**), as quais estão sendo interpretadas de maneira concordante com o acamadamento do corpo máfico-ultramáfico. O Cu foi o

elemento que apresentou o maior número de pontos anômalos (13), seguido pelo Zn (12), pelo Co e Cr (10) e, por último, o Ni (6).

- Interpretando o posicionamento geográfico dos valores anômalos e tendo por base o fundo geológico, foram estabelecidos 2 alvos para pesquisa, numerados por ordem decrescente de prioridade para pesquisa. Dessa maneira, o Alvo 1So, o mais importante, localiza-se na porção central da serra do Jacarezinho, apresenta uma forma trapezoidal, com cerca de 29 km², desenvolve-se sobre o domínio das rochas encaixantes (Granito Plaquê) e sobre serpentinitos, piroxenitos e gabros da Suíte Intrusiva Cateté; foi delimitado por anomalias de Cu, Zn, Co, Ni e Cr. O Alvo 2So situa-se na porção nordeste do corpo máfico-ultramáfico, com uma área de aproximadamente 8 km², abrange essencialmente rochas serpentiniticas e gabróicas. Além desses alvos, foram também detectadas outras zonas anômalas (**Figura 42**) delimitadas por valores Cu, Cr, Zn e Co, porém de importância secundária.

Integrando-se as informações acima, considera-se que as anomalias de Cu, Co, Ni e Zn são sugestivas da presença de associações sulfetadas, sendo que os 3 primeiros elementos pertencem ao contexto máfico-ultramáfico, da serra do Jacarezinho. Com relação ao Zn, admite-se que o mesmo pertence a um evento independente, como as atividades hidrotermais da granitogênese Velho Guilherme, que atuou após o *emplacemet* do corpo máfico-ultramáfico. As zonas anômalas de Cr são indicativas da presença de cromita, as quais podem estar relacionadas a cromititos ou à cromita disseminada, particularmente as situadas no domínio dos serpentinitos. Quanto à potencialidade para EGP, esses podem estar associados aos sulfetos de Cu-Ni-Co ou aos cromititos.

8.4.4. CONCENTRADOS DE SOLO

O estudo geoquímico dos concentrados de solo, foi executado através de tratamento estatístico (considerando a distribuição lognormal), utilizando-se o Programa Statistica. Inicialmente, todos os

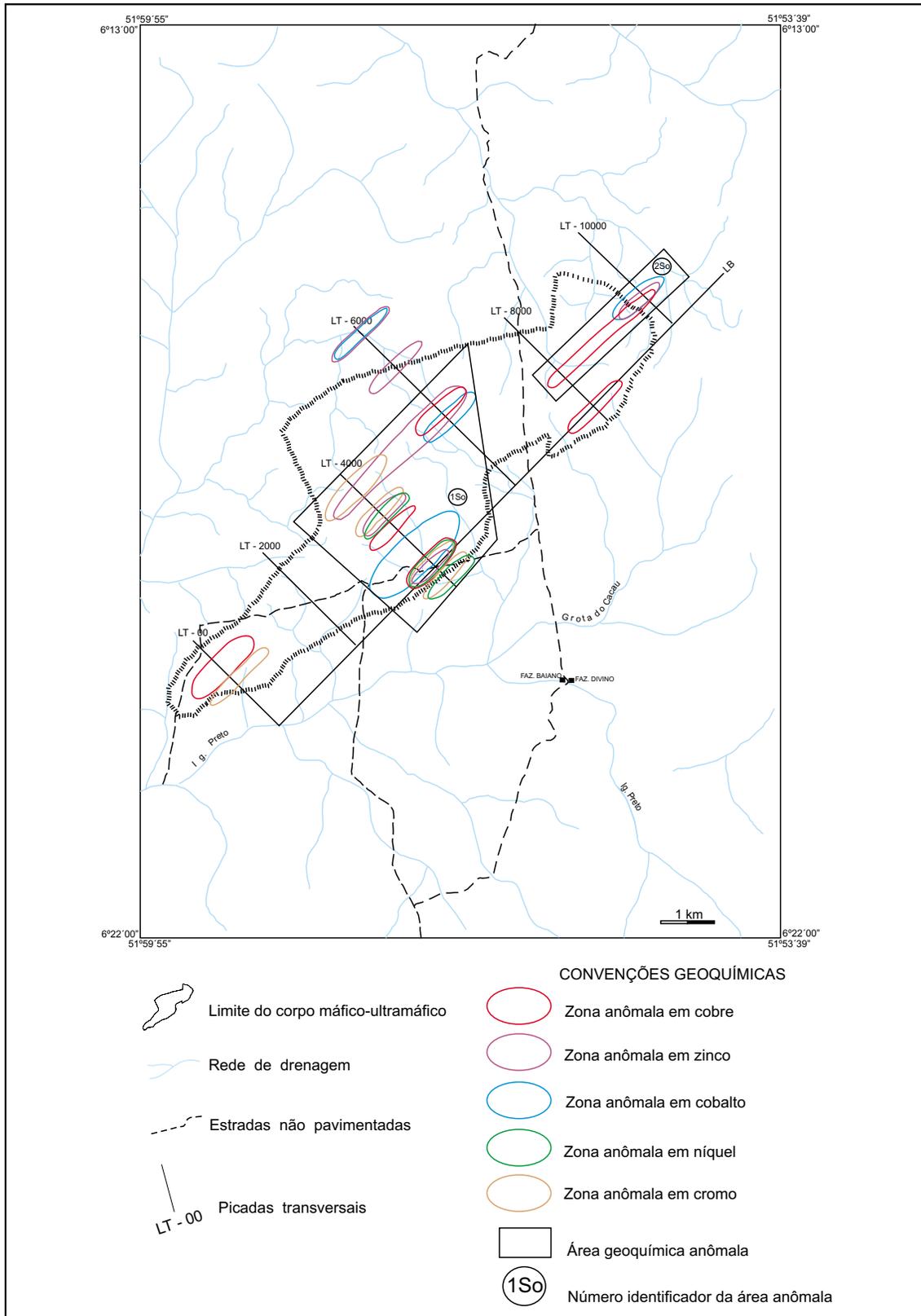


Figura 42 - Mapa de zonas geoquímicas anômalas nos solos do Alvo Serra do Jacarezinho

resultados geoquímicos foram reunidos em uma População Global e calculados os parâmetros estatísticos (**Tabela 11**). Em seguida, a População Global foi dividida, de acordo com o substrato litológico, nas populações: Rocha Encaixante (**Tabela 12**), Serpentinito (**Tabela 13**) e Gabros (**Tabela 14**). Para cada uma dessas populações, foram calculados os seguintes parâmetros estatísticos: número de amostras (n), média (M), desvio padrão (σ), valor mínimo, valor máximo e anomalia ($M+2\sigma$), para os elementos analisados: Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Au, Pd e Pt. Para uma melhor visualização do comportamento geoquímico desses elementos foram confeccionados perfis geoquímicos, tendo por base a correspondente unidade litológica, para cada uma das 5 transversais conforme pode ser observado nas **Figuras 37 e 43** (LT-00), **38 e 44** (LT-2000), **39 e 45** (LT-4000) e **41** (LT-8000). Os resultados da LT-10.000, por consistirem de poucas amostras, não foram utilizados para construção de perfis geoquímicos.

A integração dos dados acima permite as seguintes considerações:

- Com base no valor médio verifica-se que os concentrados de solo provenientes das rochas serpentínicas apresentam os mais elevados valores de Cu (16 ppm), Co (454 ppm), Ni (1.824 ppm), Pd (26 ppb) e Pt (9 ppb), enquanto que os provenientes das rochas encaixantes exibiram um maior enriquecimento em Zn (360 ppm), Cr (106.397 ppm) e Au (19 ppb).

- Utilizando-se o Desvio Padrão, constata-se que os concentrados de solo provenientes das rochas serpentínicas exibiram a maior dispersão geoquímica de Cu, Co, Ni, Cr, Pd e Pt; por outro lado, os concentrados de solo originados do domínio das rochas encaixantes exibiram a maior mobilidade geoquímica para o Zn e o Au.

- Integrando-se os resultados acima e comparando-se com os padrões de mobilidade geoquímica fornecidos por Levinson (1974), para ambientes ácidos e oxidantes, como o observado na serra do Jacarezinho, os elementos analisados podem ser divididos em dois grupos. Um gru-

po composto pelo Zn, Cu, Ni e Co, caracterizado pela alta mobilidade geoquímica, cujos componentes migram essencialmente de maneira hidromórfica, sob a forma de argilominerais. O outro grupo é constituído pelo Cr, Au, Pt e Pd, que geralmente apresentam uma média a baixa mobilidade geoquímica, movimentando-se através de minúsculas partículas e concreções ferruginosas, constituindo padrões de dispersão mecânica.

- Observando-se o comportamento dos elementos analisados ao longo dos perfis geoquímicos (**Figuras 37 a 45**) verifica-se que o Au, Pt e Pd, em razão da pouca sensibilidade analítica do método utilizado, não apresentam a necessária continuidade de resultados, para que se possa correlacionar o conteúdo dos concentrados de solo com a natureza do substrato litológico. De uma maneira geral, os resultados dos elementos citados aparecem como valores isolados, não permitindo uma consistente interpretação. Excetua-se desse contexto a LT-4000 (**Figuras 39 e 45**), onde os mencionados elementos foram mais freqüentemente detectados, entretanto exibem uma distribuição errática não permitindo uma correlação precisa com os diversos litótipos subjacentes. Com relação aos demais elementos analisados (Cu, Co, Cr, Ni e Zn) não se observa uma estreita correlação entre o comportamento geoquímico desses elementos com os diversos substratos litológicos. Na LT-4000 (**Figura 45**) o Zn e o Cr exibem um comportamento errático, o qual, talvez, esteja mais relacionado a motivos analíticos do que a fenômenos geológicos e/ou geoquímicos.

- Considerando-se os concentrados de solo provenientes das diversas populações e os 8 elementos analisados, foram detectados 26 valores anômalos (estatísticos). Esse número resulta do somatório de 5 anomalias de Cu e de Au, 4 de Co e de Pd, 3 de Zn e de Ni, e, 1 de Cr e Pt. No domínio das rochas encaixantes foram detectadas 6 anomalias geoquímicas, sendo 2 de Cu (≥ 30 ppm), 1 de Zn (≥ 960 ppm), 1 de Co (≥ 974 ppm), 1 de Ni (2.767 ppm), 1 de Cr (165.583 ppm) e 1 de Au (71 ppb). Nos concentrados de solo provenientes dos serpentinitos foram detectadas 3 anomalias

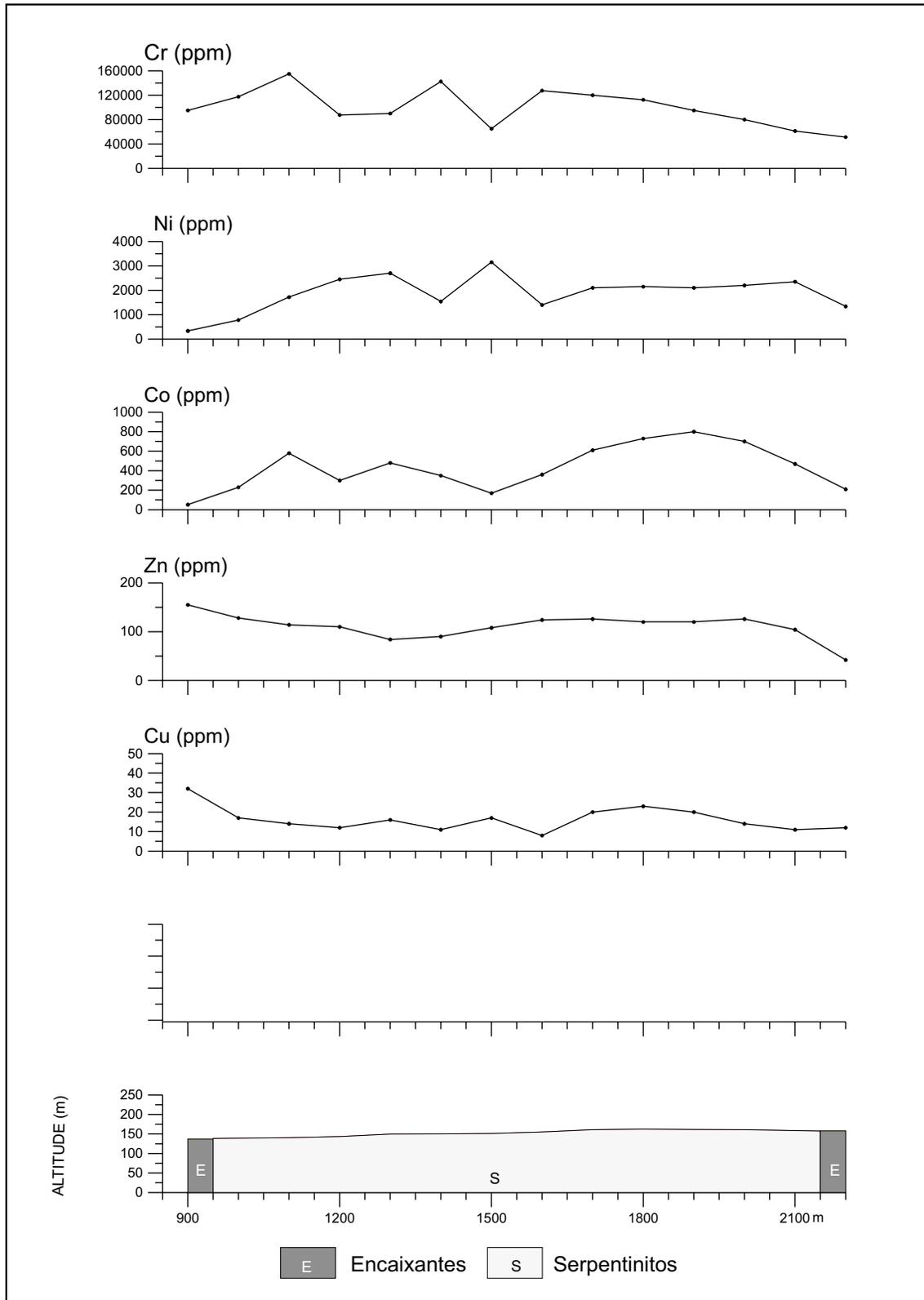


Figura 43 - Serra do Jacarezinho - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT-00
 Material: Concentrados de solo

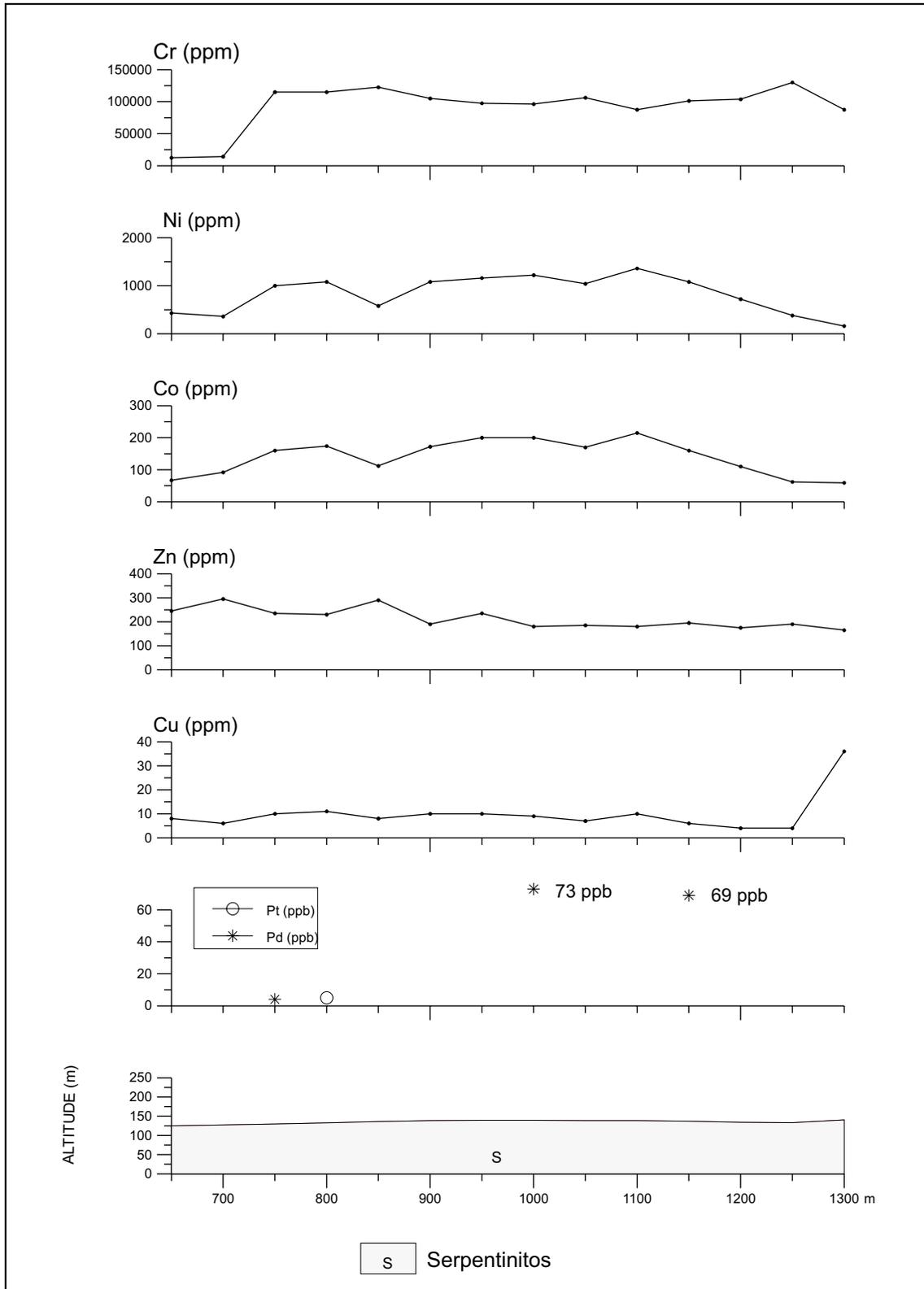


Figura 44 - Serra do Jacarezinho - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT - 2000
 Material: Concentrados de solo

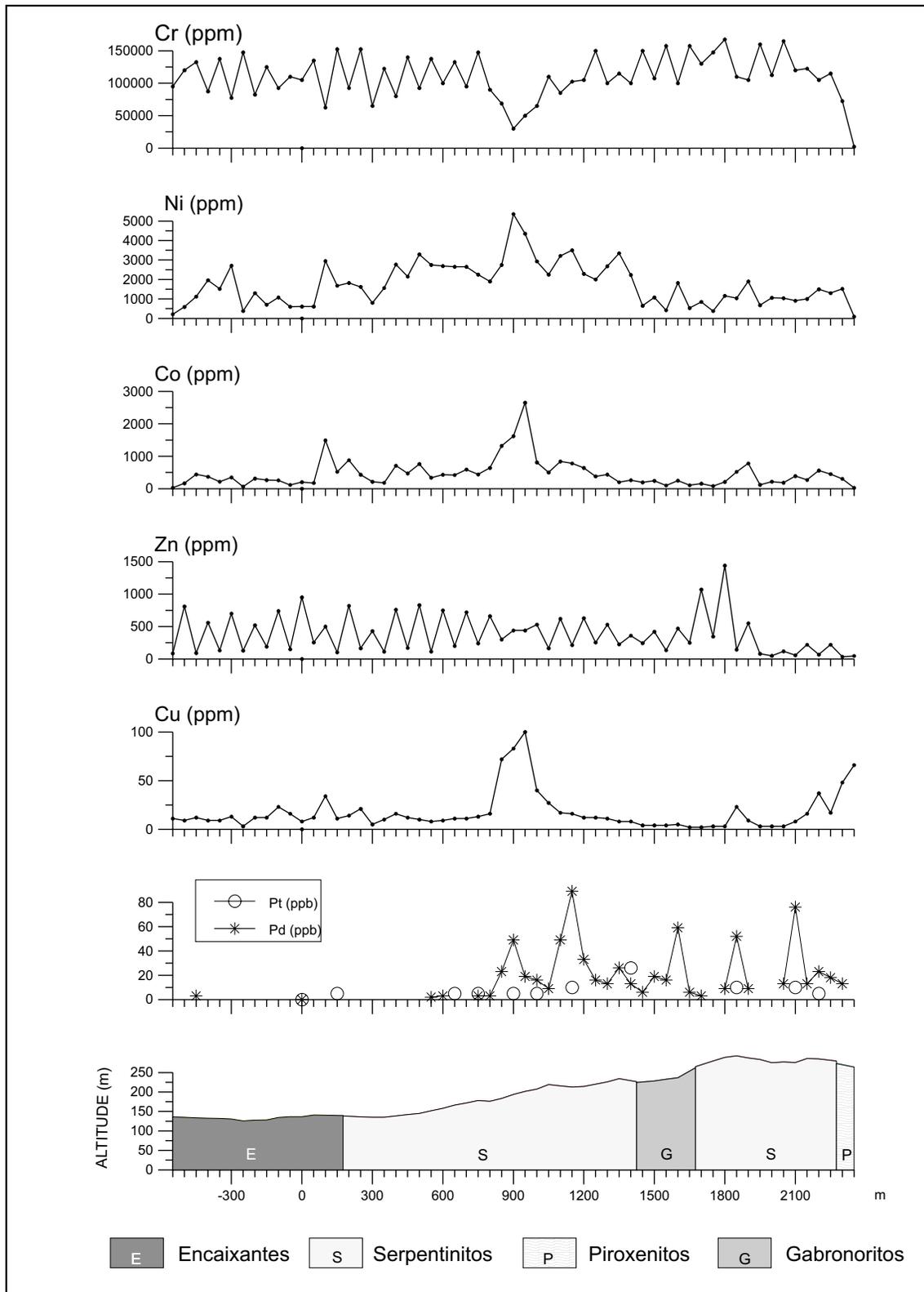


Figura 45 - Serra do Jacarezinho - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT- 4000
 Material: Concentrados de solo

de Cu (≥ 52 ppm), 2 de Zn (852 ppm), 3 de Co (≥ 1.280 ppm), 2 de Ni (3.886 ppm), 1 de Cr (170.815 ppm), 4 de Au (≥ 4 ppb), 4 de Pd (76 ppb) e 1 de Pt (23 ppb), totalizando 20 valores anômalos.

- A integração geoquímica e geológica desses valores (**Figura 46**) permite delimitar zonas anômalas, as quais estão sendo interpretadas de maneira concordante com o acamamento do corpo máfico-ultramáfico. Analisando-se esse contexto é possível delimitar 3 alvos geoquímicos, os quais estão sendo numerados por ordem decrescente de prioridade para pesquisa. Dessa maneira, o Alvo 1Cs, o mais importante, situa-se na porção central da serra do Jacarezinho, abrange cerca de 13,8 km², compreende rochas serpentínicas, piroxeníticas e gabróicas e foi delimitado por anomalias de Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Pt e Pd. Anomalias de Cu, Au e Pd delimitaram o Alvo 2Cs, situado na porção sudoeste do corpo máfico-ultramáfico, abrange uma área de 13,3 km², onde ocorrem serpentinitos e monzogranitos (encaixante). O Alvo 3Cs ocupa uma área de cerca de 3,5 km², localiza-se na borda sudeste da serra do Jacarezinho, abrange rochas serpentínicas da Suíte Intrusiva Cateté e monzograníticas do Granito Plaquê e foi delimitado por anomalias de Cu, Co, Zn, Ni e Cr.

