

MINERO
Minerais do Paraná S/A.
BIBLIOTÉCA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA - SETOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOLOGIA EXPLORATÓRIA

PROSPECÇÃO DE MINERALIZAÇÕES ESTANÍFERAS NA REGIÃO
DE CAPIVARI-PARDO, PARANÁ

LUÍS MARCELO DE OLIVEIRA
SET / 89

553.26
D 48

MINEROPAR
Minerais do Paraná S/A.
BIBLIOTECA
REG. 3945 DATA 12/12/89

Registro n. 3945

Biblioteca/Mineropar

ESTE RELATÓRIO ESTÁ SENDO APRESENTADO EM SUBSTITUIÇÃO A MONOGRAFIA EXIGIDA PARA OBTENÇÃO DE GRAU NO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOLOGIA EXPLORATÓRIA, OFERECIDO PELO DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ.

LUÍS MARCELO DE OLIVEIRA

AGRADECIMENTOS

O AUTOR AGRADECE À DIRETORIA DA MINEROPAR S/A, PELA OPORTUNIDADE CONCEDIDA NA PARTICIPAÇÃO DO CURSO DE GEOLOGIA EXPLORATÓRIA, BEM COMO NA ELABORAÇÃO DESTE RELATÓRIO, EM ESPECIAL AO DIRETOR PRESIDENTE, MÁRIO LESSA SOBRINHO. AGRADECIMENTOS TAMBÉM AOS PROFESSORES JOÃO CARLOS BIONDI E PAULO CÉSAR SOARES PELA ORIENTAÇÃO, AOS COLEGAS DA MINEROPAR PELAS DISCUSSÕES E INCENTIVO E A BEATRIZ RODACOSKI MANZIG PELA DACTILOGRAFIA.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	01
2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	02
3 - PROGRAMA EXPLORATÓRIO.....	02
4 - GEOLOGIA REGIONAL.....	05
5 - GEOLOGIA DAS ÁREAS MINERALIZADAS.....	08
5.1 - Alvo Paraíso.....	08
5.1.1 - Geologia Local.....	08
5.1.2 - Mineralizações.....	10
5.2 - Alvo Cantagalo.....	12
5.2.1 - Geologia Local.....	12
5.2.2 - Trabalhos Realizados.....	15
5.2.3 - Mineralizações.....	16
6 - CONSIDERAÇÕES SOBRE POTENCIALIDADES DA ÁREA E MODELOS EXPLORATÓRIOS.....	28
7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

1 - INTRODUÇÃO

O Projeto Capivari-Pardo foi desenvolvido através de levantamento geológico e geoquímico regional, para definição do potencial econômico de uma área com 2.300 km² no Escudo Paranaense. A coleta de amostras de sedimento de corrente, com dosagem para Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Fe, Mn, As e Mo, e de concentrados de bateia com análise para Au, Cr, Nb, Sn, W e F, possibilitou a delimitação de 38 áreas anômalas, seja para elementos isolados ou associações deles. A delimitação dessas áreas foi seguida de processo de verificação e confirmação, pelo adensamento ("follow-up") das informações geológicas e geoquímicas.

Resultaram destes trabalhos, o reconhecimento de diversas unidades litológicas e zonas favoráveis às mineralizações indicadas pela geoquímica, e seleção de diversos alvos para avaliação do interesse econômico, notadamente de Sn e metais associados.

A área denominada Alvo Paraíso, definida pela associação Sn-Cu-Pb, foi objeto de estudo orientativo para estabelecimento de metodologia de amostragem e análise para prospecção geoquímica de solos.

As três áreas que compõem o Alvo Cantagalo, definidas pelas anomalias de Sn, W, Nb e Ta, foram submetidas a amostragem sistemática de solos, com delimitação de alvos para pesquisa mineral. Ocorrências de graissens e granitos albitizados mineralizados à cassiterita, foram descobertos e detalhados com escavações e amostragem de poços e trincheiras.

Ambos os alvos geológicos, situam-se junto de importante lineamento do escudo paranaense, pertencente ao sistema Lancinha de transcorrência, sugerindo controle tectônico das mineralizações.