- Integrando-se as informações acima verifica-se que a associação anômala formada por Cu-Co-Ni-Cr, presente nos alvos 1Cs e 3Cs, reflete o contexto máfico-ultramáfico da serra do Jacarezinho. Os 3 primeiros elementos dessa associação são sugestivos da presença de mineralizações sulfetadas, as quais podem conter EGP. Nesse contexto, salienta-se particularmente o Alvo 1Cs, onde associado a essa filiação anômala (Cu-Ni-Co), foram revelados valores anômalos de Pt e Pd. Com relação às anomalias de Cr, as mesmas devem ser originadas das cromitas, que podem estar relacionadas a níveis de cromititos; esses níveis, em muitos complexos acamadados, mantêm uma relação direta com as anomalias geoquímicas de Cr em uma seqüência serpentínica, conforme constatado na serra do Jacarezinho. No que se refere às anomalias de Zn, em razão de suas características ácidas, não devem estar associa-

das ao magmatismo máfico-ultramáfico Cateté; é possível que esse elemento esteja relacionado a um evento independente, como a granitogênese Velho Guilherme, que assolou essa região cratônica, após a colocação dos corpos máfico-ultramáficos. Com relação às anomalias geoquímicas de ouro, presentes nos alvos 1Cs e 2Cs, ainda não se obteve uma informação definitiva sobre a sua fonte primária, podendo estar relacionada à direta evolução do magma máfico-ultramáfico ou ter sido remobilizada pelas atividades hidrotermais/falamentos associados à granitogênese Velho Guilherme. As anomalias de Pt e Pd são mais consistentes no Alvo 1Cs, as quais podem estar relacionadas a mineralizações sulfetadas, associadas ou não, aos corpos de piroxenitos e gabros; podem também estar relacionadas aos possíveis níveis de cromitito e mineralizações sulfetadas, no domínio das rochas serpentínicas. Esse último modelo pode ser utilizado para explicar a anomalia de Pd detectada no Alvo 2Cs.

8.4.5 SEDIMENTOS DE CORRENTE

No Alvo Serra do Jacarezinho foram coletadas 44 amostras de sedimentos de corrente. A descrição do método de amostragem e do procedimento analítico pode ser observada no **Capítulo 2** deste Informe Técnico. Os sedimentos de corrente foram analisados para Cu, Zn, Co, Ni e Cr.

Tendo em vista que a serra do Jacarezinho constitui um divisor de águas, com as drenagens cortando transversalmente o corpo máfico-ultramáfico, cada amostra de sedimentos de corrente é composta por material proveniente de diversos litótipos, representando, dessa maneira, uma mistura de populações. Para contornar essa dificuldade, considerou-se que todos os resultados dos sedimentos de corrente constituíam uma População Global. Esses resultados foram tratados pelo Programa Estatística, que forneceu o Sumário Estatístico (**Tabela 11**).

Baseado nas considerações acima foram estabelecidas 13 anomalias geoquímicas (estatísticas), sendo 3 de Cu (≥ 19

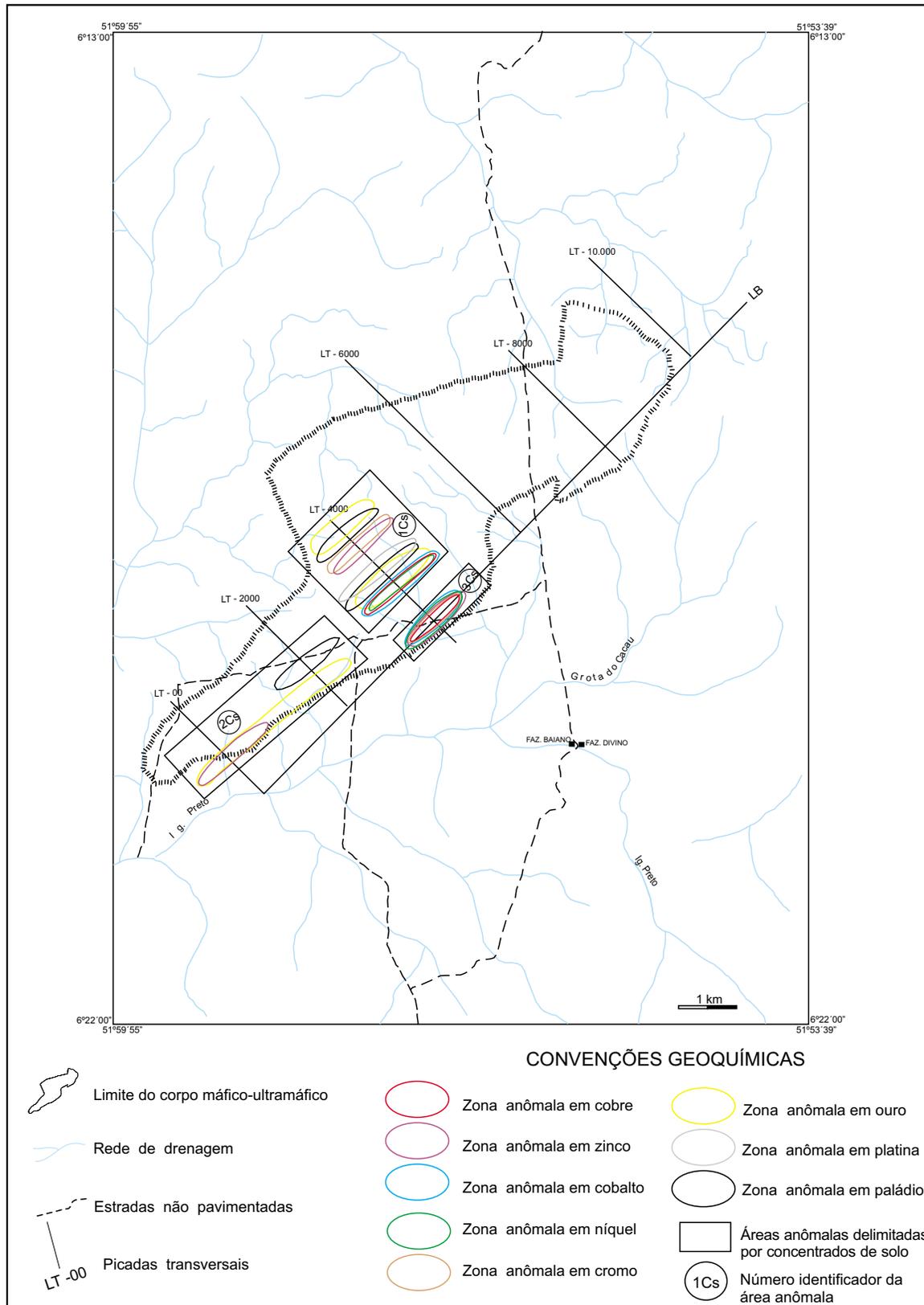


Figura 46 - Mapa das zonas anômalas de concentrados de solo do Alvo Serra do Jacarezinho

ppm), 1 de Zn (68 ppm), 3 de Co (≥ 183 ppm), 4 de Ni (≥ 2.360 ppm) e 2 de Cr (≥ 87.668 ppm). Plotando-se esses valores em mapa (**Figura 47**) verifica-se que as anomalias geoquímicas estão dispostas principalmente nas porções central e sudoeste do corpo máfico-ultramáfico da serra do Jacarezinho. Integrando-se esses valores anômalos com os resultados do mapeamento geológico é possível delimitar 3 alvos geoquímicos que estão sendo numerados por ordem decrescente de prioridade de pesquisa. Desta maneira, o alvo mais importante é o 1Sc, situado no domínio da LT-4000, abrange uma área de aproximadamente 13 km^2 , onde ocorrem rochas serpentiniticas, piroxeníticas e gabróicas e foi delimitado por anomalias de Cu (ER-126 e ER-127), de Co (ER-127 e ER-130) e de Ni (ER-126, ER-129 e ER-130). O Alvo 2Sc localiza-se na borda noroeste do corpo máfico-ultramáfico, compreende uma área de cerca de 4 km^2 , na qual estão presentes rochas serpentiniticas e foi revelado por anomalias de Zn, Co e Ni detectadas na amostra ER-148. Anomalias de Cr (ER-119 e ER-120) e de Cu (ER-123) delimitaram o Alvo 3Sc, que abrange uma área de 10 km^2 , onde afloram monzogranitos do Granito Plaquê e serpentinitos da Suíte Intrusiva Cateté.

Integrando-se as informações acima, verificam-se que as anomalias de Ni, Co, Cr e Cu, estão presentes em todos os alvos geoquímicos, refletindo o substrato máfico-ultramáfico mapeado na serra do Jacarezinho. As associações Ni-Co-Cu, particularmente observadas no Alvo 1Sc, são sugestivas da presença de mineralizações sulfetadas, as quais podem conter EGP, associadas as seqüências piroxeníticas, gabróicas e serpentiniticas. As anomalias de Cr, reveladas no Alvo 3Sc, são indicativas da presença de cromita, a qual pode ocorrer de maneira disseminada ou formando cromititos, no pacote de serpentinito. Anomalia de Zn foi verificada no Alvo 2Sc e parece que não está associada ao contexto máfico-ultramáfico, devido às características ácidas desse elemento; é possível que o Zn esteja relacionado a um evento independente, como as atividades hidrotermais do pluto-vulcanismo Velho Guilherme/Uatumã.

8.4.6 CONCENTRADOS DE ALUVIÃO

Foram coletados 44 concentrados de aluvião no domínio da serra do Jacarezinho. O procedimento de amostragem e de análise foi semelhante ao empregado nos demais alvos de pesquisa e a sua descrição consta do **Capítulo 2** deste Informe Técnico. Os concentrados de aluvião foram analisados para Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Au, Pt e Pd, cujos resultados encontram-se no Arquivo Geoquímico para o Alvo Serra do Jacarezinho.

A serra do Jacarezinho constitui-se em um divisor de águas, com as drenagens cortando transversalmente o corpo máfico-ultramáfico. Em conseqüência, cada amostra de concentrado de aluvião reúne material proveniente de vários litótipos, constituindo uma mistura de populações. Em vista disto e objetivando uma melhor representatividade da amostragem, os resultados geoquímicos foram reunidos em uma População Global. Essa, foi tratada pelo Programa Estatística, que forneceu os parâmetros estatísticos que constam do Sumário Estatístico para o Alvo Serra do Jacarezinho (**Tabela 11**).

Integrando-se os resultados acima e tendo por base o mapeamento geológico (**Figura 35**) foram estabelecidas 15 anomalias geoquímicas (estatísticas) sendo 2 de Cu (≥ 23 ppm), 2 de Zn (≥ 286 ppm), 2 de Co (≥ 156 ppm), 2 de Ni (≥ 1.426 ppm), 1 de Cr (≥ 138.507 ppm) 3 de Au (≥ 304 ppb), 2 de Pd (≥ 10 ppb) e 1 de Pt (≥ 28 ppb). Esses valores anômalos foram plotados em mapa (**Figura 47**) e estão distribuídos particularmente nas porções noroeste e sudoeste da serra do Jacarezinho. Interpretando-se esses resultados é possível delimitar 3 alvos geoquímicos, numerados por ordem decrescente de prioridade de pesquisa. O Alvo 1Ca é o mais importante, está localizado na borda noroeste da serra do Jacarezinho, na área de influência da LT-6000, abrange uma área de aproximadamente 10 km^2 , onde ocorrem serpentinitos da Suíte Intrusiva Cateté e rochas metavulcanosedimentares do Grupo São Félix; foi delimitado por anomalias de Ni (ER-154 e ER-156), Co (ER-154 e ER-156) e de Pt (ER-154). O Alvo 2Ca é semelhante ao Alvo

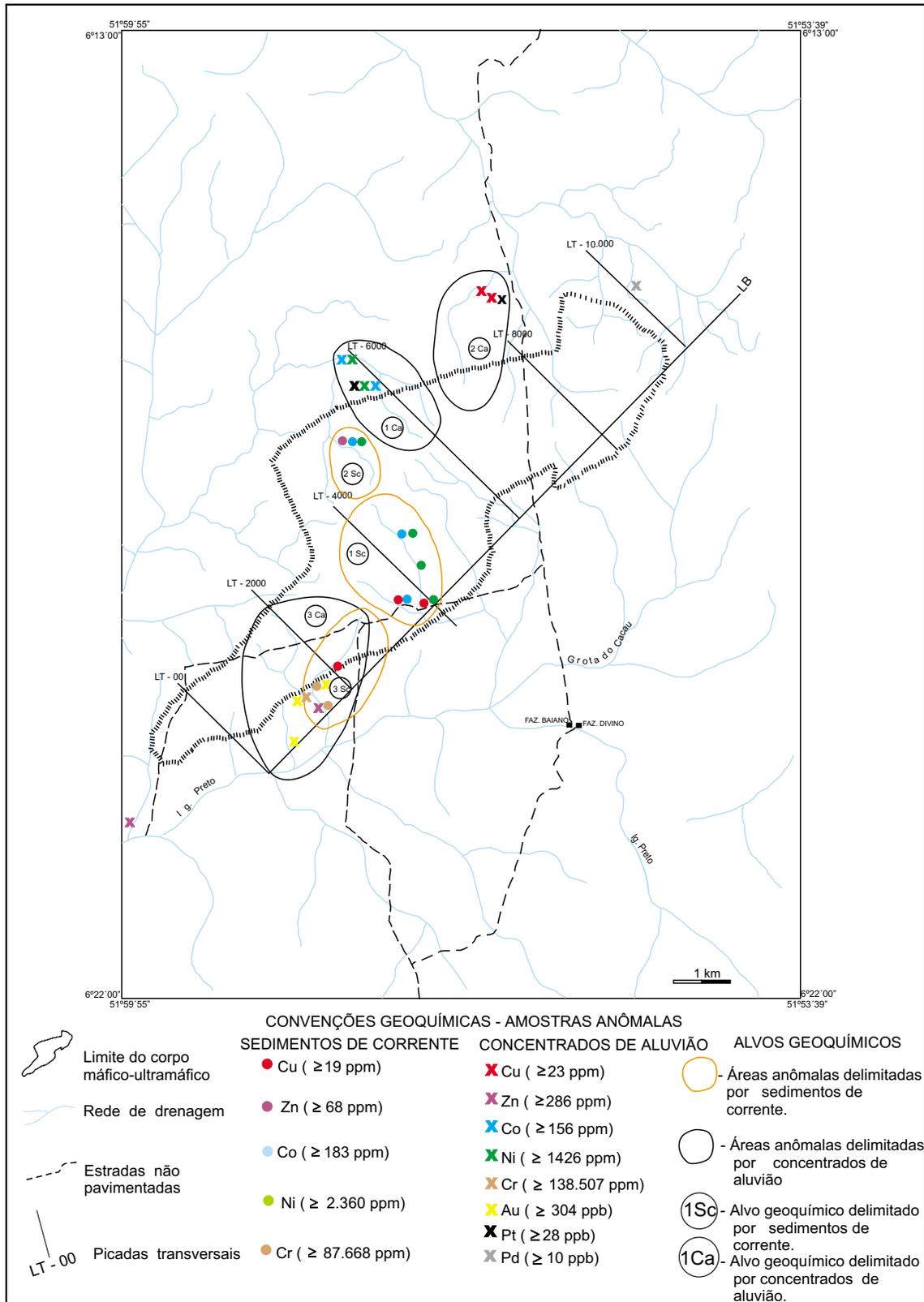


Figura 47 - Mapa de zonas anômalas (geoquímica) delimitadas por sedimento de corrente e concentrados de aluvião no Alvo Serra do Jacarezinho

1Ca, situa-se na porção norte do corpo máfico-ultramáfico, abrange uma área de cerca de 11 km², compreende rochas do Grupo São Félix, do Granito Plaquê e da Suíte Intrusiva Cateté (serpentinitos) e foi delimitado pelas amostras anômalas ER-151 (Cu) e ER-152 (Cu e Pd). O Alvo 3Ca é o de maior dimensão (20 km²), localiza-se entre as transversais LT-00 e LT-4000, abrange essencialmente monzogranitos (Granito Plaquê) e serpentinitos (Suíte Intrusiva Cateté) e foi delimitado por anomalias de Au (ER-118, ER-120 e ER-121), Cr (ER-121) e Zn (ER-119). Além dos valores anômalos mencionados, conforme pode ser observado na **Figura 47**, estão presentes outras anomalias geoquímicas, as quais estão sendo consideradas de importância secundária.

Considerando-se os valores anômalos, verifica-se que as associações geoquímicas formadas por Ni, Co, Cu, Cr e EGP estão presentes nos diversos alvos, refletindo a natureza máfico-ultramáfica da serra do Jacarezinho. No Alvo 1Ca, a associação Ni-Co-Pd, e no Alvo 2Ca, a associação Cu-Pd, são também sugestivas de associações sulfetadas com EGP. No domínio do Alvo 3Ca, a anomalia de Cr é sugestiva da presença de cromita, a qual deve estar presente nos serpentinitos sob a forma disseminada ou formando níveis de cromititos. A anomalia de Zn possivelmente não pertence ao contexto máfico-ultramáfico, estando mais relacionada ao pluto-vulcanismo Uatumã Velho Guilherme, que atingiu o corpo da serra do Jacarezinho, após a sua implantação. Ainda não se detectou a fonte primária das freqüentes anomalias de Au presentes no Alvo 3Ca; essas, podem estar relacionadas diretamente à evolução do magmatismo Cateté ou terem sido remobilizadas durante as atividades hidrotermais do pluto-vulcanismo Uatumã.

Comparando-se os resultados alcançados com os parâmetros fornecidos por Levinson (1974), com referência à mobilidade geoquímica dos elementos analisados, considera-se que predomina o transporte mecânico. Dessa maneira, os elementos em estudo podem ser transportados principalmente de 2 maneiras: uma,

abrange o grupo representado pelo Au e Cr, em que os elementos são transportados sob a forma de minerais resistatos; a outra, na qual estão incluídos o Ni, Co, Zn e Cu, os elementos migram sob a forma de concreções ferruginosas. No que se refere aos EGP, admite-se que eles podem ser transportados das duas maneiras consideradas (minerais resistatos e concreções ferruginosas).

8.4.7 CONSIDERAÇÕES GEOQUÍMICAS

Com base na integração dos resultados geoquímicos obtidos através da amostragem de solo, concentrados de solo, sedimentos de corrente e concentrados de aluvião, pode-se estabelecer as seguintes considerações:

- Admite-se que os resultados geoquímicos desta prospecção foram satisfatórios, visto que os diferentes materiais amostrados, revelaram alvos para pesquisa de EGP, Cr, Au e mineralizações sulfetadas de Cu, Ni, Co e Zn.

- Um dos empecilhos observados nessa prospecção foi a baixa de sensibilidade analítica para dosagem dos EGP. Outro, foi a perda e/ou contaminação de amostras, particularmente das LT-6000 e LT-8000, durante a preparação analítica. Esses fatos, prejudicaram o fornecimento de dados e, conseqüentemente, a interpretação geoquímica. Reconhece-se, também a necessidade de serem analisados outros EGP (Ir, Os e Rn) e elementos (As, Sb) que freqüentemente encontram-se associados, o que, sem dúvida, aumentaria a eficiência da prospecção.

- Comparando-se os teores dos diversos materiais analisados, verifica-se que os concentrados de solo apresentam o maior enriquecimento em Zn, Co, Ni e Pt; os concentrados de aluvião em Au e Pt e os solos, em Cu. Com respeito à mobilidade geoquímica, os elementos analisados, de acordo com o meio amostrado, podem ser divididos em 2 grupos: um grupo relacionado aos minerais resistatos, constituído anomalias mecânicas, representado pelo Cr, Au e com os demais elementos correndo associados às concreções ferruginosas.

sas; o outro grupo representado pelo Ni, Co, Zn e Cu, que enriquecido nos argilominerais, constitui anomalias hidromórficas. Os EGP podem ocorrer nas duas maneiras consideradas, formando alvos hidromórficos nos solos e mecânicos, nos concentrados de aluvião.

- O comportamento dos elementos nos perfis geoquímicos não individualiza claramente os diversos substratos rochosos. Verifica-se um comportamento errático, com um determinado elemento delimitando os substratos rochosos, podendo delimitar ou não.

- As anomalias geoquímicas reveladas no domínio das rochas encaixantes são consideradas inconsistentes, em virtude do baixo potencial metalogenético dessas rochas para EGP. É provável que essas anomalias sejam resultantes de materiais transportados oriundos das rochas máfico-ultramáficas, situadas em um posicionamento topográfico superior.

- Os diversos alvos geoquímicos, detectados através dos vários materiais amostrados (**Figura 48**), localizam-se principalmente na região central da serra do Jacarezinho, entre as transversais LT-2000 e LT-6000. Nesse local, ocorrem principalmente rochas serpentiniticas e corpos menores de piroxenitos e gabros.

- Considerando-se os diversos materiais analisados foram reveladas anomalias de Ni, Co, Cu, Cr, Zn, Pd e Pt. Os 4 primeiros elementos refletem o contexto máfico-ultramáfico presente na serra do Jacarezinho. A associação anômala Ni-Co-Cu é sugestiva da presença de mineralizações sulfetadas, as quais podem conter EGP. As anomalias de Cr são indicativas da presença de cromita, que podem ocorrer de maneira disseminada ou formar níveis de cromitito nos serpentinitos. Os valores anômalos de Zn devem estar relacionados a faturamentos/atividades hidrotermais que ocorreram nessa região cratônica após a intrusão do corpo máfico-ultramáfico. A fonte primária das anomalias de Au pode estar diretamente associada à evolução do magmatismo Cateté ou relacionada a remobilizações durante a ocorrência dos

fenômenos hidrotermais. As mais significativas anomalias de EGP são aquelas localizadas na área de abrangência de LT-4000; salienta-se particularmente as que estão associadas a valores anômalos de Ni-Cu-Co; ainda merecem atenção as anomalias (EGP, Ni, Cu e Co) situadas na zona de influência dos corpos piroxeníticos e gabríticos.

8.5 METALOGENIA DOS ELEMENTOS DO GRUPO DA PLATINA

Baseado nas informações obtidas durante os trabalhos no CMJZ, constata-se que se trata de um corpo intrusivo, associado a um evento distensivo, em ambiente intraplaca e de natureza anorogênica. A existência de componentes máficos e ultramáficos indica uma cristalização diferenciada. A presença de determinadas feições petrográficas, similares às observadas nos demais corpos máfico-ultramáficos estudados, sugere que o corpo do Jacarezinho teve uma evolução magmática semelhante à verificada nos demais corpos. Não foram observadas nos diversos litótipos que compõem o CMJZ, evidências de metamorfismo nem de deformação dúctil. Como o corpo da serra do Jacarezinho é integrante da Suíte Intrusiva Cateté, está sendo considerado como de idade paleoproterozóica. Esses parâmetros são semelhantes aos observados em outros corpos máfico-ultramáficos, em que foi detectada a presença de MGP, tanto no âmbito do Projeto Platina Pará-Amapá, como na literatura internacional.

A prospecção geoquímica executada no Alvo Serra do Jacarezinho revelou a presença de anomalias de Ni, Co, Cu, Cr, Zn, Pt e Pd. Os 4 primeiros elementos refletem o contexto máfico-ultramáfico presente na serra do Jacarezinho. A associação Ni, Co, Cu é sugestiva de mineralizações sulfetadas, as quais podem conter EGP. As anomalias de Cr são indicativas de cromita, que pode constituir cromititos, os quais podem também armazenar EGP. Os diversos alvos geoquímicos revelados, através dos vários materiais amostrados, localizam-se principalmente na região central da serra do Jacarezinho, onde ocorrem rochas serpentiniticas e pequenos corpos

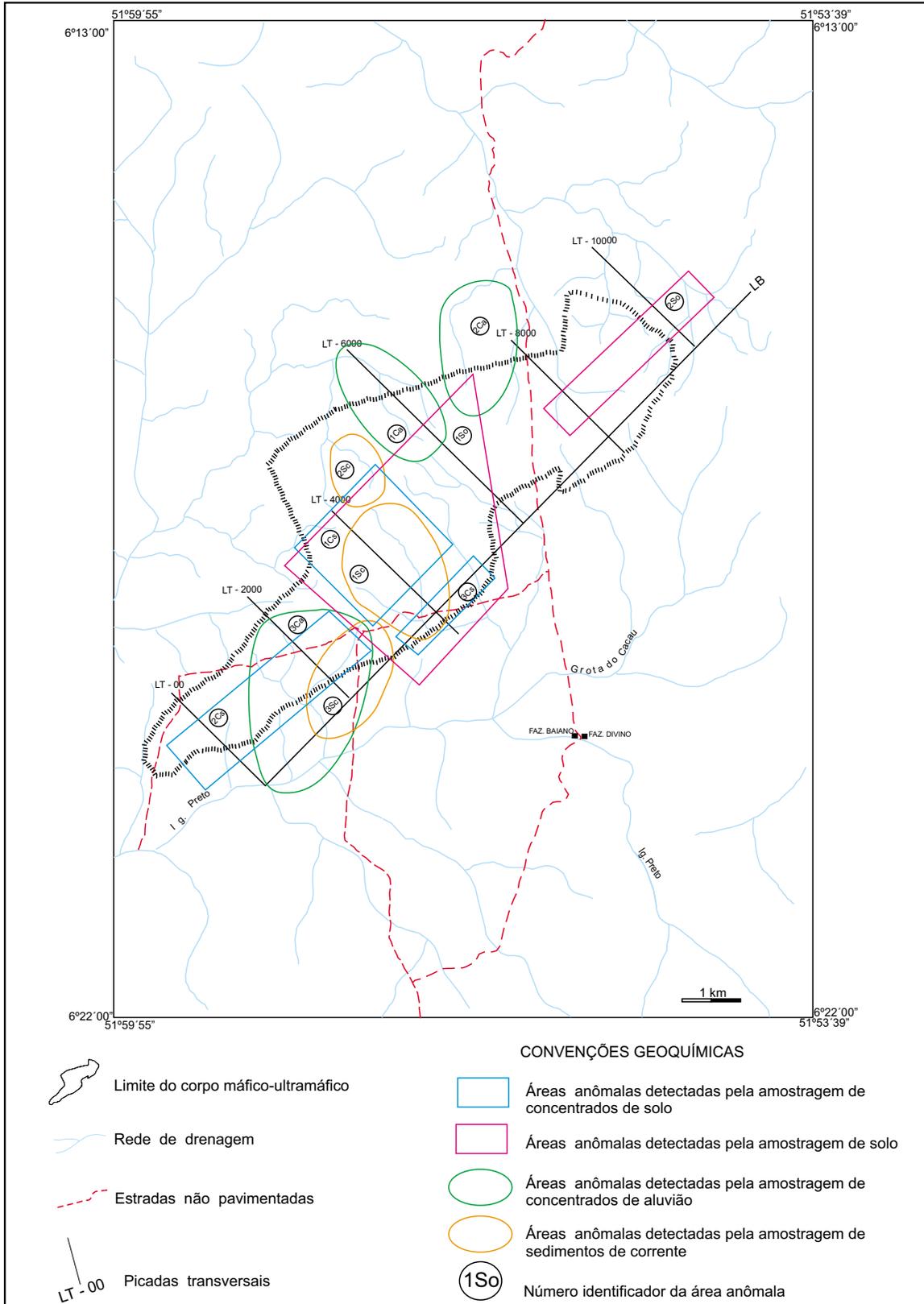


Figura 48 - Mapa integrado das principais áreas anômalas (geoquímica) do Alvo Serra do Jacarezinho

de piroxenitos e gabros. Com relação aos EGP, as mais significativas anomalias estão localizadas na área de abrangência da LT-4000 e salienta-se as que estão associadas às anomalias de Ni, Cu e Co.

A ausência de grande volume de

rocha gabróicas, assim como as pequenas dimensões do corpo, são limitações a uma maior potencialidade. Entretanto, se for comprovado um relacionamento direto dos corpos do Jacaré e do Jacarezinho, essas limitações poderão ser reduzidas.

9 - Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra do Jacaré

9.1 GENERALIDADES

O Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra do Jacaré-CMSJ, igualmente aos demais corpos da Suíte Intrusiva Cateté, exibe em superfície uma forma alongada, segundo a direção NNE-SSW. Apresenta um comprimento de cerca de 21 km e uma largura variando de 1,5 km na porção sul e 3,0 km na porção norte (**Figura 49**).

A área do CMSJ abrange cerca de 235 km², em forma retangular limitada pelos paralelos 6°06'33" e 6°19'11" de latitude sul e pelos meridianos 51°50'00" e 51°55'34" WGr.

A serra do Jacaré apresenta um relevo de serra/colina alongada, com topo abaulado e localmente constituindo pequenos platôs. As encostas apresentam média declividade.

Baseado na base planimétrica (SB.22-Y-B) elaborada pelo IBGE, o ponto culminante da serra do Jacaré é de 471 m e com um desnível topográfico médio da ordem de 150 m.

A vegetação predominante na região em estudo é do tipo Floresta Aberta Latifoliada, com uma grande variedade de espécies onde estão presentes árvores de grande porte. Em alguns locais, particularmente nas cotas topográficas mais elevadas, há desenvolvimento de cipoais. Salienta-se que no domínio da serra, a vegetação nativa está relativamente bem preservada; entretanto, nos seus arredores, percebe-se uma gradativa substituição para culturas e pastagens. Sob o ponto de vista hidrográfico a serra do Jacaré funciona como um divisor de água entre as bacias do igarapés Araraquara e São Sebastião.

A serra do Jacaré localiza-se em uma região caracterizada por uma precipitação pluviométrica em torno de 2.000 mm/ano, uma temperatura média anual de 25°C e a média anual da umidade relativa é de aproximadamente 85% (SUDAM, 1984). Baseado na classificação climática de Köppen (1948), predomina na região em

estudo o tipo Am, que é um clima tropical úmido de monção, com precipitação excessiva durante alguns meses.

Os solos presentes na área de trabalho estão relacionados às unidades litológicas. Assim, observa-se sobre as rochas máfico-ultramáficas um Latossolo Marrom-Escuro-Avermelhado; sobre o Grupo São Félix, o Latossolo-Marrom-Avermelhado e no domínio do Granito Plaquê, o Latossolo Vermelho-Amarelado.

9.2 ASPECTOS LITOESTRATIGRÁFICOS

O CMSJ, juntamente com os corpos máfico-ultramáficos da serra do Jacaré e do igarapé Carapanã constituem os melhores exemplos, no âmbito da Suíte Intrusiva Cateté, de corpos orientados na direção N/S, no domínio do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas.

Como consequência do mapeamento geológico (1:20.000) realizado no Alvo Serra do Jacaré foram identificadas, da base para o topo, as seguintes unidades estratigráficas: Grupo São Félix, Granito Plaquê, Suíte Intrusiva Cateté, Intrusivas Ácidas, Diabásio Cururu, Cobertura Laterítica e Cobertura Colúvio-Aluvionar (**Figura 50**).

O Grupo São Félix e o Granito Plaquê, ambos considerados de idade arqueana (CPRM, 1997), são as encaixantes do Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra do Jacaré.

A seqüência metavulcano-sedimentar do Grupo São Félix ocorre nas porções noroeste e sudeste do CMSJ. Topograficamente caracteriza-se por um relevo montanhoso, constituído por serras de topo em forma de cristas ou em platôs, que se destacam das regiões rebaixadas circunvizinhas. Litologicamente está constituída por intercalações de rochas metassedimentares, metavulcânicas ácidas, básicas e ultrabásicas subordinadas. De uma maneira generalizada, apresentam-se intemperizadas exibindo as tonalidades amarronzadas, aczentadas, avermelhadas, esverdeadas e amareladas. Na área de pesquisa, predo-

minam os xistos e os filitos e, em segundo plano, os quartzitos. No topo das elevações situadas a sudeste do CMSJ, compõem formações ferríferas bandadas e quartzitos.

Os xistos são predominantemente de granulometria fina e, juntamente com os filitos, exibem uma destacada foliação milonítica. Os *BIF* são formados por alternância milimétrica e subparalela de níveis silicosos e ferríferos (hematita, magnetita e goethita). Os quartzitos são predominantemente puros, e em alguns exemplares pode-se observar uma granulação média e um bom selecionamento.

Entre os mais freqüentes litótipos do Grupo São Félix, que ocorrem nas proximidades do CMSJ, estão os actinolita-xistos. São rochas de coloração cinza escura, granulometria fina, textura milonítica e mineralogicamente constituídas por actinolita, hornblenda, plagioclásio, quartzo e opacos (EM-821, EM-892, EM-893A, etc.).

O Granito Plaquê é intrusivo nas rochas do Grupo São Félix e é a unidade estratigráfica que ocupa a maior extensão em área no polígono de pesquisa. Envolve praticamente todo o CMSJ, particularmente nas porções norte, leste e sudoeste. Exibe uma topografia rebaixada, plana a colinosa, com as colinas geralmente com topo arredondadas e encostas de média a baixa declividade. Litologicamente, o Granito Plaquê é constituído por rochas de coloração cinza clara a cinza escura, faneríticas, de granulação média a grossa, leucocráticas a mesocráticas e de aspecto gnáissico a isotrópico. De uma maneira generalizada, observa-se a predominância da textura granolepidoblástica, com uma milonitização superimposta nos estágios protomilonítico e milonítico. Verifica-se então a presença de cristais oclares de quartzo e feldspato, envolvidos por uma matriz cominuída de natureza quartzo-feldspato-micácea. Mineralogicamente, as rochas da unidade Plaquê são constituídas por microclina, ortoclásio (algumas vezes pertítico), quartzo e subordinadas quantidades de biotita (às vezes cloritizadas), clorita, muscovita, hornblenda, titanita, epidoto (localmente formando veios: EM-726B), apatita, opa-

cos, alanita e zircão. São observados predominantemente os tipos monzogranitos (EM-715), leucomonzogranitos (EM-725) e leucosienogranitos (EM-726B).

Associadas ao Granito Plaquê foram observadas rochas do Complexo Xingu. Tratam-se de poucos corpos, de pequenas dimensões, não mapeados na presente escala de trabalho e distribuídos aleatoriamente. São rochas de coloração acinzentada, fanerítica de granulação média, com estruturas foliadas a bandadas. Predominam os tipos gnáissicos, que localmente exibem feições migmáticas, com uma generalizada deformação milonítica, com variação dos estágios protomilonítico a milonítico. Mineralogicamente são constituídos por quartzo, plagioclásio, microclina, ortoclásio, biotita, biotita cloritizada, clorita, hornblenda, muscovita e opacos, em uma generalizada ordem decrescente de abundância. Foram observados, predominantemente, trondhjemitos (EM-823), granitos (EM-775) e granodioritos (EM-860).

O Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra do Jacaré é parte integrante da Suíte Intrusiva Cateté, considerado de idade paleoproterozóica inferior (CPRM, 1997), e está constituído por serpentinitos, rochas gabróicas e diabásios.

De acordo com o mapeamento geológico realizado (**Figura 50**), os serpentinitos ocupam a posição basal do empilhamento estratigráfico do conjunto máfico-ultramáfico e são os litótipos predominantes. Geralmente apresentam-se intemperizados, com as colorações amareladas, alaranjadas, amarronzadas e acinzentadas. Normalmente são fraturados com, algumas vezes, as fraturas dispostas de maneira transversal e, em outras, subparalelas, com espaçamento milimétrico a centimétrico, fornecendo à rocha um padrão pseudo-acamadado. Frequentemente as fraturas estão preenchidas por óxidos e hidróxidos de ferro e localmente por calcedônia.

O estudo petrográfico demonstrou que os serpentinitos exibem diferentes estágios de serpentinização, desde exemplares inteiramente serpentinizados (EM-

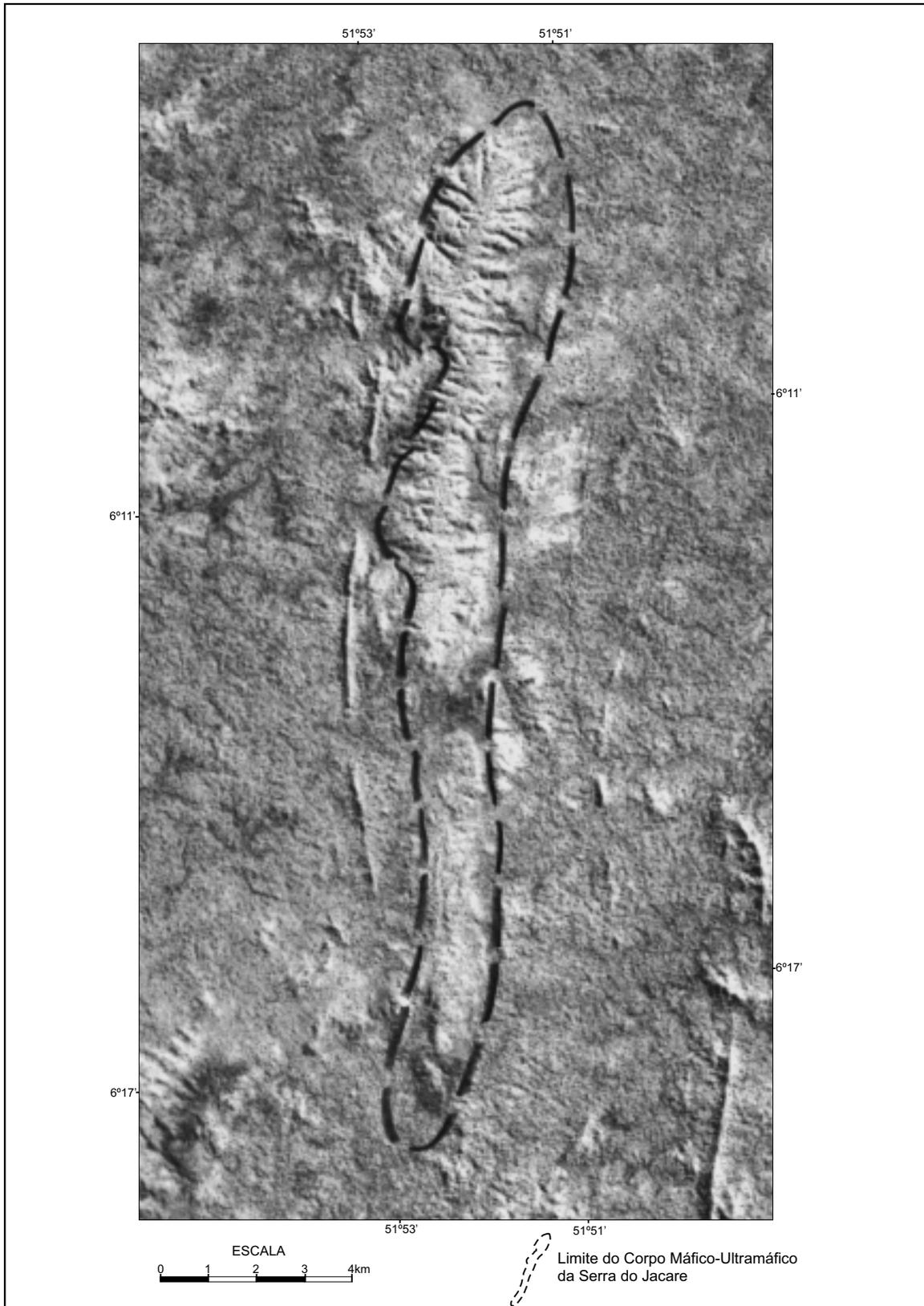


Figura 49 - Imagem de Satélite LandSat, Canal 4 Serra do Jacarezinho

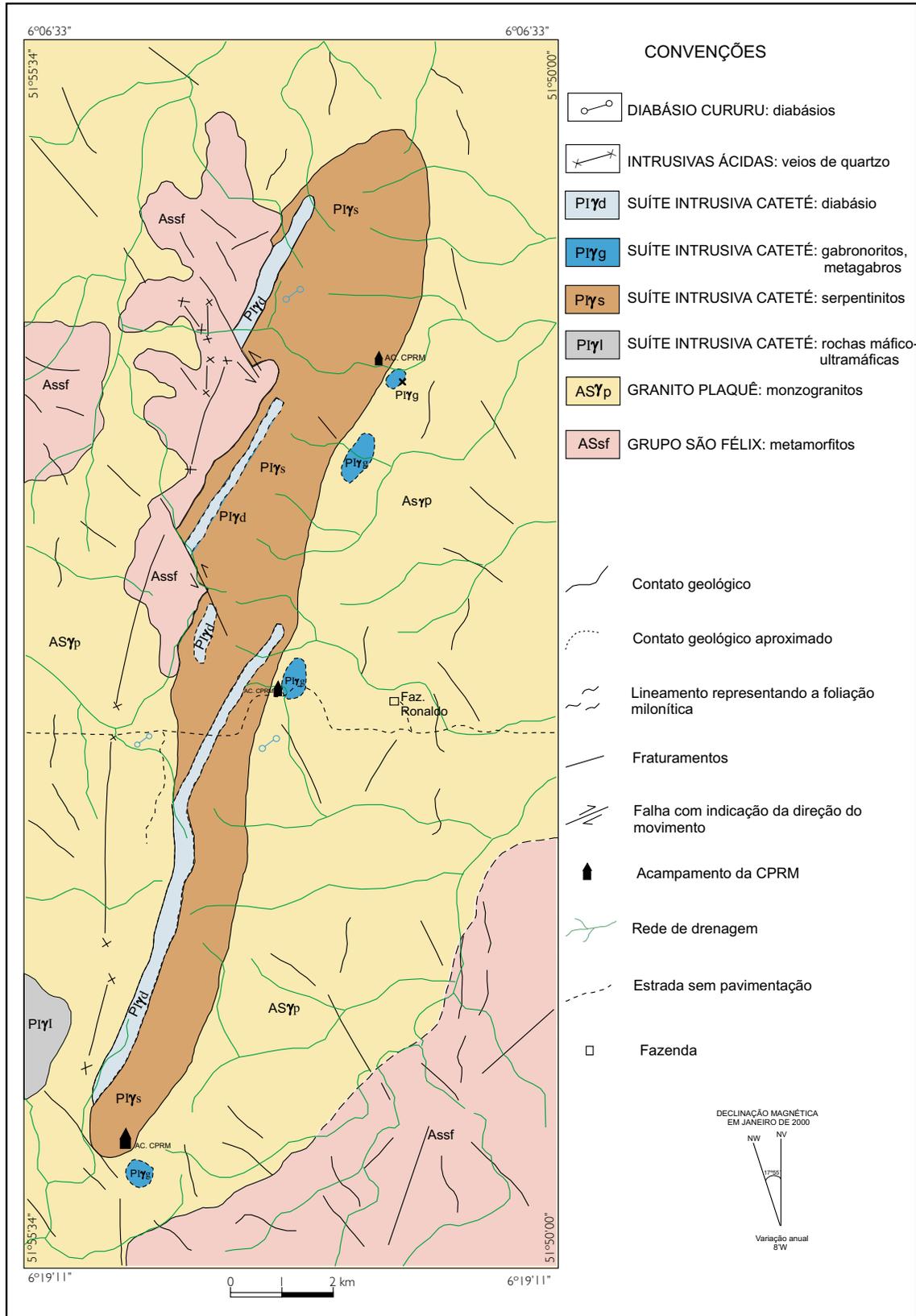


Figura 50 - Mapa geológico do Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra do Jacaré

759, EM-795, EM-815) até amostras com pseudomorfos de olivina e piroxênio (EM-758B, EM-782, etc). Os exemplares inteiramente serpentinizados são constituídos por lizardita que se dispõe segundo uma textura *mesh*. Em algumas das fraturas dessas rochas são observados veios de crisotila. Nos exemplares mais preservados do processo de serpentinição, é possível observar cristais cúmulus de olivina. O piroxênio apresenta posicionamento cumulático e intercumulático. Os minerais opacos (magnetita (?), hematita (?) e cromita (?)) ocorrem nos serpentinitos sob a forma de milimétricos grãos disseminados, nas fraturas e nos contatos interminerais.

Sob o ponto de vista petrográfico, os serpentinitos da serra do Jacaré são idênticos aos encontrados nos demais corpos máfico-ultramáficos estudados. A exemplo do que foi observado nesses corpos, os protolitos dos serpentinitos do CMSJ são provavelmente peridotitos. A presença de cristais cúmulus bem preservados, com contatos retos e poligonizados, sem deformação, não sugere a atuação de processos metamórficos e deformacionais.

As rochas gabróicas constituem outro importante grupo litológico no domínio do CMSJ, comparecendo com cerca de 5% da superfície aflorante. Ocorrem sob a forma de 4 pequenos corpos (< 1 km), de forma subcircular e alongada e alinhados ao longo da borda oriental do corpo máfico-ultramáfico (**Figura 50**).

Mesoscopicamente, os diversos litótipos gabróicos são semelhantes, afloram em forma de blocos arredondados, exibem a tonalidade cinza escura, aspecto maciço, isotrópico e com uma granulação fina a média. Em lâmina delgada verifica-se que as rochas gabróicas são constituídas essencialmente de plagioclásio, augita, hiperstênio, hornblenda e biotita. Em alguns exemplares, particularmente nos mais evoluídos, verifica-se a presença de feldspato potássico e quartzo intersticial. À semelhança do que foi observado em alguns corpos da Suíte Intrusiva Cateté, também na Serra do Jacaré, foi observada a presença de transformações mineralógicas do

tipo piroxênio/anfibólio/biotita/clorita. Essas, provavelmente estão relacionadas a atividades hidrotermais ou a processos termais oriundos da granitogênese Velho Guilherme.

Em conseqüência da variação proporcional entre o clinopiroxênio e o ortopiroxênio, foram identificados noritos (EM-836), gabronoritos (EM-864) e gabros. Esses últimos são os mais abundantes e geralmente apresentam as citadas transformações mineralógicas (piroxênio para tremolita e/ou actinolita) e, em conseqüência, são denominados de metagabros (EM-868B, EM-751 e EM-777). Entretanto, deve ser salientado que essas rochas não apresentam qualquer feição petrográfica (cristais ocelares, rotacionados, cominuição, etc) que pudesse sugerir a ação de processos deformacionais e/ou metamórficos.

As rochas gabróicas exibem as texturas hipidiomórfica granular (EM-744), ofítica (EM-780B) e subofítica (EM-790B). À semelhança do que foi observado nos demais corpos máfico-ultramáficos estudados, também no CMSJ, o plagioclásio, freqüentemente, apresenta-se “turvado”. Em algumas amostras (EM-868B), os gabros demonstram uma intensa atividade hidrotermal, com cataclase superimposta e uma ativa transformação, ao longo das fraturas, do piroxênio para anfibólio.

Durante o mapeamento geológico do CMSJ foram observadas freqüentes afloramentos de diabásio. São rochas de tonalidades cinza escura, melanocráticas, estrutura maciça, faneríticas, equigranulares e de granulação fina a média. No estudo em lâmina petrográfica verifica-se uma textura ofítica a subofítica e mineralogicamente constituída de plagioclásio, augita, diopsídio, hornblenda, biotita, biotita titanífera e opacos. Em alguns exemplares (EM-727B, EM-730A, etc.) verificam-se transformações mineralógicas (piroxênio para tremolita e actinolita), em razão do que, essas rochas estão sendo classificadas como metadiabásios. Esses corpos estão sendo informalmente denominados, neste relatório, de Diabásio “Cateté”.

As mencionadas transformações mineralógicas são semelhantes às observadas nas rochas gabróicas do CMSJ e também em outros corpos da Suíte Intrusiva Cateté, tais como, os das serras do Jacarezinho e do Puma. Utiliza-se, ainda, os mesmos argumentos (atividades hidrotermais ou efeitos térmicos da granitogênese Velho Guilherme) para justificar essa paragênese mineral. Em alguns exemplares (EM-730A) a presença de hornblenda actinolítica, tremolita e actinolita, em um arranjo cataclástico, é sugestiva de atividade hidrotermal. Em outras amostras (EM-720) a presença de quartzo, feldspato potássico e intercrescimento granofírico sugere que essas rochas alcançaram um avançado grau de evolução magmática. Outro aspecto a ser mencionado, é a generalizada ocorrência de plagioclásio “turvado” a exemplo do que foi observado em outros corpos máfico-ultramáficos estudados. Salienta-se, ainda, que localmente (EM-773, EM-769) as condições de resfriamento magmático foram favoráveis ao desenvolvimento de diabásio com granulação grossa.

Apesar da freqüente presença de afloramentos de diabásio, os mesmos são em forma de blocos, o que impede o estabelecimento correto do modo de ocorrência dessas rochas. Nos corpos máfico-ultramáficos estudados os diabásios estão sendo interpretados como pequenos diques (como sugerem alguns afloramentos). Entretanto, observa-se que os afloramentos do Diabásio “Cateté” obedecem de uma maneira generalizada (conforme observado nos perfis transversais) a um posicionamento alongado, orientado segundo a direção (N-S) do corpo máfico-ultramáfico. A interligação desses afloramentos permite delimitação de 2 corpos. Um posicionado na porção ocidental e outro na ocidental-mediana do CMSJ. Esse último possui um comprimento aflorante de cerca de 9,5 km e o outro, 7,5 km (seccionado). Esses corpos são sendo interpretados, preliminarmente, como 2 grandes diques, intrusivos na seqüência serpentinitica. Salienta-se também, a existência de pequenos diques (< 50 m) do diabásio “Cateté” localizados no domínio do Granito Plaquê (EM-862).

Após a colocação do CMSJ, no limiar do Mesoproterozóico, essa porção do Cráton Amazônico foi submetida a um regime tectônico distensivo. Esse resultou nas atividades vulcânicas que originaram o Grupo Uatumã e no plutonismo que produziu a Suíte Intrusiva Velho Guilherme. Esse magmatismo ácido atingiu as rochas do CMSJ e as suas encaixantes. Os produtos desse evento, na área de estudo, estão representados por diques e venulação de quartzo, os quais estão sendo designados informalmente de Rochas Intrusivas Ácidas.