O presente trabalho tem como objetivo a revisão da metodologia adotada para prospecção de mineralizações estaníferas, bem como a análise dos resultados obtidos nas áreas Paraíso e Cantagalo, com vistas à caracterização de metaloge-

nia relacionada aos grandes falhamentos transcorrentes da região.

2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área do Projeto Capivari-Pardo, está localizada na porção centro-noroeste do Escudo Paranaense, na Bacia do Rio Ribeira. É cortada no sentido SW-NE pela Rodovia BR-116, que liga Curitiba a São Paulo. É um polígono delimitado pelas coordenadas quilométricas 7216 a 7256 km N, e 6700 a 6752 km W, abrangendo uma área de 2.300 km² (figura 01).

O Alvo Cantagalo, com cerca de 28 km², dista 75 km a NE de Curitiba. O acesso é feito por meio de estrada secundária que liga a BR-116 (próximo ao Posto Alpino) à Colônia João XXIII. É delimitado pelas coordenadas quilométricas 7229 a 7233 km N, e 717 a 724 km W.

O Alvo Paraíso, situado mais a SW, ocupa uma superfície com aproximadamente 10 km². O acesso à área é feito após um percurso de 14 km por estrada secundária que inicia na BR-116, próximo à Barragem do Rio Capivari.

3 - PROGRAMA EXPLORATÓRIO

O programa exploratório para o Projeto Capivari-Pardo se desenvolveu de maneira centrípeta, com a utilização de métodos geológicos e geoquímicos, em densidades de coberturas compatíveis com cada etapa de prospecção.

Essas etapas resultaram de uma seqüência de exploração sistemática, onde o acúmulo de informações de forma consistente, conduziu à definição de alvos para pesquisa mineral.

As etapas de prospecção, bem como a metodologia adotada, são brevemente descritas a seguir:

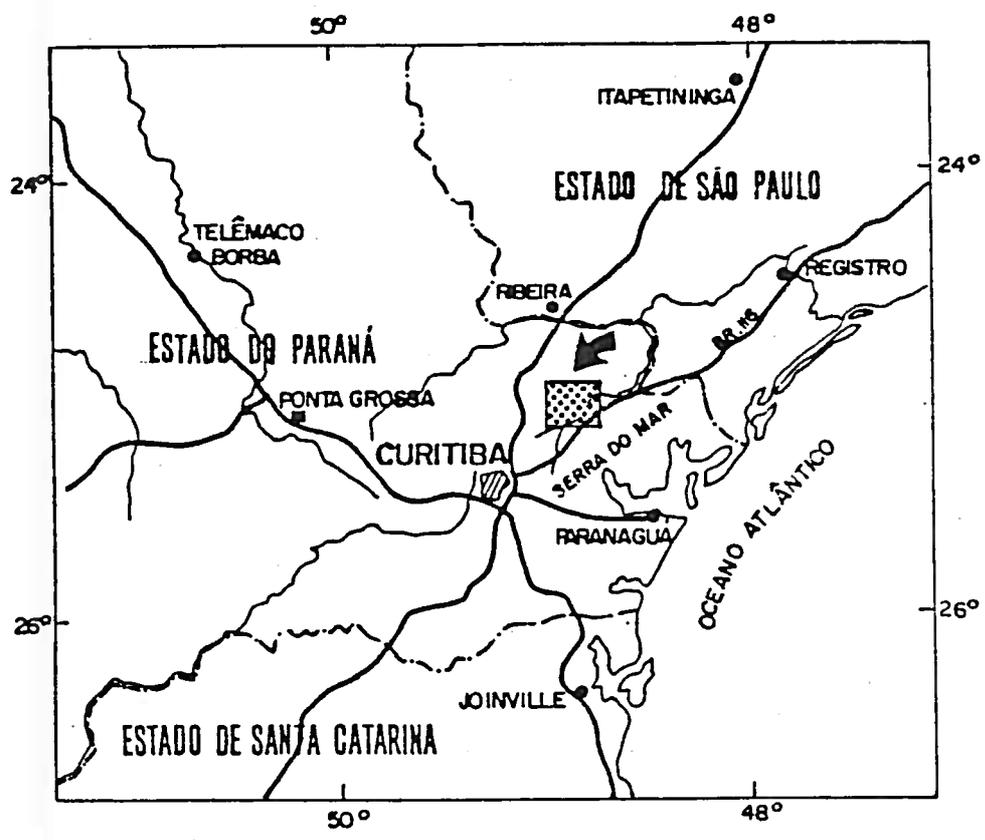


FIGURA 01. MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO

a) Reconhecimento Geológico Regional

Foi desenvolvido com o objetivo de aprimorar o conhecimento geológico da área, visando a seleção de grandes unidades para prospecção mineral. Os trabalhos consistiram de mapeamento geológico em escala 1:25.000, com perfilagens das principais estradas e ravinas da área.

b) Reconhecimento Geoquímico Regional

Foi desenvolvido com o objetivo de avaliar mais amplamente as potencialidades minerais da área, em função de ser a mesma desconhecida tanto em termos de ocorrências minerais quanto do potencial geoquímico regional. Para isso, optou-se pela execução de programa de geoquímica multielementar. O levantamento geoquímico foi desenvolvido em sedimentos de corrente, com densidade média de 1 am/2 km², e concentrados de bateia, com densidade média de 1 am/7 km².

Foram definidas anomalias geoquímicas de Sn, considerando-se os limiares da população "Complexo Cristalino Indiviso".

c) Verificação de Anomalias Geoquímicas

O objetivo principal desta etapa foi a seleção de alvos para prospecção mineral. Os trabalhos envolveram mapeamento geológico através de perfilagem de detalhe nas bacias anômalas com reamostragem das drenagens a intervalos de 200 metros para sedimentos de corrente e 500 metros para concentrados de bateia.

Nesta etapa foram confirmadas e definidas novas anomalias geoquímicas, sobretudo de estanho, que ficou classificado entre as cinco prioridades de toda a etapa de verificação de anomalias.

O alvo "Estanho" foi definido em função da confirmação de aspectos positivos indicadores de concentrações anômalas de Sn, W, Nb, Ta, F, Cu e Pb. Representa uma faixa de direção geral NE-SW, de forma lenticular com extensão de 20 km e largura de 3 km, ajustando-se à zona de cisalhamento da "Falha do Putunã", paralela e pertencente ao sistema

de transcorrência Lancinha - Cubatão. O perímetro da faixa anômala foi delineado pelo traçado de curvas de isoteor de diversas substâncias, obtidas a partir de análises químicas de concentrados de bateia.

Nesta fase, foram detectados indícios de importantes atividades hidrotermais na área, com a caracterização de hidrotermalitos sericíticos quartzo-feldspáticos com paragenese de alta temperatura e evidências de metamorfismo termal generalizado superimposto às rochas regionais.

Foram também detectados cristais de cassiterita identificados à lupa em frações pesadas, e obtidos teores de 25% Sn e 1,6% W a partir de análise química de concentrados de bateia.

d) Seleção de Alvos para Detalhe

Para priorização de áreas com vistas à implantação de prospectos, foram analisados parâmetros que levaram em conta os aspectos litológicos, análises químicas de rocha, ocorrências minerais, aspectos geoquímicos e modelos geológicos para prospecção.

Foram assim priorizados os alvos Paraíso e Cantagalo, portadores de associações geoquímicas substanciais e maiores concentrações de elementos de interesse, posicionados em ambiente geológico favorável à presença de depósitos minerais.

A descrição dos trabalhos de detalhe realizados nestas áreas e os resultados obtidos, está exposta no capítulo Geologia das Áreas Mineralizadas.

4 - GEOLOGIA REGIONAL

A geologia da região de Capivari-Pardo foi descrita por Falcade (1982), em escala 1:25.000, e posteriormente reinterpretada por Fritzsens Jr. (1986), em escala 1:50.000. A seguir é apresentado um breve resumo da geologia regional

para auxílio na compreensão do presente trabalho.

Na área foram identificadas unidades litoestratigráficas pertencentes ao Complexo Cristalino, Complexo Pré-Setuva, Grupo Setuva, Grupo Açungui, "Granitóide Serrinha", rochas cataclásticas relacionadas à "Falha do Putunã" e Granito Graciosa, conforme esboço geológico apresentado na Figura 02.