Os veios de quartzo são os mais importantes representantes desse vulcanismo ácido. Estão bem representados na borda ocidental do CMSJ, onde constituem um notável alinhamento, aproximadamente segundo a direção N/S e com uma extensão aflorante de cerca de 15 km. Formam um ressalto topográfico, com uma crista aguda, um desnível de cerca de 10 a 30 m e uma largura inferior a 50 m. Seccionam as rochas do Granito Plaquê e do Grupo São Félix.

Os veios e as vênulas são mais freqüentes no âmbito das rochas serpentiniticas e das encaixantes do CMSJ (Granito Plaquê e Grupo São Félix). São corpos de pequenas dimensões, geralmente inferiores a 1 m (veios) e 20 cm (vênulas), dispostos preferencialmente segundo os principais *trends* estruturais do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas.

Os veios e as venulações são formados essencialmente por quartzo. Exibem a tonalidade branco leitosa, apresentam-se fraturados e com algumas fraturas preenchidas por compostos secundários de ferro, o que fornece a rocha as colorações amareladas e avermelhadas. Na área de ocorrência dos veios é possível observar grandes blocos, alguns ultrapassando a 1 m de diâmetro. Localmente, são observadas drusas do tipo “dente de cão”, com os cristais alcançando dimensões máximas de 1,5 cm.

Verificou-se na região cratônica que abrange a serra do Jacaré, durante o Cenozóico, uma retomada do regime tectô-

nico distensivo. Esse evento proporcionou o desenvolvimento de um magmatismo básico, o que redundou na formação de diques do Diabásio Cururu. Esses estão distribuídos por toda a área de pesquisa, tanto no domínio do corpo máfico-ultramáfico, como no das encaixantes. Exibem pequenas dimensões aflorantes, com um comprimento inferior a 50 cm e uma espessura menor do que 15 m. Dispõem-se segundo um posicionamento subvertical e com as direções NW-SE, N/S e NE-SW.

O Diabásio Cururu está representado por rochas de coloração cinza escura, melanocráticas, aspecto isotrópico, equigranulares e de granulação fina. Exibem invariavelmente uma textura ofítica bem desenvolvida e mineralogicamente são constituídas por plagioclásio, augita, hiperstênio, hornblenda, biotita e opacos, em uma generalizada ordem decrescente de abundância. Em alguns exemplares (EM-842) observa-se a presença de quartzo intersticial, sugerindo um elevado grau de evolução magmática para essas rochas. Outras amostras (EM-716), exibem o piroxênio em processo de transformação para hornblenda/biotita, sugerindo a atuação de fenômenos hidrotermais.

As rochas da região da serra do Jacaré foram submetidas, durante o Cenozóico, a um intenso processo de lateritização regional. Conseqüentemente, desenvolveram-se perfis lateríticos, com a formação de crosta ferruginosa, cujos fragmentos estão presentes na área de pesquisa. À semelhança do que foi mapeado nos corpos máfico-ultramáficos estudados, no domínio do CMSJ, as crostas ferruginosas estão diretamente relacionados ao substrato rochoso. Assim, as crostas lateríticas associadas às rochas do Granito Plaquê, exibem colorações variando de amarelo-avermelhado a marrom-avermelhado, porosas, as vezes cavernosas, com textura pseudo-brechóide e localmente oolítica e psolítica. São formadas essencialmente de óxidos e hidróxidos de ferro e secundariamente por compostos de alumínio. No domínio do Grupo São Félix, as crostas lateríticas exibem tonalidades marrom-escuro e marrom-avermelhada, granulometria fina, porosas, algumas vezes cavernosas e

compostas essencialmente por óxidos e hidróxidos de Fe, Al e Mn. No domínio dos serpentinitos, não se observa uma verdadeira crosta laterítica, porém, um serpentinito intensamente ferruginizado. Ocorre na forma de blocos, com as colorações amareladas, avermelhadas e amarronzadas, poroso, fraturado, com algumas fraturas preenchidas por sílica e/ou impregnadas com compostos secundários de ferro; conserva a estrutura da rocha-mãe e, em lâmina petrográfica, exhibe os minerais serpentiniticos transformados em minerais ferruginosos.

Completando o empilhamento estratigráfico da região do CMSJ foram observados corpos coluvionares e aluvionares, de pequeno porte e de idade quaternária. Os aluviões são mais desenvolvidos no domínio das encaixantes, enquanto que os coluviões ocorrem principalmente nas encostas da serra do Jacaré.

Interpretando-se o posicionamento das unidades estratigráficas que compõem o CMSJ, não se verifica um evidente acamadamento, a exemplo do que ocorre em outros corpos (serras da Onça e do Puma). Nos afloramentos estudados, também, não foram detectadas feições petrográficas que pudessem sugerir uma disposição acamadada. A presença de um possível acamadamento é sugerida com base na correlação com outros corpos acamadados da Suíte Intrusiva Cateté, com o posicionamento alongado do CMSJ e com a disposição alinhada dos corpos gabróicos (**Figura 50**). Reconhece-se que esses indícios são pouco expressivos, assim como também admite-se que o mapeamento geológico efetuado não foi capaz de estabelecer o acamadamento do CMSJ.

Outro questionamento a ser esclarecido é sobre o processo de diferenciação magmática do CMSJ. A presença de rochas serpentiniticas (dunitos), gabróicas e de diabásio é sugestiva de ocorrência do mencionado processo. Entretanto, no atual estágio da pesquisa, esse fato ainda não está bem evidenciado, a exemplo do que foi constatado nos corpos máfico-ultramáficos das serras da Onça e do Puma. A fre-

qüente presença, na seqüência serpentínica, de olivina e piroxênio cúmulus é sugestiva de que o magma do CMSJ foi submetido a um gravitacional.

9.3 PANORAMA ESTRUTURAL

Sob o ponto de vista tectono-estrutural o CMSJ situa-se no domínio do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas, mais especificamente, no Sistema Transcorrente Araraquara (CPRM, 1997). Apresenta-se, em superfície, sob a forma alongada segundo a direção meridiana e estruturalmente concordante com a direção regional (N-S) da transcorrência Araraquara.

O posicionamento estrutural do Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra do Jacaré é semelhante ao observado para o corpo do igarapé Carapaná (N-S) e ortogonal ao do corpo da serra do Puma. Entretanto, todos os citados obedecem às principais direções estruturais do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas.

Como mencionado no item anterior, a proximidade geográfica do CMSJ com o corpo da serra do Jacarezinho, sugere uma possível interligação entre os mesmos. Além do mais, certos elementos estruturais (falhas) que apresentam a mesma direção nos dois corpos, indicam que se situam em um mesmo contexto estrutural. Entretanto, por falta de estudos específicos, não se conseguiu estabelecer uma evidente relação entre as serras do Jacaré e do Jacarezinho. Em razão desse empecilho, considera-se, preliminarmente, como dois corpos independentes.

Na área de pesquisa os principais elementos estruturais são as fraturas. Essas estão distribuídas em toda a área de trabalhos, atingindo tanto o corpo máfico-ultramáfico, como as rochas encaixantes. Estão dispostas preferencialmente segundo as direções N-S e NW-SE. Ocorrem sob a forma de falhas e fraturas, geralmente de posicionamento subvertical.

Entre as fraturas merece destaque uma extensa zona situada na borda oriental do CMSJ, desenvolvida sobre o Granito Plaquê e o Grupo São Félix. Apresenta uma extensão de cerca de 15 km, uma orientação submeridiana e um posiciona-

mento subvertical. Essa zona encontra-se preenchida por quartzo branco-leitoso.

Interpreta-se, também, que os diques do Diabásio "Cateté", que seccionam a seqüência serpentínica, segundo a direção N/S, também estejam preenchendo fraturas, semelhantes e paralelas às que estão preenchidas por quartzo.

No conjunto de falhas, deve ser salientada a presença de duas falhas paralelas, situadas na porção noroeste do CMSJ. Essas falhas desenvolvem-se sobre o corpo máfico-ultramáfico e as encaixantes e, distam entre si, em cerca de 3 km. Apresentam-se orientadas segundo N25-30°W, com um posicionamento subvertical e um rejeito em torno de 1 km. Essas falhas, consideradas como normais, seccionam o dique ocidental do Diabásio "Cateté", bem como, truncam a porção noroeste da seqüência serpentínica.

Outros fraturamentos menores (< 2 km) são observados no domínio do Granito Plaquê e do Grupo São Félix. Esses, de posicionamento subvertical, estão dispostos predominantemente segundo as direções NW-SE, N-S e, secundariamente, NE-SW.

Ainda merece ser destacada, no domínio das rochas encaixantes, a presença de lineações miloníticas. Essas estão dispostas principalmente segundo a direção N-S e, secundariamente, na direção NW-SE. As feições miloníticas são bem mais conspícuas nas rochas do Grupo São Félix, particularmente na porção sudeste da área de pesquisa. As lineações miloníticas ensaiam dobramentos, algumas vezes visíveis nos afloramentos. Integrando-se essas feições é possível interpretar grandes arqueamentos. No âmbito do Granito Plaquê as foliações milonítica são menos perceptíveis.

9.4 PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA

9.4.1 GENERALIDADES

À semelhança dos demais alvos pesquisados, a prospecção geoquímica executada no Alvo Serra do Jacaré objetivou a delimitação de alvos geoquímicos relacionados a mineralizações de EGP.

Nesse alvo foram coletadas 569 amostras de solo, 569 amostras de concentrados de solo, 25 amostras de sedimentos e 25 amostras de concentrados de aluvião. Os solos e sedimentos de corrente foram analisados por Absorção Atômica para Cu, Zn, Co, Ni e Cr; enquanto que, os concentrados de solo e de aluvião foram por Ensaio de Fusão/Absorção Atômica para Au, Pt e Pd. A descrição da metodologia de amostragem e de análise está no **Capítulo 2** deste Informe Técnico.

A interpretação dos dados geoquímicos foi realizada através da utilização do programa SURFER (Golden Software) para a confecção dos arquivos geoquímicos; do programa STATISTICA (Statsoft) para os cálculos estatísticos e do PLOTIT (Scientific Programming Enterprise) para a construção dos perfis geoquímicos.

Para uma melhor visualização dos resultados analíticos referentes aos materiais amostrados e aos elementos analisados, adotou-se a População Global (considerada como distribuição lognormal). Aplicou-se neste universo o Programa Statisti-

ca que forneceu o Sumário Estatístico (**Tabela 15**) para a Serra do Jacaré, onde constam o número de amostra (n), valor médio (M), desvio padrão (σ), valor mínimo, valor máximo, *outlier* e anomalia ($M+2\sigma$). Objetivando uma maior confiabilidade e representatividade dos cálculos estatísticos e da interpretação geoquímica, o Arquivo Geoquímico dos solos e concentrados de solo foi dividido em 3 populações de acordo com a natureza do substrato litológico, no qual foi executada a amostragem de rocha. Em consequência, foi considerada a população das Rochas Encaixantes, Serpentinitos e Gabros. Para cada uma dessas populações foi aplicado o Programa Statistica, que forneceu o Sumário Estatístico conforme pode ser observado nas **Tabelas 16** (Rochas Encaixantes), **17** (Serpentinitos) e **18** (Gabros).

Objetivando-se detectar as afinidades geoquímicas entre os elementos analisados, foram calculadas Matrizes de Correlação (**Figura 51**), aplicadas à População Global e tendo por base o coeficiente de correlação linear de Pearson.

População Global – Material: solo (n=219)

	Solos					Concentrados de Solo		
	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	Au	Pd	PtCr
Cu	1							
Zn	0,38	1						
Co	0,31	0,53	1					
Ni	-	0,42	-0,21	1				
Cr	-	-	-	0,18	1			
Au	-	-	-	-	-	1		
Pd	-	-	-	-	-	-	1	
Pt	-	-	-	-	-	-	-	1

População Global – Material: sedimentos de corrente (n=25) para Cu, Zn, Co, Ni e Cr e concentrados de aluvião (n=5) para Au, Pd e Pt.

	Solos					Concentrados de Solo		
	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	Au	Pd	Pt
Cu	1							
Zn	0,75	1						
Co	0,55	-	1					
Ni	0,60	0,75	0,96	1				
Cr	-	0,87	-0	-	1			
Au	-	0,41	-	-	-	1		
Pd	-	-	-	-	-	-	1	
Pt	-	-	-	-	-	-	-	1

r - coeficiente de correlação de Pearson

(-) inferior ao nível de significância

Figura 51 - Matrizes de Correlação - Alvo Serra do Jacaré - correlações não significativas a $p < 0,05$

Tabela 15 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Global
Alvo: Serra do Jacaré

Elemento	Material	n	Média (M)	Desvio Padrão (σ)	Valor Mínimo	Valor Máximo	outlier	Anomalia (M+2 σ)
Cu	solo	569	37	29	2	279	-	95
	sed. corrente	25	11	6	2	26	-	23
Zn	solo	552	123	86	6	458	-	295
	sed. corrente	25	90	52	13	210	-	194
Co	solo	569	983	1978	3	11498	-	4939
	sed. corrente	25	137	110	8	337	-	357
Ni	solo	567	3998	4720	1	25200	-	13438
	sed. corrente	25	2367	1973	107	6100	-	6313
Cr	solo	569	3946	2734	7	17000	-	9414
	sed. corrente	25	8248	5367	1500	23500	-	18982
Au	conc. solo	416	0,012	0,035	0,001	0,522	-	0,082
	conc. aluvião	5	0,031	0,043	0,001	0,102	-	-
Pd	conc. solo	60	0,024	0,043	0,004	0,264	4020	0,110
	conc. aluvião	-	-	-	-	-	-	-
Pt	conc. solo	429	0,007	0,005	0,002	0,035	0,080	0,017
	conc. aluvião	3	0,015	0,021	0,003	0,040	-	-

Obs.: n – número de amostras; teores em ppm

Tabela 16 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Rochas Encaixantes
Alvo: Serra do Jacaré

Elemento	Material	n	Média (M)	Desvio Padrão (σ)	Valor Mínimo	Valor Máximo	outlier	Anomalia (M+2 σ)
Cu	solo	172	27	23	2	195	-	73
Zn	solo	158	55	41	6	279	-	137
Co	solo	171	256	423	3	3428	7298	1102
Ni	solo	168	980	1749	1	12400	-	4478
Cr	solo	172	3150	2795	7	11000	-	8740
Au	conc. solo	129	0,014	0,025	0,001	0,187	-	0,064
Pd	conc. solo	9	0,020	0,028	0,004	0,080	-	0,076
Pt	conc. solo	102	0,006	0,003	0,002	0,018	-	0,012

Obs.: n – número de amostras; teores em ppm

Tabela 17 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Serpentinóis
Alvo: Serra do Jacaré

Elemento	Material	n	Média (M)	Desvio Padrão (σ)	Valor Mínimo	Valor Máximo	outlier	Anomalia (M+2 σ)
Cu	Solo	351	38	28	3	279	-	94
Zn	Solo	348	148	85	15	458	-	318
Co	Solo	351	1241	2222	17	11498	-	5685
Ni	Solo	351	5266	4941	7	25200	-	15148
Cr	Solo	351	4432	2695	80	17000	-	9822
Au	conc. solo	249	0,008	0,014	0,001	0,105	0,522	0,036
Pd	conc. solo	48	0,026	0,047	0,004	0,264	4200	0,120
Pt	conc. solo	286	0,007	0,006	0,002	0,035	0,080	0,019

Obs.: n – número de amostras; teores em ppm

**Tabela 18 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO – População: Gabros
Alvo: Serra do Jacaré**

Elemento	Material	n	Média (M)	Desvio Padrão (σ)	Valor Mínimo	Valor Máximo	outlier	Anomalia (M+2 σ)
Cu	Solo	46	36	36	11	147	-	140
Zn	Solo	46	74	74	62	390	-	315
Co	Solo	46	2560	2560	77	9598	-	6706
Ni	Solo	46	4237	4237	188	16600	-	13050
Cr	Solo	46	1825	1825	415	9000	-	6861
Au	conc. solo	37	0,055	0,055	0,001	0,287	-	0,132
Pd	conc. solo	3	0,003	0,003	0,004	0,009	-	-
Pt	conc. solo	41	0,004	0,004	0,002	0,020	-	0,014

Obs.: n – número de amostras; teores em ppm

9.4.2 POPULAÇÃO GLOBAL

Confrontando-se os parâmetros do Sumário Estatístico-População Global (**Tabela 15**), entre os materiais amostrados e os elementos analisados e tendo por base o valor médio verifica-se que os solos apresentam o maior enriquecimento em Cu (37 ppm), Zn (123 ppm), Co (983 ppm) e Ni (3.998 ppm); os sedimentos de corrente, em Cr (8.248 ppm); os concentrados de aluvião, em Au (0,031 ppm) e Pt (0,015 ppm) e os concentrados de solo em Pd (0,024 ppm).

Comparando-se os valores acima com os fornecidos por Levinson (1974) e considerados como teores médios da crosta terrestre, verifica-se que, excetuando o Cu, todos os demais elementos apresentam um maior enriquecimento. No caso da Pt e do Pd, o enriquecimento foi de 7 e 6 vezes, respectivamente.

Sob o ponto de vista da dispersão geoquímica e baseado nos valores do desvio padrão (**Tabela 15**) constata-se que a maior mobilidade geoquímica para o Cu, Zn, Co e Ni foi observada nos solos; para o Cr, nos sedimentos de corrente; para o Au e a Pt, nos concentrados de aluvião, enquanto que para o Pd, nos concentrados de solo.

Considerando-se que o ambiente geoquímico secundário da região da serra do Jacaré é de natureza ácida e oxidante, e enquadrando-se as informações acima com os padrões de dispersão geoquímica forne-

cidos por Levinson (1974), verifica-se que Cu, Zn, Co e Ni apresentam uma alta mobilidade geoquímica; admite-se que o transporte desses elementos é feito através de argilominerais, formando dispersões hidromórficas. Sugere-se para o Cr, uma baixa mobilidade, associada aos minerais resistentes (cromita) e constituindo dispersões mecânicas. A Pt e o Pd também apresentam uma baixa mobilidade, cuja migração pode ser feita através de minerais resistentes e/ou de concreções ferruginosas, formando dispersões mecânicas. Considera-se para o Au uma média mobilidade, com a sua migração sendo feita na forma de resistatos, constituindo dispersões mecânicas e/ou associados aos argilominerais formando dispersões hidromórficas.

Para detectar as correlações geoquímicas existentes entre os elementos analisados, nos diferentes materiais amostrados, foram construídas matrizes de correlação (**Figura 51**), tendo como base a População Global. Interpretando-se os dados da mencionada figura, não se verifica, para os concentrados de solo e de aluvião, qualquer afinidade geoquímica entre o Au, Pt e Pd. Para os solos, destaca-se a associação Ni-Co-Zn e para os sedimentos de corrente, Ni-Co-Zn-Cr e Zn-Ni-Cu. Baseado nas características geoquímicas desses elementos, constata-se que o Ni, Co, Cr e Cu estão refletindo o contexto máfico-ultramáfico da serra do Jacaré. O Zn, não pertence a essa filiação, portanto é provável que esteja relacionado a um evento independente; a presença do Zn em associação com elementos de filiação má-

fico-ultramáfica, talvez seja uma consequência da semelhante mobilidade geoquímica desses elementos, migrando possivelmente associados, sob a forma de argilominerais.

9.4.3. SOLOS

A interpretação geoquímica dos resultados analíticos dos solos coletados na serra do Jacaré foi executada através dos cálculos dos parâmetros do Sumário Estatístico aplicado às populações: Rochas Encaixantes (**Tabela 16**), Serpentinóis (**Tabela 17**) e Gabros (**Tabela 18**). Baseado nos dados analíticos foram construídos 11 perfis geológico-geoquímicos, conforme pode ser observado nas **Figuras 52** (LT-00), **53** (LT-2.000), **54** (LT-4.000), **55** (LT-6.000), **56** (LT-8.000), **57** (LT-10.000), **58** (LT-12.000), **59** (LT-14.000), **60** (LT-16.000), **61** (LT-18.000) e **62** (LT-20.000).

Baseado na integração dos dados acima, podem ser feitas as seguintes considerações:

- Os mais elevados teores de Cr foram observados nos solos originados das rochas serpentiniticas (4.432 ppm), seguidos pelos valores das rochas encaixantes (3.150 ppm) e dos gabros (1.825 ppm). Todos esses valores são superiores à faixa de valores (5-1000 ppm) admitida por Levinson (1974) como normal para solos. Observando-se a ordem decrescente dos teores de Cr nos solos (serpentinol - rochas encaixantes - gabro), destacam-se os altos valores detectados nos solos originados das rochas encaixantes. Esse resultado contraria o esperado, pois esse litótipo (e os correspondentes solos residuais) deveria apresentar os mais baixos valores (de acordo com os parâmetros propostos por Levinson, 1974). Como na região da serra do Jacaré, as rochas máfico-ultramáficas ocupam um posicionamento topográfico superior aos das rochas encaixantes, é possível que tenha havido um transporte de solo daquele primeiro domínio rochoso, para este último. Em consequência, os solos originados das rochas máfico-ultramáficas contaminariam os das rochas encaixantes, o que provocaria um enriquecimento em Cr, nesse último domí-

nio. Os valores de Cr ao longo dos perfis geoquímicos não apresentam uma perfeita correspondência com o substrato rochoso, entretanto, verifica-se uma tendência de os mais altos valores situarem-se no domínio dos serpentinitos.

- Os resultados das **Tabelas 16 a 18** indicam que os mais elevados teores de Ni foram observados nos solos provenientes dos serpentinitos (5.266 ppm) e em seguida, nos originados dos gabros (4.237 ppm) e das rochas encaixantes (980 ppm). Esses valores estão muito acima da faixa de valores (5-500 ppm) considerada como normal para solos por Levinson (1974). A ordem decrescente de valores verificada nos solos, segundo o substrato rochoso (serpentinol - gabro - rocha encaixante), está de acordo com os teores fornecidos pelo mencionado autor, para esses tipos rochosos (e consequentemente para os solos residuais). Essa seqüência também está compatível com o comportamento do Ni durante o processo de diferenciação magmática. Os teores de Ni, ao longo dos perfis geoquímicos (**Figuras 52 a 62**), não apresentam uma boa correspondência com o substrato rochoso; verifica-se, entretanto, uma certa correlação entre os mais baixos valores e as rochas encaixantes.