O Complexo Cristalino é constituído por migmatitos homogêneos, nebulíticos, com textura granular, sem foliação cataclástica.

O Complexo Pré-Setuva aflora no núcleo de um antiforme, na porção central da área, sendo composto por blastomilonitos e milonito-gnaisses, com termos litológicos que incluem biotita-gnaisses, gnaisses graníticos, gnaisses calcossilicáticos, com fenômenos locais de anatexia.

O Grupo Setuva ocorre em ambos os flancos do antiforme que contém em seu núcleo, as rochas do Complexo Pré-Setuva. É constituído por mica-xistos, gnaisses e quartzitos fortemente afetados por transposição tectônica, e intensamente dobrados. Segundo proposto por Fritzsens Jr. et alii (1982), essas rochas são correlacionáveis à Formação Perau. Fiori (1985), considera os xistos que bordejam o antiforme, como uma tectono-fácies dos gnaisses, originado por efeitos de cisalhamento da Falha do Antiforme do Setuva.

O Grupo Açungui acha-se representado pelas formações Capiuru (dolomitos brancos, metassiltitos, metargilitos por vezes carbonosos e metarenitos) e Votuverava (metarritmitos de composição argilo-siltosa).

Alojado na zona de cisalhamento da "Falha do Putunã", aflora o corpo ígneo intrusivo denominado "Granitóide Serrinha". Trata-se de um corpo alongado de direção NE - SW, cortado por falhas com faixas de milonitização associadas. É composto por hornblenda-granitos cataclasados, finos a médios, com fenocristais de K-feldspatos ou plagioclásios imersos em matriz cataclasada.

As rochas cataclásticas relacionadas à Falha do

Putunã, são no geral blastomilonitos, milonitos e ultramilonitos, com o grau de deformação diminuindo para fora da faixa até ocorrerem rochas regionais intactas. Formam um feixe com forma irregular, com espessamentos e ramificações configurados por feixes de fraturas semiparalelas com direção geral N60°E. A largura variável de 2 a 4 km da faixa e ramificações evidencia o caráter transcorrente e multifásico da "Falha do Putunã".

O Granito Graciosa aflora na porção centro-sul da área, e faz parte do conjunto de granitos alcalinos da Serra do Mar.

5 - GEOLOGIA DAS ÁREAS MINERALIZADAS

5.1 - Alvo Paraíso

A área denominada de Alvo Paraíso foi definida por fortes anomalias geoquímicas de Sn em concentrados de bateria, e por sutis anomalias de Cu e Pb em sedimentos ativos de drenagem. Posteriormente a área foi objeto de prospecção de detalhe, com mapeamento em escala 1:10.000, e execução de estudos orientativos visando o estabelecimento de metodologia de prospecção geoquímica de solos, para delimitação de fontes de anomalias.

5.1.1 - Geologia Local

Geologicamente a área é caracterizada pela presença de espessa faixa de rochas cataclásticas, verticalizadas, de direção geral N60°E, relacionadas a "Falha do Putunã", de natureza transcorrente (Fig. 03).

A zona de falha separa dois blocos crustais: um a NW constituído por mica-xistos do Grupo Setuva, e outro a SE, com rochas cristalofilianas do tipo granito-gnaisses do Complexo Cristalino. Entre os dois blocos, na zona de falha, ocorre uma faixa com cerca de 2.000 metros de largura,