- Com relação ao Co, verifica-se que os solos provenientes dos gabros apresentam um maior enriquecimento (2.560 ppm), em relação aos provenientes dos serpentinitos (1.241 ppm) e das rochas encaixantes (256 ppm). Esses valores estão muito acima (1-40 ppm) dos considerados por Levinson (1974), como normais em solos. A seqüência de valores decrescentes observada nos solos (gabro - serpentinol - rochas encaixantes) não está de acordo com os teores das rochas, e consequentemente dos solos residuais, fornecidos por Levinson (1974), no qual o termo ultramáfico apresenta os maiores valores; em vista do exposto, é admissível um enriquecimento de Co, nas rochas gabróicas, durante o processo de diferenciação magmática. Examinando-se os perfis geoquímicos (**Figuras 52 a 62**) verifica-se que os teores de Co nos solos não apresentam uma boa correspondência com diferentes tipos rochosos; entretanto, observa-se uma generalizada tendência de

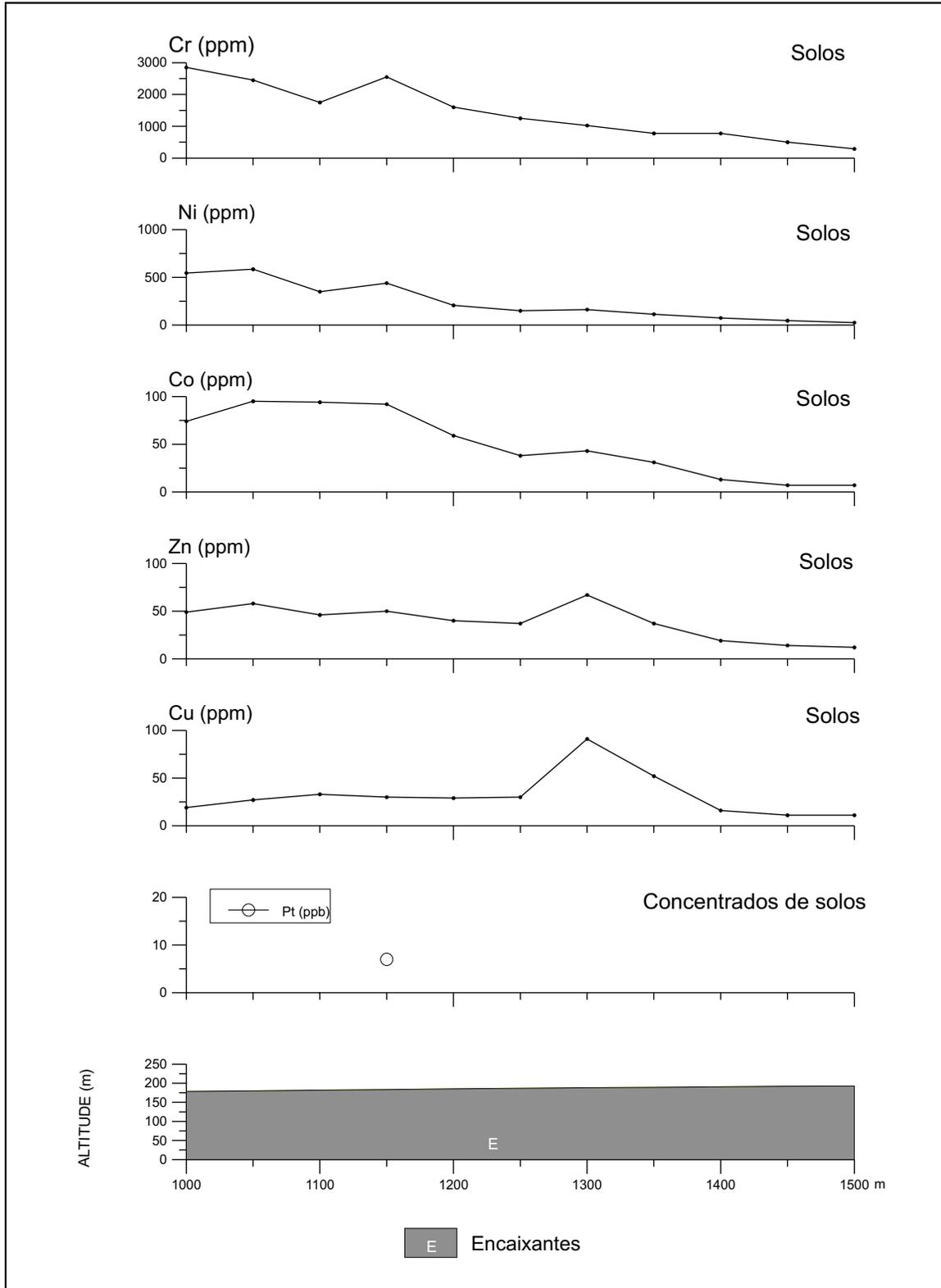


Figura 52 - Serra do Jacaré - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT-00
 Material: Solos (Cr, Ni, Zn, Co, Cu) Concentrados de solo (Pt, Pd)

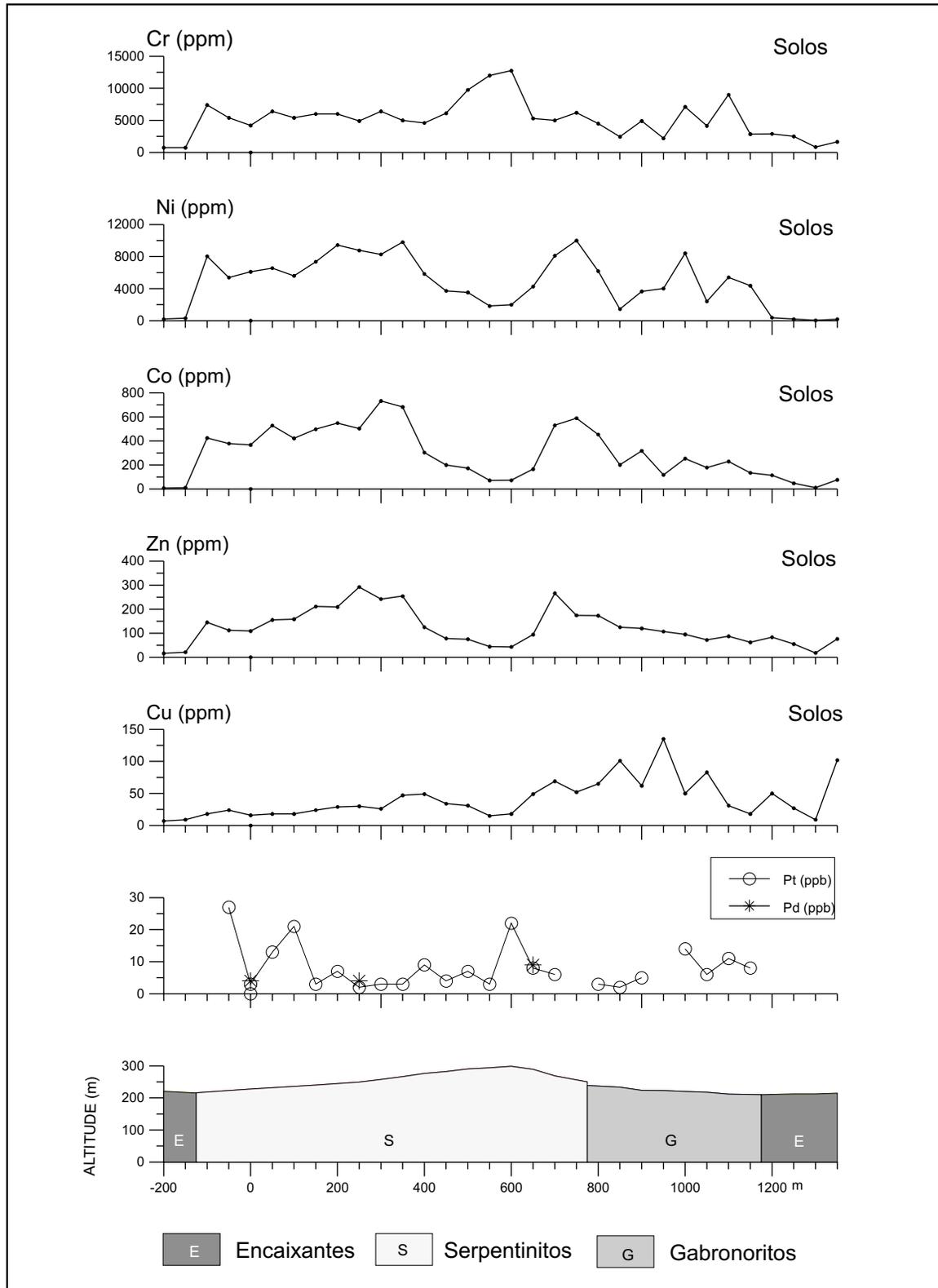


Figura 53 - Serra do Jacaré - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT - 2000
 Material: Solos (Cr, Ni, Zn, Co, Cu) Concentrados de solo (Pt, Pd)

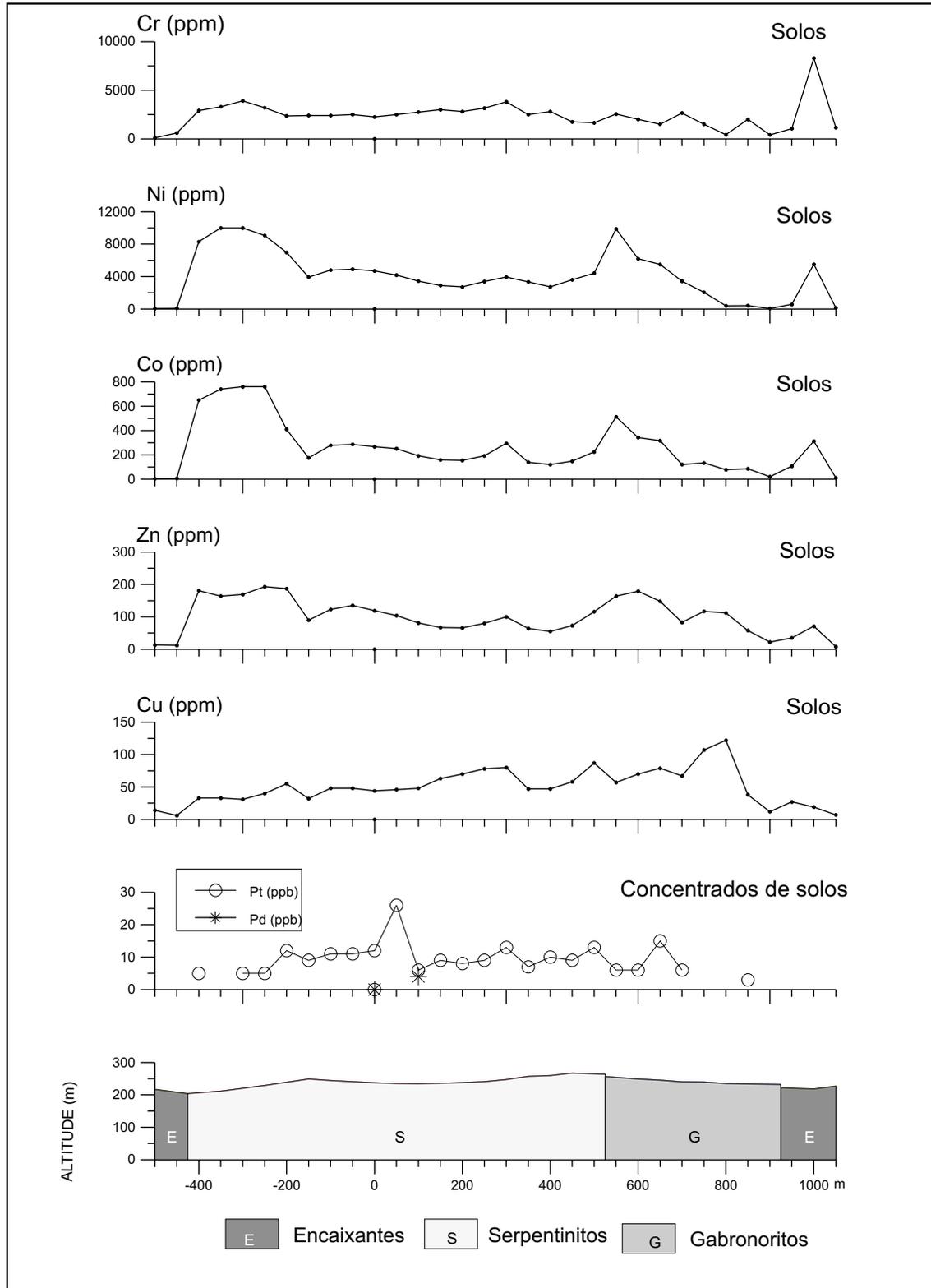


Figura 54 - Serra do Jacarézinho - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT - 4000
 Material: Solos (Cr, Ni, Zn, Co, Cu) concentrados de solo (Pt, Pd)

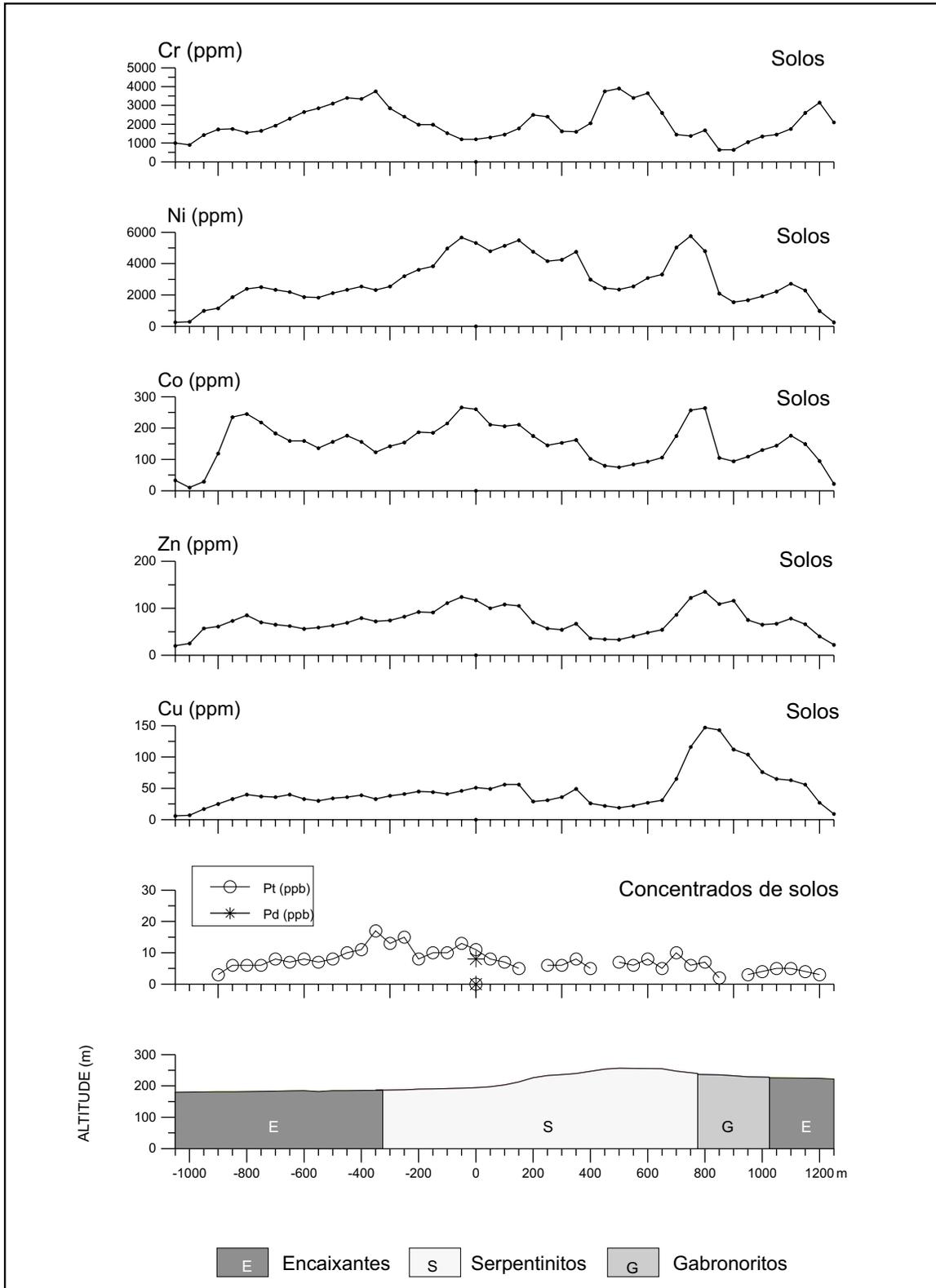


Figura 55 - Serra do Jacaré - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT - 6000
 Material: Solos (Cr, Ni, Zn, Co, Cu) Concentrados de solo (Pt, Pd)

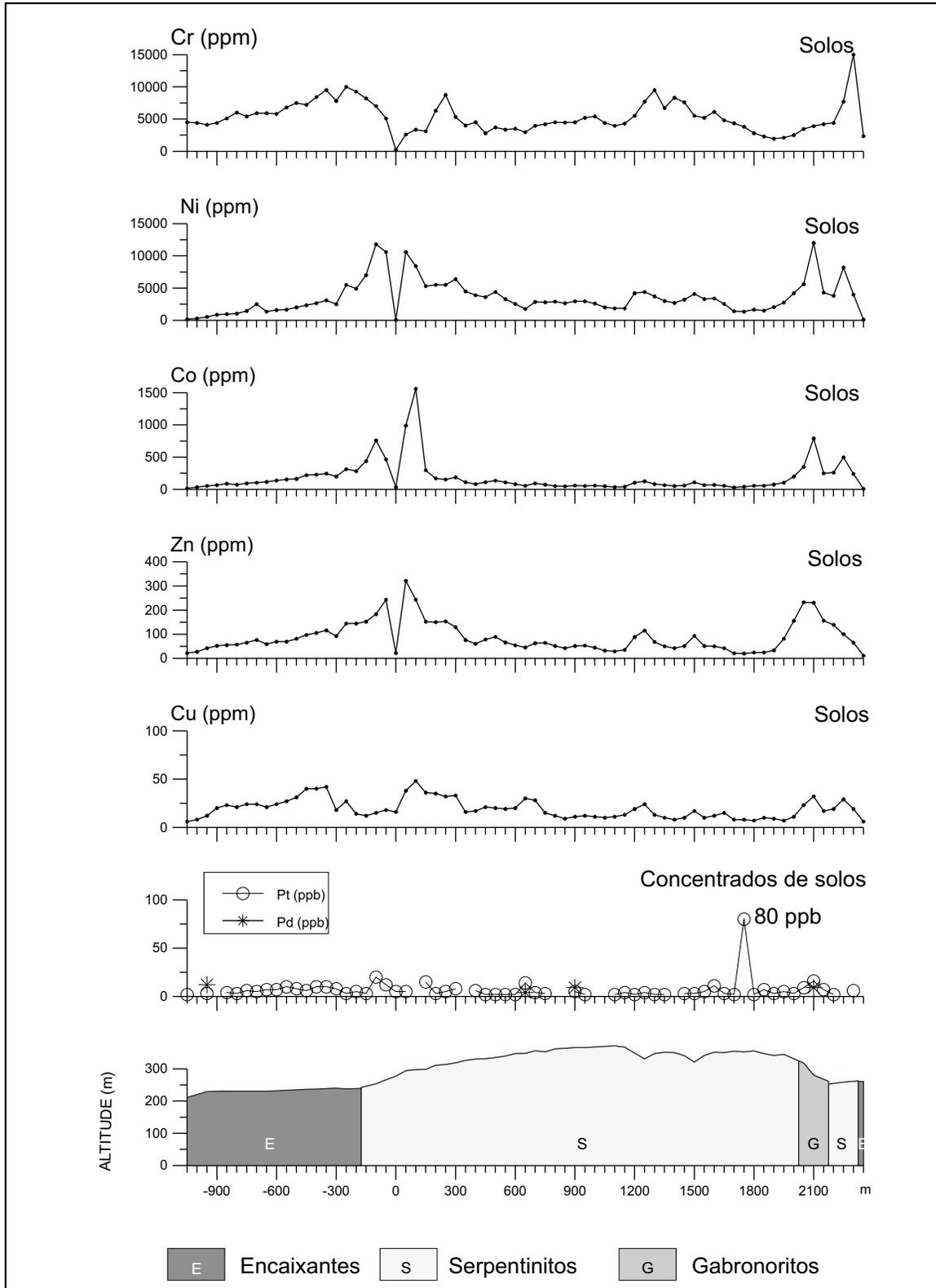


Figura 56 - Serra do Jacaré - Perfís Geoquímicos e Geológico - LT - 18000
 Material: Solos (Cr, Ni, Zn, Co, Cu) Concentrados de solo (Pt, Pd)

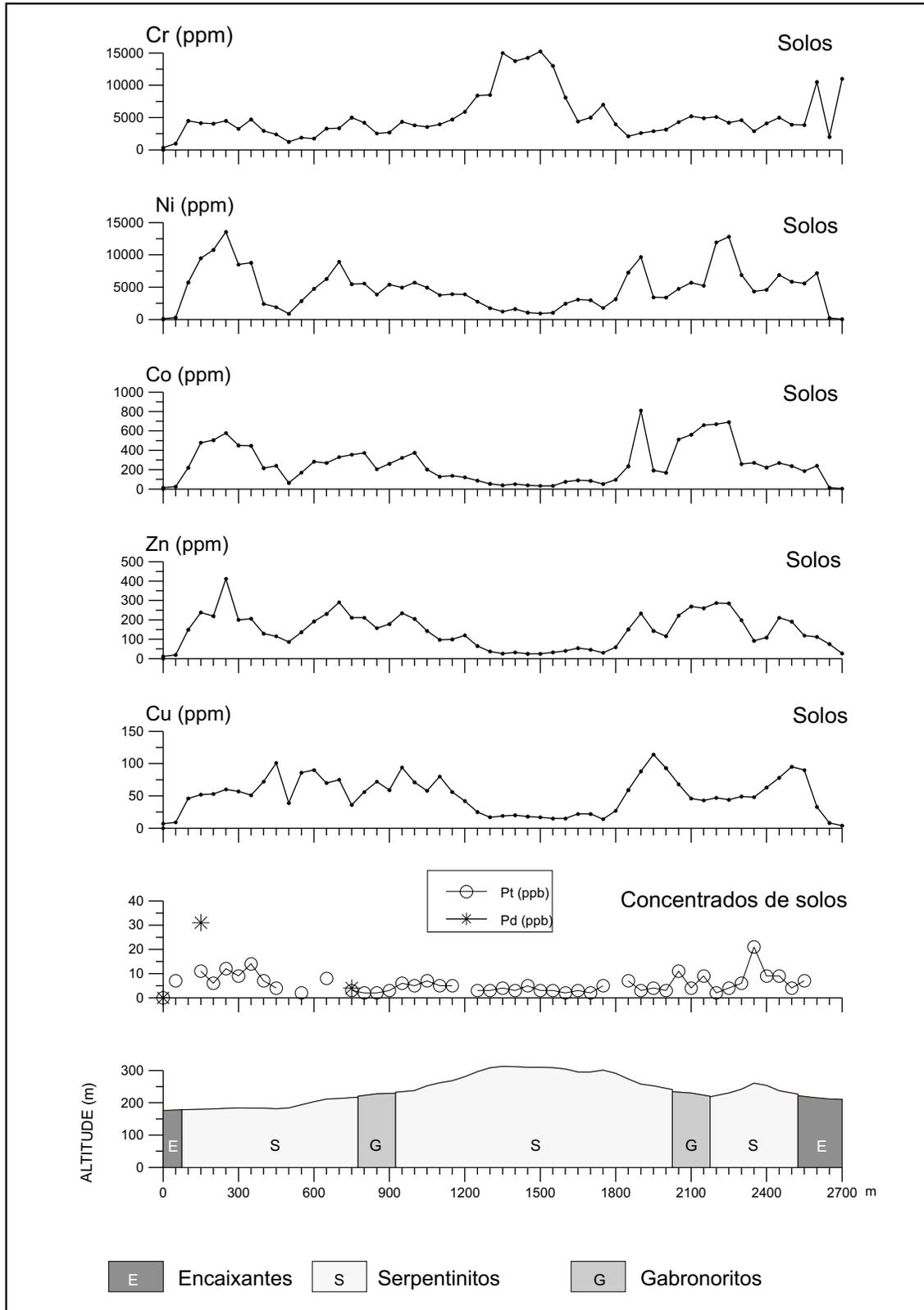


Figura 57 - Serra do Jacaré - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT - 10000
 Material: Solos (Cr, Ni, Zn, Co, Cu) Concentrados de solo (Pt, Pd)

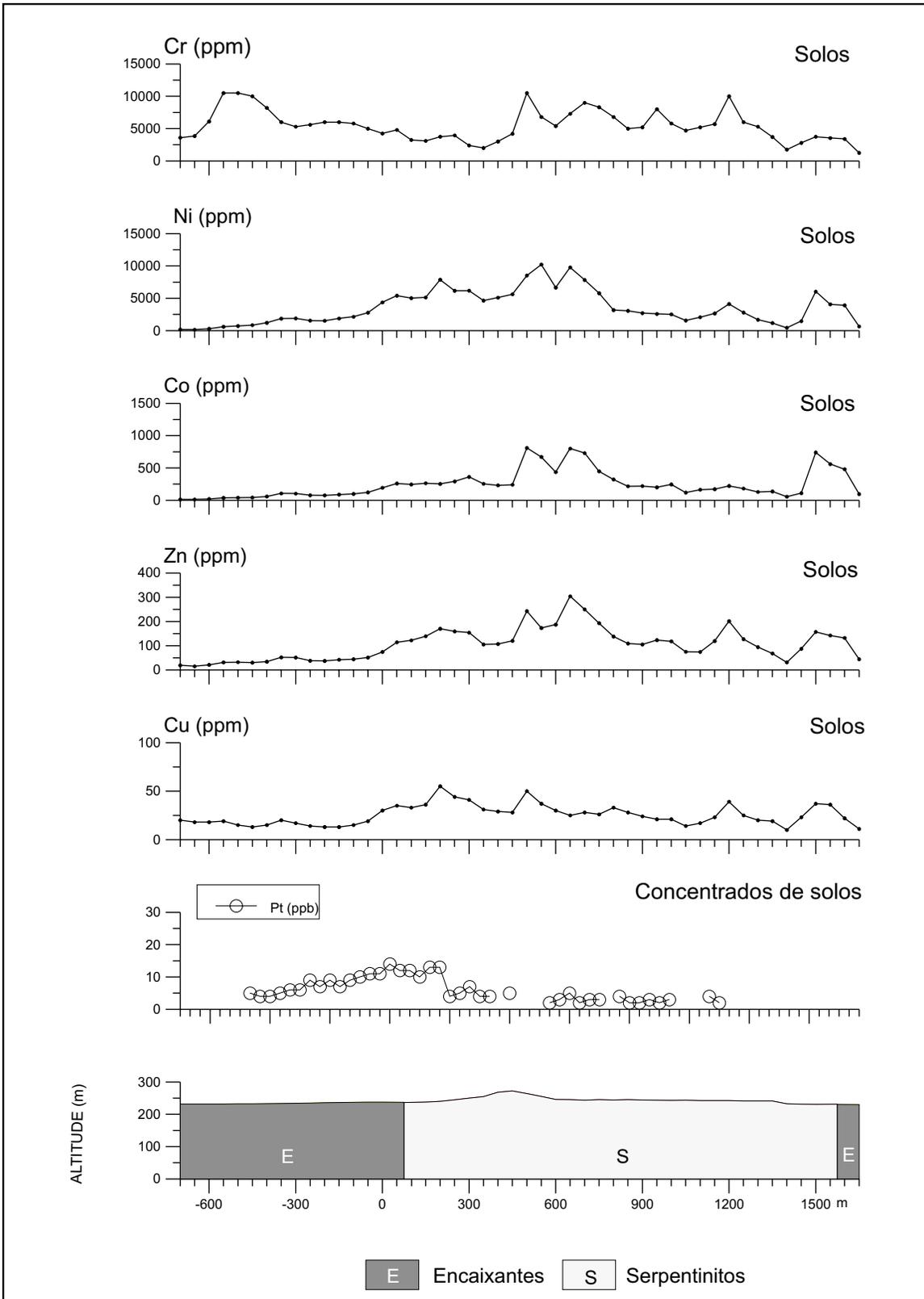


Figura 58 - Serra do Jacaré - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT - 20000
 Material: Solos (Cr, Ni, Zn, Co, Cu) Concentrados de solo (Pt, Pd)

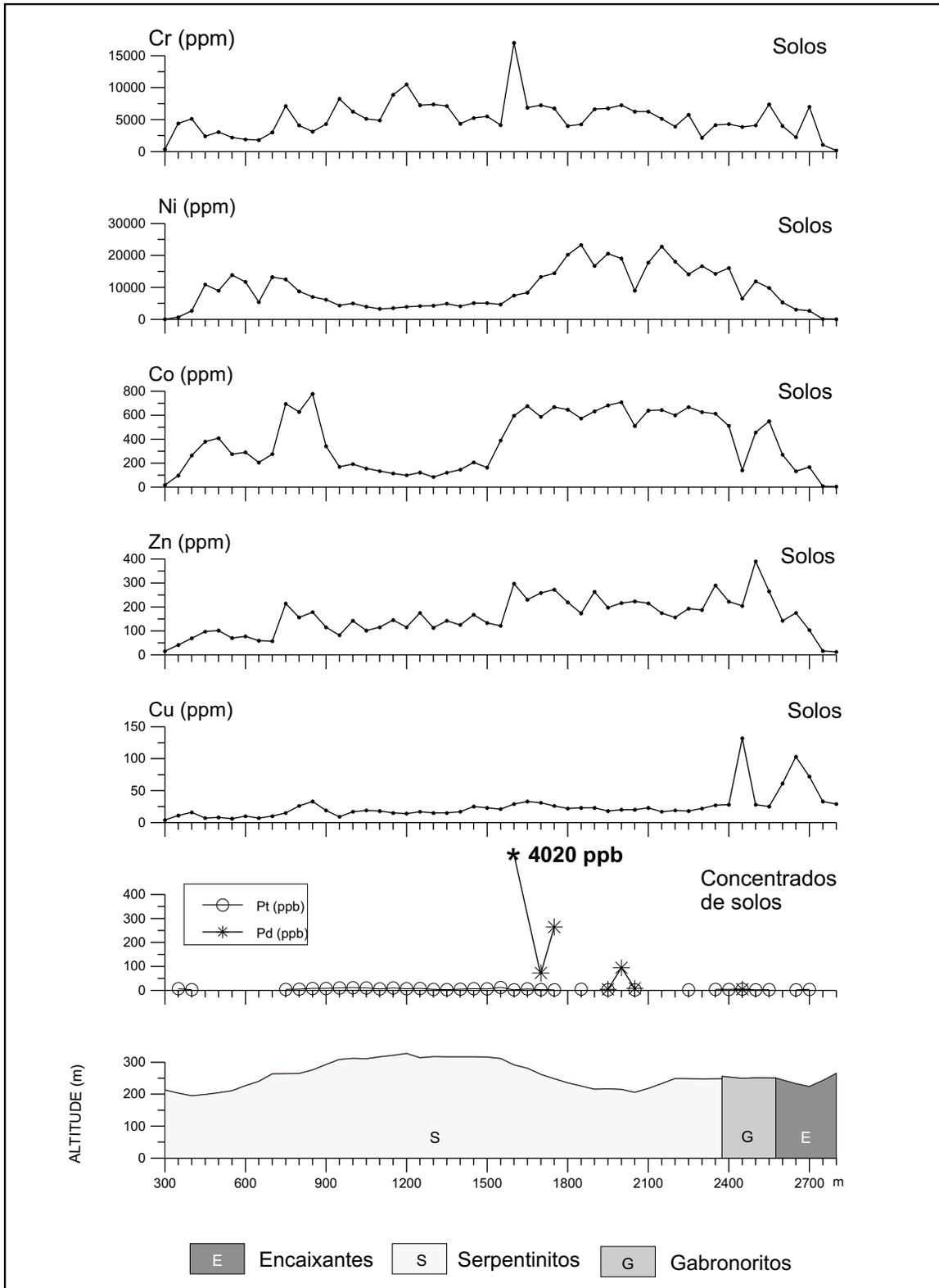


Figura 59 - Serra do Jacaré - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT - 14000
 Material: Solos (Cr, Ni, Zn, Co, Cu) Concentrados de solo (Pt, Pd)

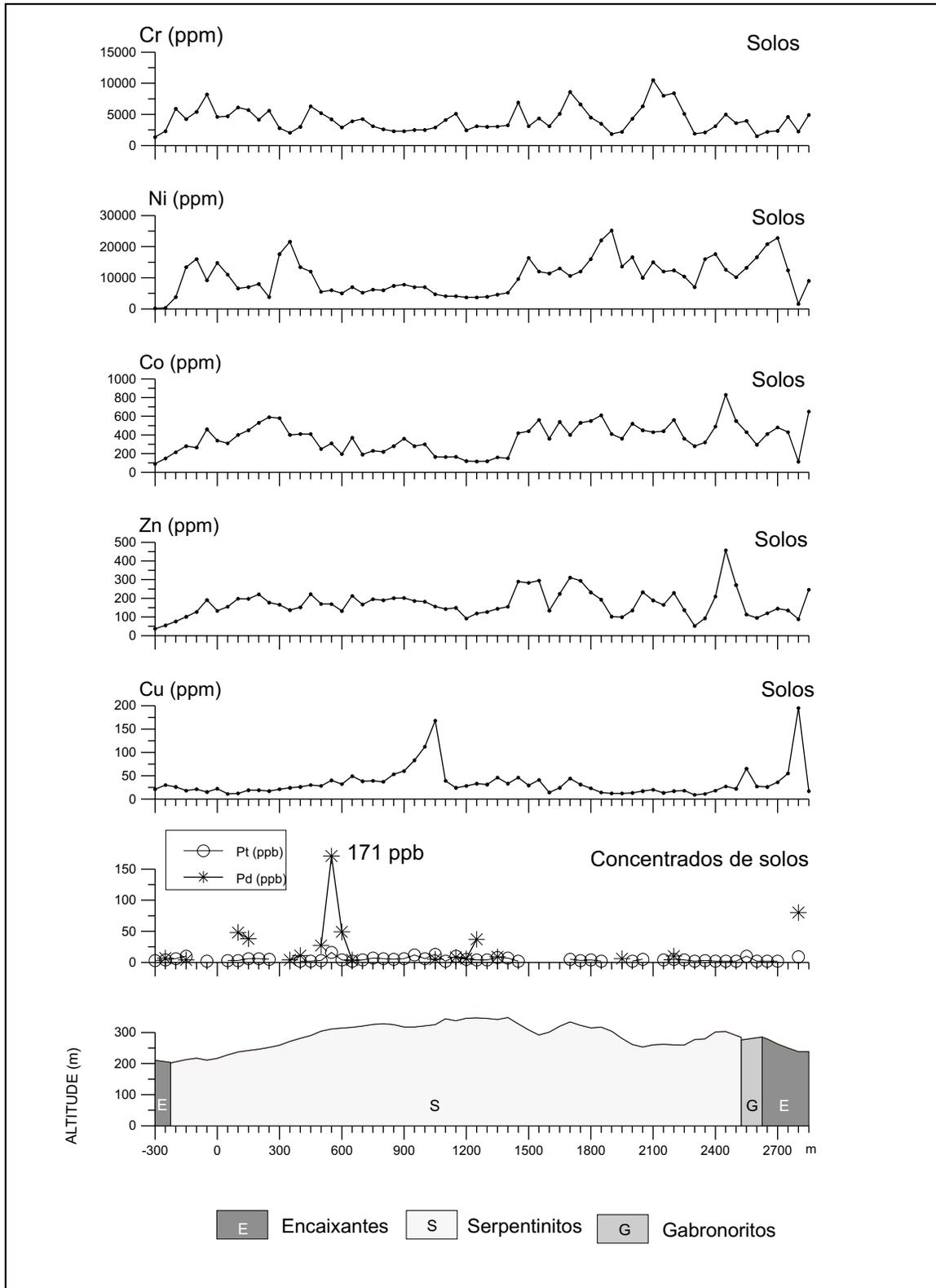


Figura 60 - Serra do Jacaré - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT - 18000
 Material: Solos (Cr, Ni, Zn, Co, Cu) Concentrados de solo (Pt, Pd)

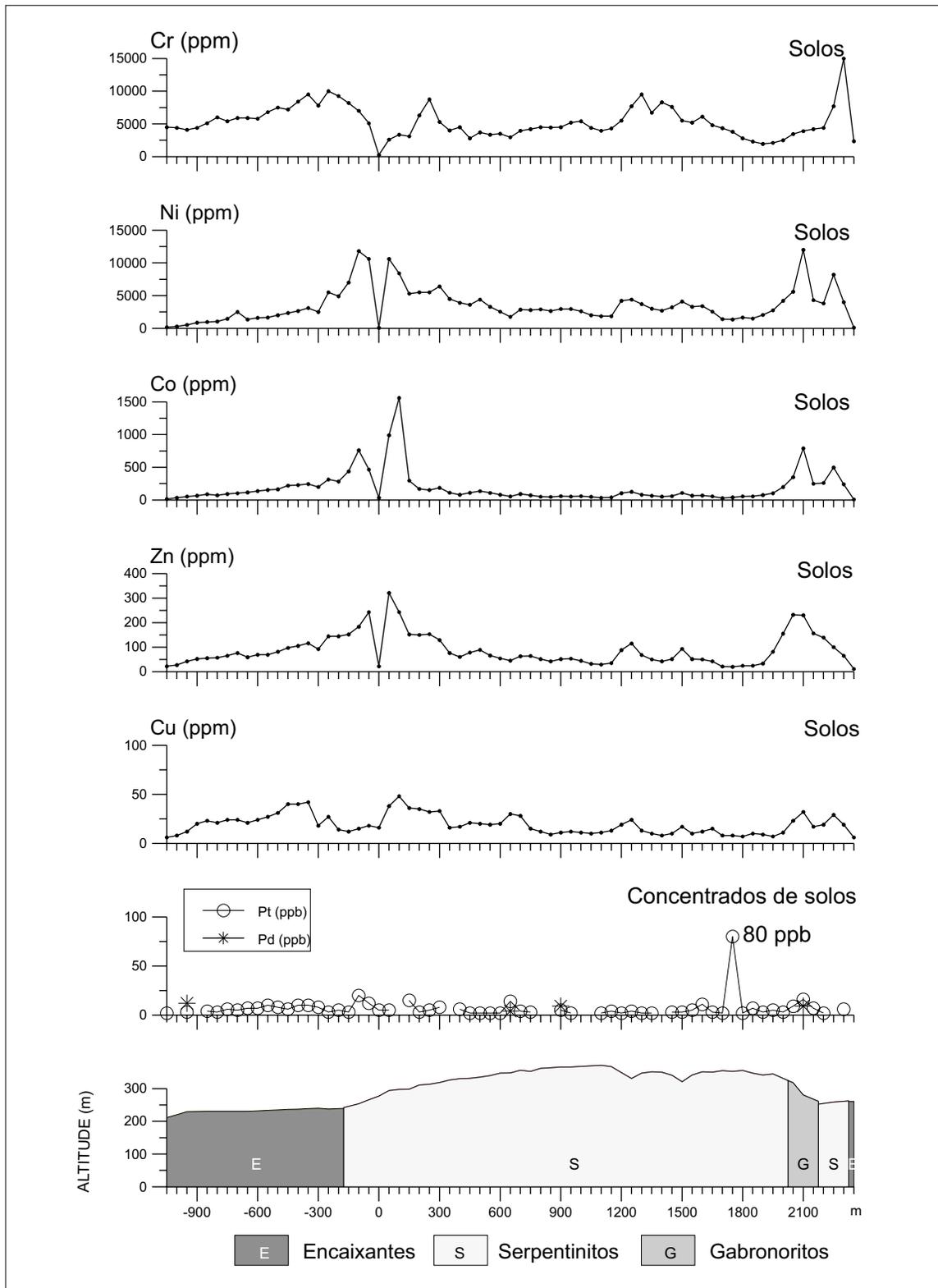


Figura 61 - Serra do Jacaré - Perfís Geoquímicos e Geológico - LT - 18000
 Material: Solos (Cr, Ni, Zn, Co, Cu) Concentrados de solo (Pt, Pd)

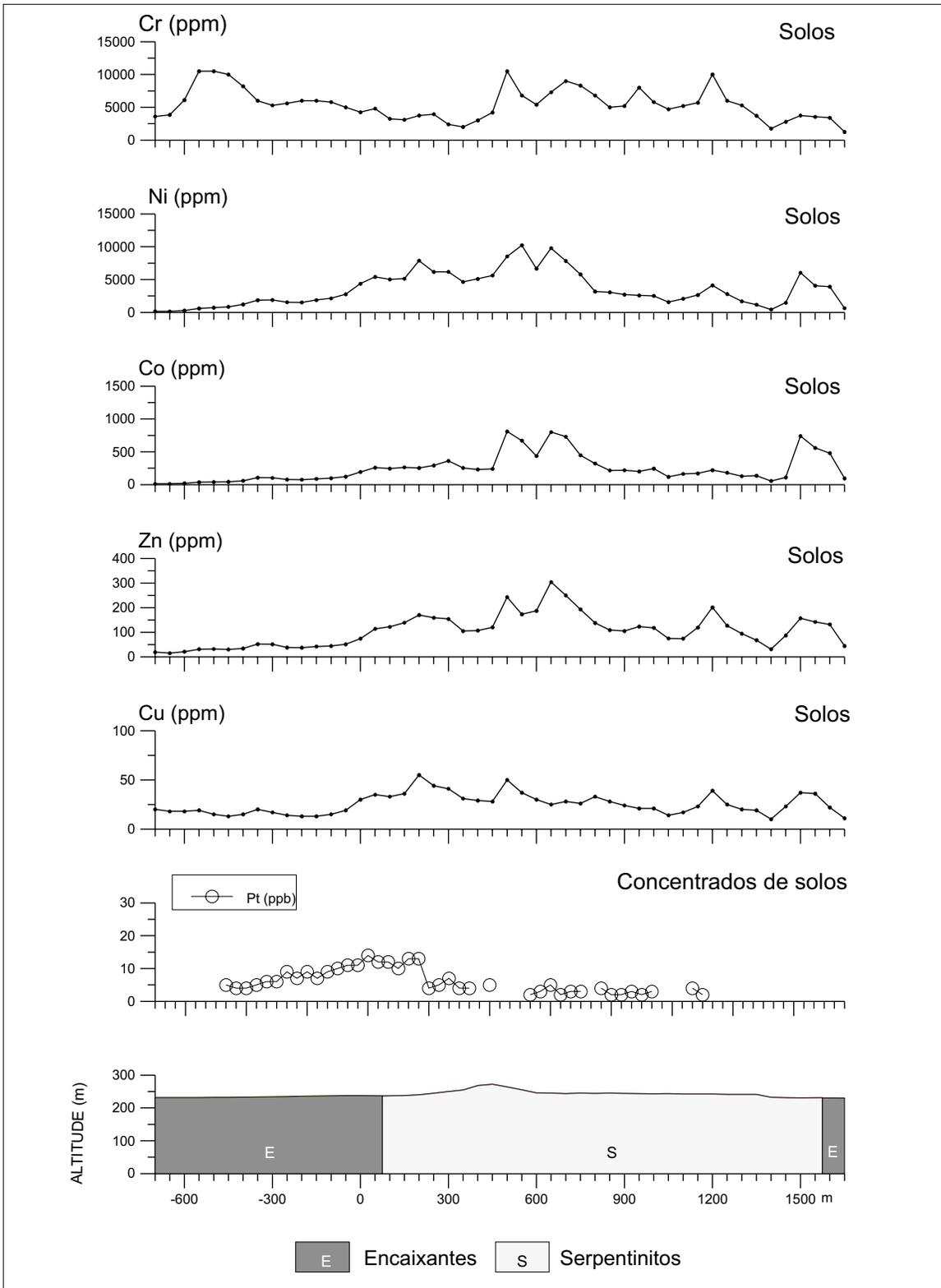


Figura 62 - Serra do Jacaré - Perfis Geoquímicos e Geológico - LT - 20000
 Material: Solos (Cr, Ni, Zn, Co, Cu) Concentrados de solo (Pt, Pd)

os mais baixos valores situarem-se no domínio das rochas encaixantes.

- Os solos originados das rochas serpentínicas apresentam os maiores teores de Zn (148 ppm), seguidos pelos provenientes dos gabros (74 ppm) e das rochas encaixantes (55 ppm). Esses valores estão compatíveis com os estabelecidos por Levinson (1974), como normais para solos. Entretanto, à semelhança do observado para o Cu e de acordo com os padrões estabelecidos pelo mencionado autor, os gabros, e conseqüentemente os solos originados, deveriam apresentar os maiores enriquecimentos. Ao longo dos perfis geoquímicos (**Figuras 52 a 62**) o Zn não apresenta uma boa correspondência com os diferentes substratos rochosos. Salienta-se ainda que esse elemento, devido às suas características geoquímicas, não pertence a uma filiação máfico-ultramáfica, em razão do que, é possível que sua presença esteja refletindo um evento independente do magmatismo Cateté.

- Os mais elevados teores de Cu foram observados nos solos provenientes dos serpentinitos (38 ppm), seguidos pelos originados dos gabros (36 ppm) e das rochas encaixantes (27 ppm). Esses valores estão de acordo com os padrões considerados por Levinson (1984), como normais em solos. Entretanto, a ordem de valores decrescentes observada para os solos (serpentinito-gabro-rocha encaixante) não está de acordo com o esperado para uma seqüência normal de diferenciação magmática, onde os gabros, e conseqüentemente os solos originados, deveriam apresentar os maiores teores em Cu. Examinando os perfis geoquímicos (**Figuras 52 a 62**) verifica-se que em alguns (LT-4.000), os teores de Cu mantêm uma relativa correspondência com o substrato rochoso; entretanto, na maioria dos perfis não se observa uma perfeita correlação.

- Em termos de dispersão geoquímica e tendo por base os valores de desvio padrão (**Tabelas 16 a 18**), verifica-se que o Cu, Zn e Ni apresentam a maior mobilidade geoquímica nos solos originados dos serpentinitos; o Co nos solos provenientes dos gabros e o Cr, nos das rochas encaixantes.

- No que se refere às anomalias geoquímicas (estatísticas) foram detectadas 143 valores anômalos, sendo 28 de Cu, 21 de Zn, 34 de Co, 33 de Ni e 27 de Cr. No âmbito das rochas encaixantes foram reveladas 7 anomalias de Cu (≥ 73 ppm), 9 de Zn (≥ 137 ppm), 4 de Co (≥ 1.102 ppm), 9 de Ni (≥ 4.478 ppm) e 8 de Cr (≥ 8.740 ppm); nos solos originados dos serpentinitos foram detectados 17 valores anômalos de Cu (≥ 94 ppm), 11 de Zn (≥ 318 ppm), 27 de Co (≥ 5.685 ppm), 20 de Ni (≥ 15.148 ppm) e 16 de Cr (≥ 9.822 ppm); no domínio dos solos provenientes das rochas gabróicas foram detectadas 4 anomalias de Cu (≥ 140 ppm), 1 de Zn (≥ 315 ppm), 3 de Co (≥ 6.706 ppm), 4 de Ni (≥ 13.050 ppm) e 03 de Cr (≥ 6.861 ppm).

- A plotagem e a integração das anomalias acima descritas permite o estabelecimento de faixas anômalas (**Figura 63**), que estão sendo interpretadas de maneira concordante com o alongamento do corpo máfico-ultramáfico. O Co foi o elemento que apresentou o maior número de valores anômalos, seguido pelo Ni, Cu, Cr e Zn.

- Verifica-se (**Figura 63**) que as faixas anômalas distribuem-se em todo o corpo máfico-ultramáfico, apresentando, entretanto, uma concentração na porção central entre as transversais LT-8.000 e LT-18.000. Integrando-se e interpretando-se o posicionamento geográfico dessas faixas anômalas e tendo por base o fundo geológico foram revelados 2 alvos para pesquisa, numerados por ordem decrescente de prioridade para pesquisa. Assim o Alvo 1So, o mais importante, localiza-se na borda ocidental da serra do Jacaré, abrange uma área de cerca de 24 km², onde ocorrem serpentinitos, gabros e rochas encaixantes, e foi delimitado por anomalias de Ni, Cu, Co, Zn e Cr. O Alvo 2So situa-se na porção leste do corpo máfico-ultramáfico, entre as transversais LT-6.000 e LT-12.000, ocupa uma área também de aproximadamente 24 km² e abrange rochas encaixantes, serpentinitos e gabros; foi revelado por faixas anômalas em Cu, Co, Zn e Cr. Observando-se a **Figura 63** verifica-se que além dos mencionados alvos geoquímicos, no domínio da serra do Jacaré, foram reveladas outras faixas

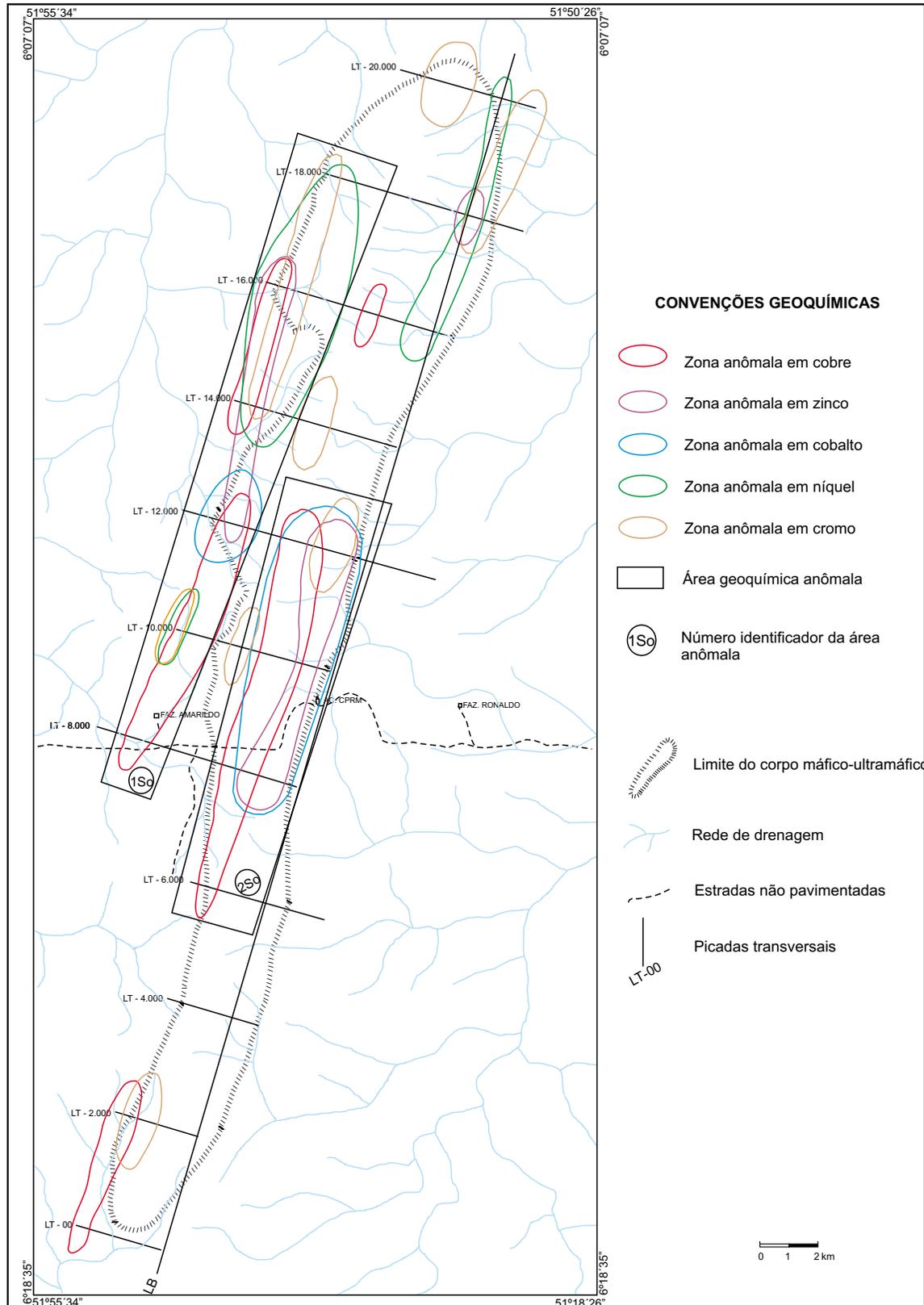


Figura 63 - Mapa de zonas geoquímicas anômalas nos solos do Alvo Serra do Jacaré

anômalas em Cu, Cr, Ni e Zn, as quais, estão sendo consideradas de importância secundária.

- Integrando-se e interpretando-se as informações acima, considera-se que as anomalias de Cu, Co, Ni e Zn são sugestivas da presença de mineralizações sulfetadas. As faixas anômalas de Cu, Co e Ni, estão compatíveis com o contexto máfico-ultramáfico mapeado na serra do Jacaré. As anomalias de Zn, não devem estar associadas a esse contexto devido às características ácidas desse elemento; é provável que o Zn pertença a um outro contexto geológico-metalogenético, independente do magmatismo Cateté, tal como as atividades hidrotermais relacionadas ao pluto-vulcanismo Velho Guilherme/Uatumã. As faixas anômalas de Cr devem estar relacionados à cromita, que ocorrem disseminadas nos serpentinitos; entretanto, podem constituir cromititos. No que se refere à potencialidade para EGP, esses podem estar associados a faixas anômalas de Ni-Co-Cu, na forma de mineralizações sulfetadas ou relacionadas às anomalias de Cr, junto às cromitas.

9.4.4 CONCENTRADOS DE SOLO

A metodologia de interpretação geoquímica dos concentrados de solo foi semelhante à utilizada para os solos. Inicialmente todos os dados analíticos foram reunidos em uma População Global (considerando uma distribuição lognormal) e submetidos ao Programa Statistica, que forneceu os parâmetros estatísticos que constam da **Tabela 15**. Para uma melhor representatividade e interpretação dos resultados analíticos a População Global foi dividida, de acordo com a natureza do substrato rochoso, em 3 populações: Rochas Encaixantes, Serpentinitos e Gabros. Para cada uma dessas populações foram calculados o número de amostras (n), a média (M), o desvio padrão (σ), o valor mínimo, o valor máximo e a anomalia ($M+2\sigma$), para os elementos analisados: Au, Pt e Pd; esses parâmetros constam das **Tabelas 16** (Rochas Encaixantes), **17** (Serpentinitos) e **18** (Gabros). Para uma melhor visualização do comportamento geoquímico da Pt e Pd foram confecciona-

dos perfis geoquímicos, tendo por base a correspondente unidade litológica, para cada uma das 11 transversais, conforme pode ser observado nas **Figuras 52 a 62**.

A integração e interpretação dos dados acima permitem as seguintes considerações:

- Baseado no valor médio (**Tabelas 16 a 18**) verifica-se que os concentrados de solo originados dos serpentinitos exibem os maiores teores de Pd (0,047 ppm) e Pt (0,007 ppm), enquanto que os dos gabros exibem os maiores conteúdos de Au (0,055 ppm). Esses valores são superiores aos fornecidos por Levinson (1974) como a abundância média da crosta terrestre (Pd-0,004 ppm; Pt-0,002 ppm; Au-0,004 ppm).

- Considerando-se a dispersão geoquímica e tendo por base o valor do desvio padrão (**Tabelas 16 a 18**) observa-se que os concentrados de solo coletados no domínio dos serpentinitos apresentam a maior mobilidade geoquímica em termos de Pt e Pd. Com relação ao Au, a maior dispersão geoquímica foi observada nos concentrados de solo relacionados ao substrato gábrico.

- Integrando-se os parâmetros acima com os padrões de mobilidade geoquímica para ambientes ácidos e oxidantes (Levinson, 1974), como o da serra do Jacarezinho, verifica-se que o Au, Pt e Pd exibem uma média a baixa mobilidade. Como o material amostrado é o concentrado de solo, admite-se, em princípio, uma dispersão mecânica, através da qual esses elementos podem migrar na forma de minerais resistentes ou associados a concreções ferruginosas.

- Observando-se o comportamento do Pd e da Pt ao longo dos perfis geoquímicos (**Figuras 52 a 62**) constata-se que esse último elemento é mais abundante, sendo detectado em todos os perfis. Quanto ao Pd, foi detectado em 9, dos 11 perfis geoquímicos, não sendo revelado apenas nos perfis (**Figuras 52 a 62**) situados nos extremos do corpo máfico-ultramáfico. A presença desses elementos foi verificada nos concentrados de solos provenientes dos 3 litótipos considerados (rochas encaixantes, serpen-

tinitos e gabros). Entretanto, a maior frequência e os mais elevados teores de Pt e Pd foram detectados em concentrados de solos derivados das rochas serpentínicas, conforme exemplificado nas LT-2.000 (**Figura 53**) e LT-4.000 (**Figura 54**). Entre os perfis geoquímicos, destacam-se os que apresentam a maior abundância, em termos dos elementos analisados, as LT-6.000 a LT-18.000 (**Figuras 35 a 61**). Esse trecho corresponde à porção central da serra do Jacaré e compreende cerca de 12 km ao longo do corpo máfico-ultramáfico. Em termos de valores absolutos, o mais alto resultado foi de 4,02 ppm detectado na LT-14.000 (**Figura 59**), em concentrados de solo provenientes de rochas serpentínicas. Destacam-se ainda as transversais: LT-12.000 (**Figura 58**), LT-16.000 (**Figura 60**) e LT-18.000 (**Figura 61**).

- Considerando-se os concentrados de solo provenientes das 3 populações, assim como os resultados analíticos de Au, Pt e Pd, foi possível estabelecer 55 anomalias, sendo 32 de Pt, 19 de Au e 4 de Pd. Nos concentrados de solo originados das rochas encaixantes foram reveladas 7 anomalias de Au ($\geq 0,064$ ppm) e 1 de Pd ($\geq 0,076$ ppm) e 11 de Pt ($\geq 0,012$ ppm); no domínio dos concentrados de solo provenientes dos serpentinitos foram detectados 10 valores anômalos de Au ($\geq 0,036$ ppm), 3 de Pd ($\geq 0,120$ ppm) e 16 de Pt ($\geq 0,019$ ppm); enquanto que, nos provenientes dos gabros, 2 de Au ($\geq 0,132$ ppm) e 4 de Pt ($\geq 0,014$ ppm).

- Plotando-se esses valores em mapa (**Figura 64**) e tendo por base o mapeamento geológico foi possível delimitar faixas anômalas, as quais estão sendo interpretadas de maneira concordante com o alongamento do corpo máfico-ultramáfico. Examinando esse contexto, verifica-se que as faixas anômalas de Pt, Pd e Au estão dispersas por todo o corpo máfico-ultramáfico. Entretanto, apenas na porção central do corpo, na região compreendida pelas transversais LT-6.000 e LT-10.000 é possível observar a superposição das zonas anômalas. Dessa maneira, foi possível estabelecer 2 alvos geoquímicos, os quais estão sendo numerados por ordem decrescente de prioridade para pesquisa. Então, o Alvo 1Cs, que é o

mais importante, abrange uma área de cerca de 10 km², compreende rochas serpentínicas, gabróicas e encaixantes e foi delimitado por anomalias de Pt e Au. O Alvo 2Cs, ocupa uma área de aproximadamente 2 km², na borda ocidental do corpo máfico-ultramáfico, onde ocorrem rochas serpentínicas e encaixantes e foi revelado por valores anômalos de Au e Pd.

- Integrando-se e interpretando-se as informações acima verifica-se que as zonas anômalas em Pt são as mais abundantes, seguidas pelas de Au e Pd. Considerando-se as condições ácidas e oxidantes, do ambiente secundário, da região da serra do Jacaré e admitindo-se uma dispersão mecânica dos concentrados de solo, acredita-se que os elementos considerados podem ocorrer na forma de minerais resistatos e/ou em concreções ferruginosas. As anomalias situadas no domínio das rochas encaixantes são consideradas como transportadas do corpo máfico-ultramáfico. As associações geoquímicas Au-Pd e Au-Pt, podem ser originadas diretamente do processo de evolução magmática do corpo máfico-ultramáfico. A fonte primária das anomalias de Au, pode também estar relacionada a processos de remobilizações, associados às atividades hidrotermais que ocorreram após o *emplacement* do corpo máfico-ultramáfico. As anomalias de Pt e Pd devem estar primariamente associadas a mineralizações sulfetadas ou a níveis de cromititos, possivelmente presentes no pacote de serpentinitos.

9.4.5 SEDIMENTOS DE CORRENTE

Foram coletadas 25 amostras de sedimentos de corrente no Alvo Serra do Jacaré, o que fornece uma densidade média de 2 a 3 km²/amostra. A descrição do método de amostragem e do procedimento analítico, podem ser observados no **Capítulo 2** deste Informe Técnico. Os sedimentos de corrente foram analisados para Cu, Zn, Co, Ni e Cr.

Como observado nos demais alvos trabalhados, a serra do Jacaré constitui um divisor de águas com as drenagens cortando transversalmente o corpo máfico-ultramáfico. Em consequência cada amostra de

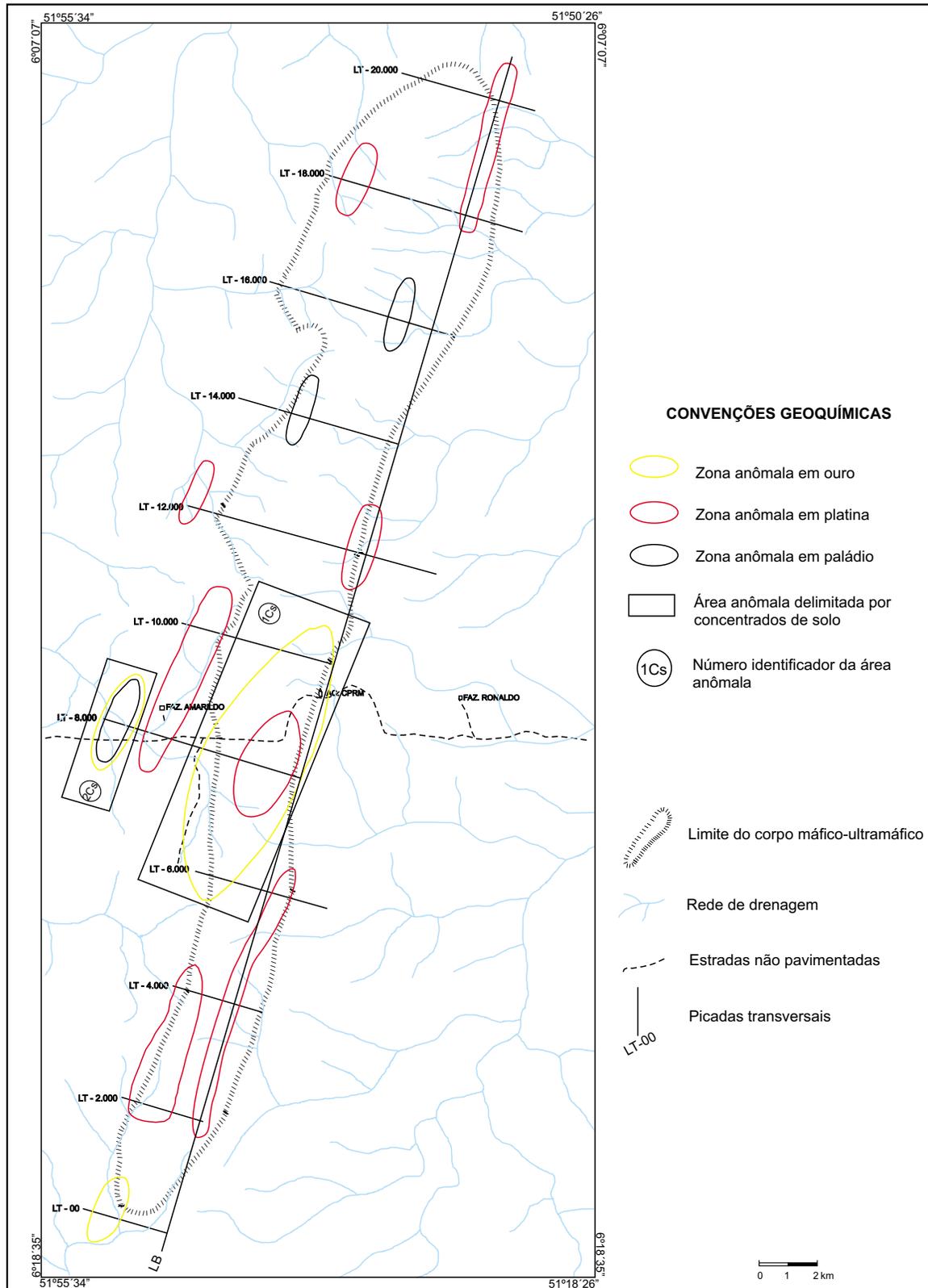


Figura 64 - Mapa das Zonas Anômalas de Concentrados de Solo no Alvo Serra do Jacaré

sedimento de corrente é composta por material procedente de diversos litótipos, representando assim, uma mistura de populações. Nessas condições, para uma melhor representatividade e interpretação dos dados geoquímicos foi considerada a População Global, que reúne todos os resultados geoquímicos. Esses resultados foram tratados pelo Programa Statistica que forneceu o Sumário Estatístico (**Tabela 15**).

Com base nas considerações acima foram detectadas 6 anomalias geoquímicas (estatística) sendo 1 de Cu (≥ 23 ppm), 1 de Zn (≥ 194 ppm), 1 de Co (≥ 357 ppm), 1 de Ni (≥ 6.313 ppm) e 2 de Cr (≥ 18.982 ppm). Plotando-se esses valores em mapa (**Figura 65**), verificam-se que os valores anômalos concentram-se na porção mediana e na extremidade norte do corpo máfico-ultramáfico, particularmente, nas proximidades da LT-12.000 e LT-18.000, respectivamente. Nesse contexto, integrando-se as anomalias geoquímicas com o mapeamento geológico foi possível identificar 2 alvos geoquímicos que estão sendo numerados, por ordem decrescente de prioridade de pesquisa. Assim, o Alvo 1Sc, o mais importante, situa-se na área de influência de LT-12.000, abrange uma área de cerca de 3 km², onde ocorrem rochas encaixantes, serpentinitos e gabros e foi delimitado por 2 valores anômalos de Cr (PS-103 e PS-104), situados em drenagens paralelas. O Alvo 2Sc ocupa uma área de aproximadamente 1,5 km², localizada na porção norte do corpo máfico-ultramáfico, abrange rochas serpentínicas e foi revelado pela amostra PS-108, que exibiu valores anômalos de Co e Ni. Conforme pode ser observado na **Figura 65**, ainda estão presentes outros valores anômalos (Zn e Cu), os quais, devido ao seu caráter isolado, estão sendo considerados de importância secundária.

As anomalias de Cr possivelmente estão relacionadas às cromitas que podem estar dispersas ou formando cromititos no pacote de serpentinitos. Os valores anômalos de Ni e Co podem estar relacionados às mineralizações sulfetadas também presentes nos serpentinitos.

9.4.6 CONCENTRADOS DE ALUVIÃO

No domínio do Alvo Serra do Jacaré foram coletadas 25 amostras de concentrados de aluvião. A metodologia de amostragem e de análise foi semelhante à utilizada nos demais alvos trabalhados e a sua descrição consta do **Capítulo 2** deste Informe Técnico. Os concentrados de aluvião foram analisados para Au, Pd e Pt.

À semelhança do que ocorre com os sedimentos de corrente, as amostras de concentrados de aluvião também representam uma mistura de populações. Em vista disto e objetivando uma melhor representatividade dos resultados geoquímicos, esses foram reunidos em uma População Global. Os dados dessa população foram tratados pelo Programa Statistica, que forneceu os parâmetros estatístico que constam do Sumário Estatístico para o Alvo Serra do Jacaré (**Tabela 15**).

Com a execução do tratamento estatístico constatou-se que os valores de Au, Pt e Pd não foram suficientemente elevados para serem considerados como anômalos. Em vista da importância desses elementos na presente prospecção geoquímica e como foram poucas as amostras em que os mesmos foram detectados, esses resultados estão sendo considerados como Valores Significativos. Assim, para o Au foram constatados 5 resultados variando de 0,001 ppm a 0,102 ppm; para a Pt, 3 valores de 0,003 ppm a 0,040 ppm e o Pd não foi detectado. Plotando-se esses resultados em mapa (**Figura 65**) verifica-se que eles apresentam-se dispersos na área de pesquisa, com exceção do Au. Para esse elemento, 3 amostras (PS-96, PS-97 e PS-98) estão concentradas na extremidade sul do corpo máfico-ultramáfico; constituem um alvo geoquímico (1Ca) com cerca de 6 km² onde afloram rochas encaixantes, serpentinitos e gabros. No atual estágio da pesquisa, ainda se desconhece a fonte primária do Au, podendo estar diretamente relacionada à evolução do magmatismo Cateté ou às remobilizações associadas às atividades hidrotermais do pluto-vulcanismo Uatumã, que ocorreu após a colocação do corpo máfico-ultramá-

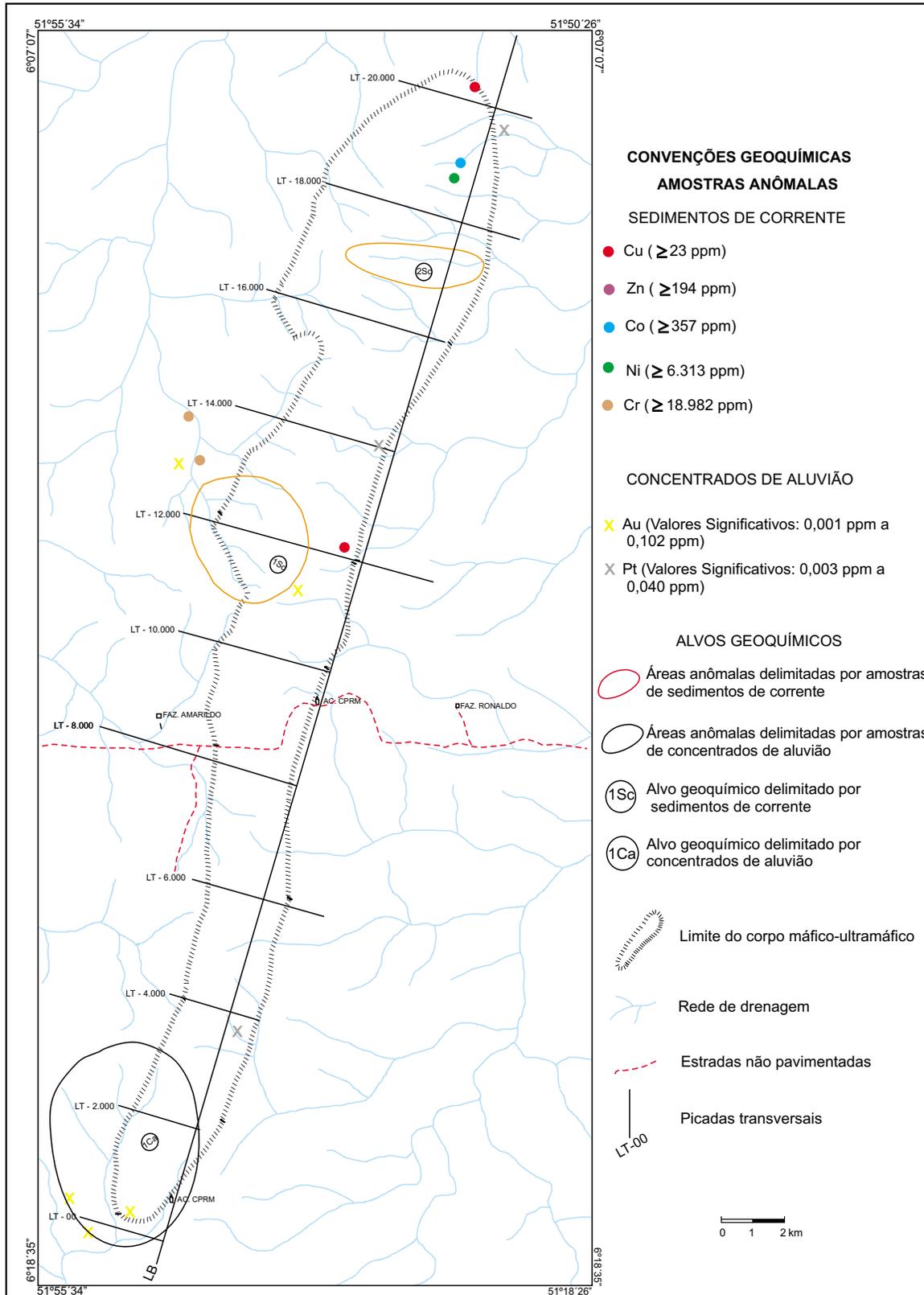


Figura 65 - Mapa de zonas anômalas (geoquímica) delimitadas por sedimentos de corrente e concentrados de aluvião no Alvo Serra do Jacaré

fico. Conforme pode ser observado na **Figura 65** estão presentes outros valores significativos de Au, os quais são considerados de importância secundária. Ainda de acordo com a citada figura pode-se observar que os valores significativos de Pt apresentam-se dispersos no domínio do corpo máfico-ultramáfico, sem constituir um importante alvo prospectivo.

9.4.7 CONSIDERAÇÕES GEOQUÍMICAS

A integração dos resultados geoquímicos provenientes da amostragem de solo, concentrados de solo, sedimentos de corrente e concentrados de aluvião permite estabelecer as seguintes considerações:

- Os resultados geoquímicos dessa prospecção revelaram, nos diferentes materiais amostrados, importantes alvos para pesquisa de EGP, Cr, Au e mineralizações sulfetadas de Cu, Ni, Co e Zn.

- Uma dificuldade encontrada nessa prospecção foi a falta de uma maior sensibilidade analítica no método de dosagem do Pd, o que impediu uma melhor avaliação do Alvo Serra do Jacaré. Um outro empecilho foi a contaminação/perda das amostras ocorrida durante a preparação analítica. Em fato impediu o fornecimento dos resultados de Cu, Ni, Cu, Zn e Cr para os concentrados de solo e de aluvião.

- Comparando-se os resultados analíticos obtidos para os elementos analisados nos diferentes materiais amostrados, verifica-se que os solos apresentam um maior enriquecimento em Cu, Zn, Co e Ni; os sedimentos de corrente, em Cr; os concentrados de aluvião, em Au e Pt e os concentrados de solo, em Pd. Em termos de mobilidade geoquímica e considerando as condições ácidas e oxidantes da serra do Jacaré e os diferentes materiais amostrados, constata-se que o Cu, Zn, Co e Ni, nos solos, apresentam uma média a alta mobilidade geoquímica associada a uma dispersão hidromórfica, sob a forma de argilominerais. O Cr, nos sedimentos de corrente, o Au e o Pt nos concentrados de aluvião e o Pd nos concentrados de solo, exibem uma baixa mobilidade geoquímica relacionada a

minerais resistidos desses elementos, constituindo dispersões mecânicas. Salienta-se ainda que o Pt, Pd e Au, podem migrar associados às concreções ferruginosas.

- De uma maneira generalizada, os perfis geoquímicos exibem um padrão errático e não se observa uma correlação direta entre o comportamento dos diversos elementos analisados e os diferentes substratos rochosos. Em vista disto, admite-se para a região da serra do Jacaré, o desenvolvimento de um processo de homogeneização pedológica. Entretanto, apesar desse fenômeno, podem ser observados ao longo dos diversos perfis geoquímicos inúmeros valores anômalos, inclusive de EGP.

- Algumas anomalias geoquímicas estão situadas no domínio das rochas encaixantes. Em virtude do baixo potencial metalogenético para EGP do Granito Plaquê e das seqüências metavulcano-sedimentares do Grupo São Félix, essas anomalias são consideradas inconsistentes; admite-se que são produtos de materiais transportados oriundos das rochas máfico-ultramáficas situadas em posicionamento topográfico superior.

- Integrando-se os alvos geoquímicos detectados pelos diversos materiais amostrados, verifica-se que as mais importantes faixas anômalas localizam-se na porção central do corpo máfico-ultramáfico, entre as transversais LT-6000 e LT-12.000 (**Figura 66**). Nesse local ocorrem principalmente serpentinitos e corpos de gabros.

- Considerando-se os diversos materiais analisados, foram reveladas anomalias geoquímicas de Ni, Co, Cu, Cr, Zn, Au, Pt e Pd. Os 4 primeiros elementos refletem o contexto máfico-ultramáfico presente na serra do Jacaré. Esses elementos podem ser divididos em 2 grupos: a associação Ni-Co-Cu é sugestiva da presença de mineralizações sulfetadas, enquanto que o Cr é indicativo de cromita, a qual pode estar disseminada ou formando cromitito, ambos na seqüência serpentinitica. A fonte primária dos valores anômalos e significativos de EGP pode estar relacionada às mineralizações sulfetadas ou associ-

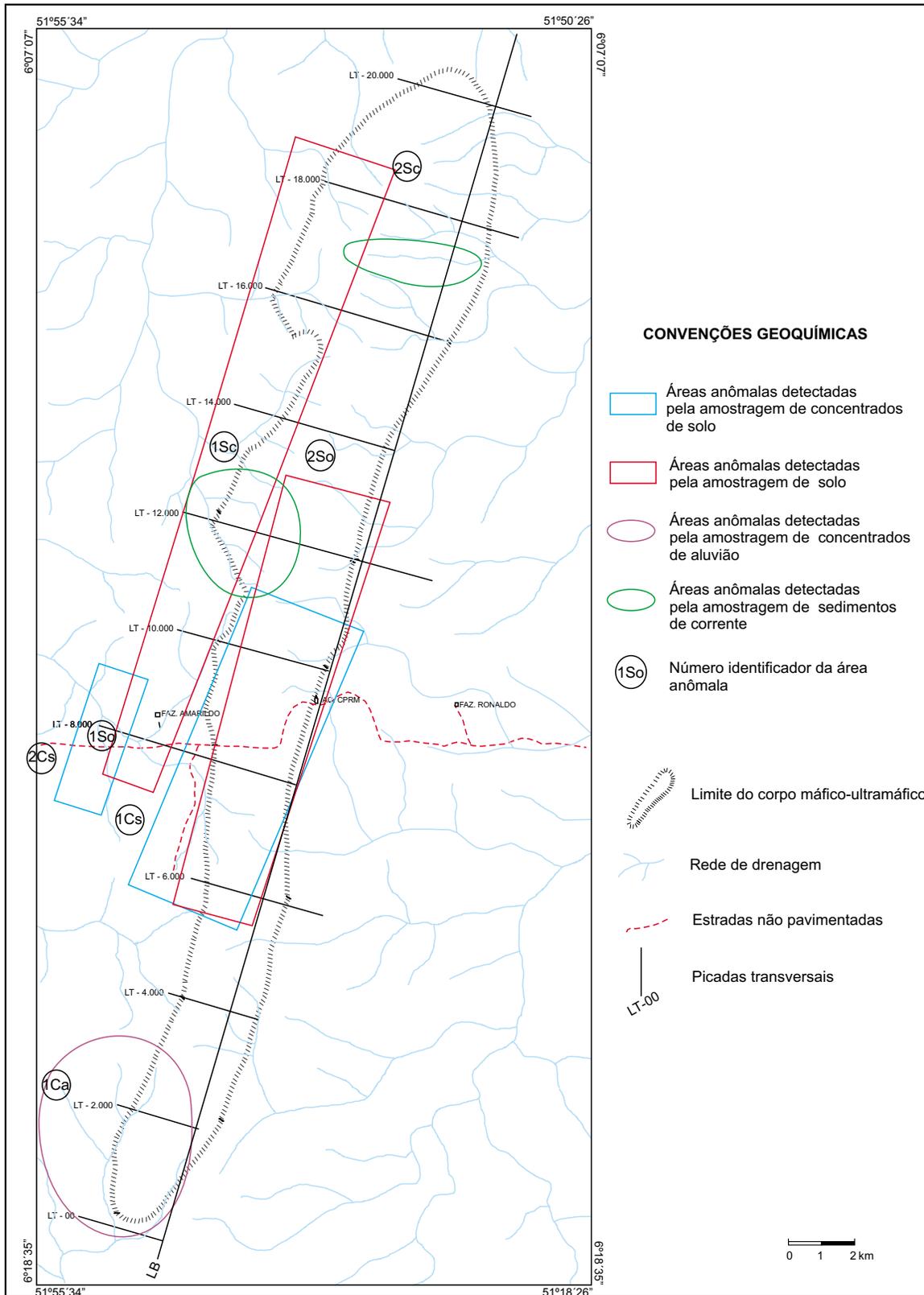


Figura 66 - Mapa integrado das principais áreas anômalas (geoquímica) do Alvo Serra do Jacaré

ada aos níveis de cromitito. Salieta-se no contexto da serra do Jacaré, que as anomalias de Pt são mais abundantes do que as observadas nos demais corpos máfico-ultramáficos pesquisados. As anomalias de Zn devem estar relacionadas a fraturamentos/atividades hidrotermais originadas do pluto-vulcanismo Uatumã, que ocorreu após a implantação do corpo máfico-ultramáfico. A fonte primária das anomalias geoquímicas de Au pode estar diretamente relacionada à evolução do magmatismo Cateté ou às remobilizações associadas às citadas atividades hidrotermais. As mais significativas anomalias de EGP estão associadas ao Cr na LT-14.000 e na LT-2.000; na LT-12.000, anomalias de EGP estão relacionadas a anomalias de Cr, Ni, Co e Zn; as transversais 10.000, 12.000, 16.000 e 18.000 são as que exibem a maior frequência de valores de Pt.

9.5 METALOGENIA DOS ELEMENTOS DO GRUPO DA PLATINA

A integração dos resultados alcançados durante os trabalhos na serra do Jacaré, permite sugerir que o CMSJ é um corpo de posicionamento intraplaca, intrusivo, associado a um regime tectônico distensivo e de natureza anorogênica. A presença de rochas serpentíníficas (dunitos), gabróicas e diabásio sugere a existência de um processo de cristalização magmática fracionada. Durante os estudos petrográficos não foram observadas feições petrográficas (cristais deformados, rotacionados e recristalizados, etc) que pudessem indicar que o CMSJ tivesse sido submetido a eventos deformacionais ou metamórficos.

O Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra do Jacaré é integrante da Suíte Intrusiva Cateté, a qual é considerada de idade paleoproterozóica (CPRM, 1997). Dessa

maneira, essa idade também é atribuída ao CMSJ.

Os resultados geoquímicos revelaram, nos diferentes materiais amostrados, alvos para pesquisa de EGP, Cr, Au e mineralizações sulfetadas de Cu, Ni, Co e Zn. Revelaram também que as mais importantes faixas anômalas localizam-se na porção central do corpo máfico-ultramáfico, entre as transversais LT-6.000 e LT-12.000, onde ocorrem serpentinitos e corpos de gabros. Os mais significativos alvos para pesquisa de EGP estão situados na LT-14.000, e na LT-2.000, os quais possivelmente estão associados à cromita; na LT-12.000, as anomalias de EGP estão relacionadas a anomalias de Cr, Ni, Co e Zn, podendo estar associadas a mineralizações sulfetadas. Ao contrário do observado nos demais alvos prospectados, na serra do Jacaré, verifica-se um maior enriquecimento da Pt em relação ao Pd, como exemplificado nas transversais LT-10.000, LT-12.000, LT-16.000 e LT-18.000.

Os parâmetros acima são semelhantes aos observados nos demais corpos máfico-ultramáficos estudados. Portanto, sugere-se para o CMSJ um processo de evolução magmática e condições metalogénicas, semelhantes às dos corpos máfico-ultramáficos nos quais foi detectada a presença de MGP, tanto no âmbito regional (serras da Onça e do Puma) como nas intrusões de Bushveld e Stillwater. Pelo exposto admite-se para o CMSJ, uma favorabilidade de serem detectadas jazidas de EGP. Reconhece-se, também, que as pequenas intrusões gabróicas e os diques de diabásio poderiam funcionar como um mecanismo concentrador de EGP. Exemplos desses contextos podem ser observados nos *pipes* do Complexo de Bushveld ou nos diques do Complexo de Sudbury.

10 - Conclusões

- Os alvos selecionados para a execução de trabalhos de campo localizam-se no sul do Pará, mais particularmente, na porção sudoeste da Província Mineral de Carajás. Do ponto de vista geotectônico, a área de trabalho situa-se na porção sul do Cráton Amazônico, na região central do Bloco Araguacema, no domínio do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas.

- Os corpos da Suíte Intrusiva Cateté apresentam-se alongados, com o comprimento variando de 9 a 27 km, dispostos segundo as direções N-S e E-W, obedecendo aos principais *trends* estruturais. A Serra do Puma mergulha cerca de 30° a 40° para sul e com relação aos demais corpos necessita-se de trabalhos complementares (geofísicos) para estabelecer a direção e o valor do mergulho. Exibem um relevo de serra (às vezes cuestiformes) e de colinas com encostas suaves (Igarapé Carapanã).

- Os corpos máfico-ultramáficos encontram-se intrusivos em rochas arqueanas do Complexo Xingu, Granito Plaquê e Grupo São Félix. Em alguns dos corpos, como a Serra do Puma, percebe-se que as unidades litológicas componentes, dispõem-se de maneira paralela e concordante, formando um padrão acamadado, disposto segundo o alongamento do corpo. Dessa maneira, verifica-se, da base para o topo do empilhamento estratigráfico, uma seqüência de serpentinitos e gabronoritos. Nos vários corpos estudados, verifica-se que os diversos litótipos, quando presentes, exibem semelhantes características petrográficas, exceto em algumas situações em que os piroxênios apresentam-se transformados. Petrograficamente, os serpentinitos são essencialmente constituídos por lizardita, com disseminados cristais de Cr-espínélio, magnetita e sulfetos (Fe-Cr-Ni). Nos exemplares mais preservados da serpentinitização, podem ser observados cristais reliquias de olivina e de piroxênio, o que indica um protólito de natureza peridotítica. Os piroxenitos são constituídos por cristais cúmulus de bronzita, hiperstênio, augita e olivina, com plagioclásio intercúmulus. A variação proporcional desses

constituintes permite identificar a presença de bronzitos, bronzitos feldspáticos, websteritos e hiperstenito feldspático. Associados aos piroxenitos podem ser observados lherzolitos e harzburgitos. A seqüência gabronorítica está representada por gabronoritos, noritos e gabros, listados em ordem decrescente de abundância. São constituídos por plagioclásio (labradorita) augita, bronzita, hiperstênio, anfibólio, biotita e opacos. Constituindo níveis no conjunto gabróico são observadas disseminação sulfetada, laminação ígnea e textura "espinha de peixe" em piroxênios. Foram constatados, localmente, diques de diabásio relacionados aos últimos estágios de diferenciação magmática.

- Como observado na serra do Puma, o paralelismo, uniformidade das camadas, homogeneidade litológica e as feições petrográficas sugerem um lento resfriamento, a partir de elevadas temperaturas, em um ambiente de relativa calma tectônica. A repetição, o arranjo e o quimismo das camadas sugerem a participação de um magma fonte, seguido de um processo de intrusões múltiplas. Os estudos petroquímicos e isotópicos (realizados na Serra da Onça (Macambira, 1997), os quais podem ser correlacionados aos demais corpos da Suíte Intrusiva Cateté, revelam que os mesmos foram originados de um magma de natureza toleítica, que sofreu contaminação silicosa, diferenciou-se e alojou-se em níveis crustais superiores onde se cristalizou (2,4 Ga). A presença dos sulfetos em diferentes posicionamentos estratigráficos é sugestiva da ocorrência de vários eventos de segregação de sulfetos. Após a colocação dos corpos, os mesmos sofreram ação de pelo menos dois eventos tectônicos de natureza rúptil.

- A prospecção geoquímica detectou, em todos os corpos, a presença de alvos para pesquisa de sulfetos de metais base, cromita, ouro e EGP. Muitos desses alvos foram confirmados por diferentes materiais amostrados. As associações geoquímicas anômalas sugerem que os EGP podem estar relacionados a mineralizações sulfetadas de Ni, Cu e Co, e/ou a

possíveis níveis de cromitito.

- Os MGP foram detectados na serra do Puma em forma de "pintas" e "pepitas", obtidas de concentrados de aluvião. As análises por MEV revelaram a presença de Pt, Pd, Ir e Os, que se encontram associados ao Fe, Ni, Hg, Al, Ti e Si. Ainda não se obteve uma perfeita caracterização mineralógica dos MGP, porém é provável que sejam de ligas naturais de Pt,

Pd e Fe.

- As características geotectônicas, estratigráficas, litológicas, petroquímicas, geocronológicas e sulfetos de metais base cromo e EGP dos corpos máfico-ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté são semelhantes às de outros complexos, reconhecidamente portadores das mineralizações citadas, tais como o de Stillwater, Bushveld, Great Dyke, MuskoX e Penikate.

11 - Recomendações

Com base nos resultados obtidos sugere-se o prosseguimento das pesquisas com a execução das seguintes atividades:

- Prosseguimento dos trabalhos de mapeamento geológico e prospecção geoquímica, com a implantação de seções intermediárias, abrangendo particularmente a porção basal da seqüência gabróica, as zonas sulfetadas, os níveis de maior concentração de cromita, os locais de ocorrência de sulfetos e EGP e as zonas anômalas (geoquímica).

- Execução de estudos de química mineral e petroquímicos, nos diversos corpos máfico-ultramáficos, objetivando determinar a variação críptica e os níveis estratigráficos mais favoráveis para conter depósitos magmáticos. Objetivando também a caracterização do(s) magma(s) fonte dos corpos da Suíte Intrusiva Cateté, assim como estabelecer a evolução magmática e metalogenética.

- Prospecção geofísica terrestre, ao longo das picadas transversais, nos maiores corpos máfico-ultramáficos, através dos métodos eletromagnéticos, gravimétricos e

radiométricos, objetivando fornecer subsídios ao mapeamento geológico e determinar zonas sulfetadas.

- Encerrando essa fase da pesquisa recomenda-se a execução de poços, trincheiras e sondagem nos locais de ocorrência dos MGP e nas zonas anômalas determinadas pelos estudos acima descritos.

- Em termos de prioridade para pesquisa destaca-se em primeiro plano, a Serra do Puma; e em segundo, as serras do Jacaré, Jacarezinho e Igarapé Carapanã. Na serra do Puma, salienta-se que a zona mais favorável para concentração de sulfetos e EGP é a porção inferior da seqüência gabróica. No pacote serpentínico salienta-se a presença de possíveis níveis de cromititos, os quais podem estar associados a sulfetos e EGP. As intrusões piroxênicas e peridotíticas podem armazenar sulfetos e EGP. Em termos de ambientes supergênicos destacam-se as crostas lateríticas e os colúvio-aluviões quaternários como possíveis portadores de mineralizações de EGP e ouro.

12 - Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F. F. M. de; BRITO NEVES, B. B.; HASUI, Y. O Pré-Cambriano Superior da América do Sul. **Boletim do Instituto de Geociências**, USP, v.7, n.45, 1976.
- AMARAL, G. **Geologia Pré-Cambriana da Região Amazônica**. São Paulo, Universidade de São Paulo. Departamento de Paleontologia e Estratigrafia. 212p. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências, USP, 1974.
- ARAÚJO, O. J. B. de; MAIA, R. G. N.; JORGE JOÃO, X. da S.; COSTA, J. B. S. da A mega-estrutura Arqueana da Folha Serra dos Carajás. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, 7, Belém, 1988. **Anais...** Belém: SBG, 1988. P.324-338.
- ARAÚJO, O. J. B. de & MAIA, R.G.N. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Programa Grande Carajás. **Serra dos Carajás. Folha SB.22-Z-A. Estado do Pará**. Brasília: DNPM/CPRM, 1991. 164 p.
- AVELAR, V. G. de. **Geocronologia Pb/Pb por evaporação em monocristal de zircão, do magmatismo da região de Tucumã, SE do Estado do Pará, Amazônia Oriental**. Belém: Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 149 p. Tese (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) Centro de Geociências, UFPA, 1996.
- BASEI, M. A. S. **Geocronologia das folhas SB.22/SC.22**. Belém: Projeto RADAM, 1973. (Relatório Inédito).
- BOWLES, J. F. W. 1986. The development of Platinum-Group Minerals in Laterites. **Economic Geology**, v.81, P1278-1285, 1986.
- BRASIL. Projeto RADAM. 1974. **Folha SB.22. Araguaia e parte da Folha SC.22 Tocantins**; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1974.(Levantamento de Recursos Naturais, 4).
- BRASIL. Projeto RADAM. **Folha SB.21 Tapajós**. Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1975 (Levantamento de Recursos Naturais, 7).
- BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SC.21 Juruena**. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1980.(Levantamento de Recursos Naturais, 20).
- CAPUTO, M. V.; RODRIGUES, R.; VASCONCELOS, D. N. N. de. Nomenclatura estratigráfica da Bacia do Amazonas - Histórico e Atualização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972. **Anais...** Belém, SBG, v. 3, P. 35-46.
- CLARKE, D. **Newpet for DOS**. St. John's, Memorial University of Newfoundland. Department of Earth Sciences. Centre of Earth Resources Research. 1993. 45p.
- COSTA, J. B. S.; MACAMBIRA, E. M. B.; VALE, A. G. Evolução Litoestrutural da Região de São Felix do Xingu- Serra dos Carajás. **Geociências**, São Paulo, v.12, n. 2, p.315-332, 1993.
- COSTA, J. B. S.; PINHEIRO, R. V. L.; JORGE JOÃO, X. da S.; ARAÚJO, O. J. B. de Esboço estrutural do Proterozóico Médio da Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v.3, p.11-26, 1991.

- CPRM, 1991. **Serra dos Carajás. Folha SB.22-Z-A** Estado do Pará. Brasília DNPM/CPRM. 136 p. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil).
- CPRM. 1997. **São Felix do Xingu. Folha SB.22-Y-B.** Estado do Pará. Belém, DNPM/CPRM. 344 p. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil).
- DALL'AGNOL, R.; VIEIRA, E. A. P.; SÁ, C. A. S.; MEDEIROS, H.; GASTAL, M. C. P.; TEIXEIRA, N. P. Estado atual do conhecimento sobre as rochas granitóides da porção sul da Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Geociências**, v.16, n.1, p.11-23, 1986.
- FARINA, M. Metais do Grupo da Platina - Ambiências geológicas e ensaio sobre a litologia quantitativa com aplicações para descobrimento de depósitos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., Belém, 1988. **Anais...** Belém: SBG, 1988. v.1, P.130-143.
- HASUI, Y.; HARALYI, N. L. E.; SCHOBENHAUS, C. Elementos geofísicos e geológicos da Região Amazônica: subsídio para o modelo geotectônico. In: SYMPOSIUM AMAZÔNICO, 2, Manaus, 1984. **Anais ...** Manaus: DNPM-CNPq, 1984. P. 129 -141.
- HEIM, S. L.; CASTRO FILHO, L. W. de. Jazida de Níquel Laterítico de Puma-Onça, Município de São Félix do Xingu, Pará. In: SCHOBENHAUS, C. , COELHO, C. E. S. (coords.). **Principais Depósitos Minerais do Brasil**. Brasília: DNPM/CVRD, 1986. v. 2, P. 347-368.
- IDESP. Projeto Rio Fresco; contribuição à geologia do Pré-Cambriano da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972. **Resumos...** Belém: SBG,1972. Boletim, 2, P. 73-75.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**. Trad. de Pedro Peres. Fundo de Cultura Econômica, México: 1948.
- LEVINSON, A. A. **Introduction to Exploration Geochemistry**. Calgary: Applied Publishing, 1974. 569p.
- MACAMBIRA, E. M. B. Geologia e aspectos metalogenéticos dos elementos do Grupo da Platina no Complexo Máfico-ultramáfico da Serra da Onça - Sul do Pará. Belém: 1997. 178p. Tese (Mestrado) Centro de Geociências, UFPA.
- MACAMBIRA, E. M. B.; JORGE JOÃO, X. da S.; SOUZA, E. C. de. Aspectos Geológicos e Petroquímicos do Granito Plaquê - Sul do Estado do Pará. In: SYMPOSIUM ARCHEAN TERRANES OF THE SOUTH AMERICAN PLATAFORM, Brasília: 1996. **Extended Abstracts...** Brasília:1996 P.73-75.
- MACAMBIRA, M. J. B. & LAFON, J.M. Geocronologia da Província Mineral de Carajás; Síntese dos Dados e Novos Desafios. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi** v. 7, p.263-288,1995. (Série Ciência da Terra)
- MACAMBIRA, M. J. B. & LANCELOT, J. História arqueana da região de Rio Maria, SE do Estado do Pará, registrada em zircões detríticos de greenstone belt e de cobertura platabasáltica. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3, Belém, 1991. **Anais...** Belém: SBG, 1991. P.49-58.
- NALDRETT, A. J.; CAMERON, G.; VON GRUENEWALDT, G.; SHARPE, M. R. The formation of stratiform PGE depósitos in layered intrusions. In: PARSONS, I. (ed). **Origins of Igneous Layering**. D. Reidel.1987. P. 313-379.

- PIMENTEL, M. M. & MACHADO, N. Geocronologia U-Pb dos terrenos granito- greenstone de Rio Maria, Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38. Camboriú-SC, 1994. **Resumos...** Camboriú – SC: SBG,v. 2, P.390-391.
- ROUTHIER, P. **Les gisements métallifères. Geologie et Principes de Recherche.** Paris: Masson, 1963. 2v.
- SOARES, A. D. V.; BERNARDELLI, A. L.; MEDEIROS FILHO, C. A. de; BASTOS, J. M. E.; MARTINS, L. P. B.; LOURENÇO, R.S. Geologia regional das cabeceiras do Igarapé Aquiri, Extremo Oeste da Província Mineral de Carajás (PA). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., Belém, 1988. **Anais...** Belém: SBG.1988. v. 6, P. 2704-2712.
- STRECKEISEN, A. L. 1973. Classification and nomenclature recommended by the IUGS sub-commission on the systematics of igneous rocks. **Geotimes**, v.18: p.26-30,1973.
- STRECKEISEN, A. L. 1976. To each plutonic rock its proper name. **Earth Science Review**, v.12: p.1-33, 1976.
- SUDAM. **Pesquisa Mineral no Iri/Curuá;** relatório preliminar. Belém, 1972. 62p.
- SUDAM/PROJETO DE HIDROLOGIA E CLIMATOLOGIA DA AMAZÔNIA. 1984. **Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira.** Belém, 125 p. (Publicação 39).
- TODD, S. G.; KEITH, D. W.; LE ROY, L. W.; SCHISSEL, D. J.; MANN, E. L.; IRVINE, T. N. The J-M Platinum-Palladium Reef of the Stillwater Complex, Montana: I. Stratigraphy and Petrology. **Economic Geology**, v.77:p.1454-1480,1982