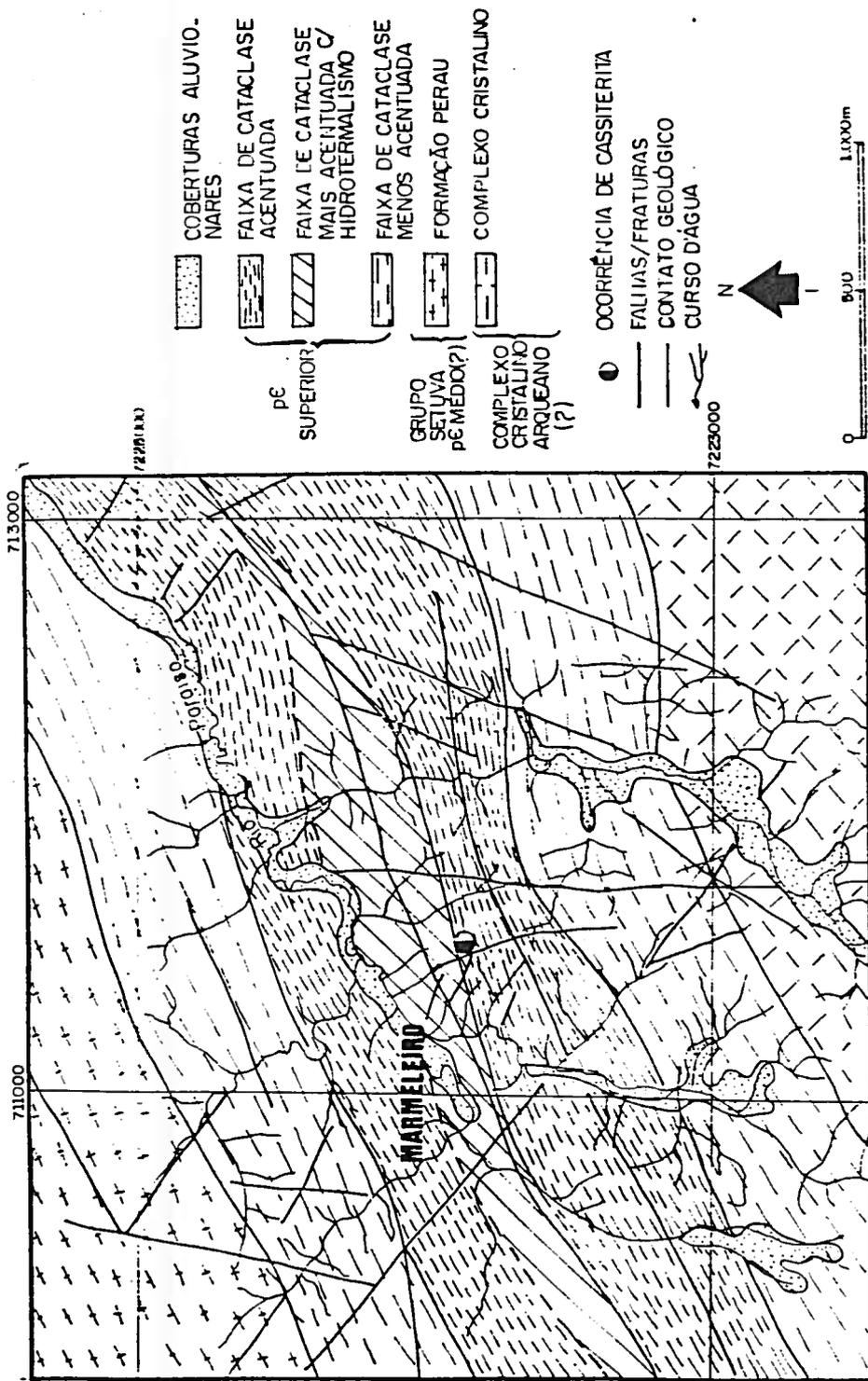


FIGURA 03 - ESBOÇO GEOLÓGICO DO ALVO PARAÍSO

composta pelas rochas cataclásticas.

A zona de falhamento apresenta um núcleo constituído por rochas fortemente cataclasadas com estruturas de fluxo (ultramilonitos, milonitos e filonitos), bordejados por bandas paralelas, onde os fenômenos de cataclase foram atenuados (blastomilonitos).

Na faixa central ocorrem intercalações de metabasitos e metaultrabasitos, por vezes pouco afetados pelos processos dinâmicos, além de rochas miloníticas brechadas com sinais de turmalinização.

Superposto às faixas cataclásticas, ocorre zoneamento hidrotermal, manifestado por alterações hidrotermais com intensidades diversas nos diferentes tipos litológicos, sendo caracterizados dois fácies hidrotermais: um com paragênese caracterizada por processos de baixa temperatura e, outro de mais alta temperatura.

O fácies de hidrotermalismo de alta temperatura, ocorre na porção central da zona de falhamento, ostentando forma lenticular. Os processos hidrotermais chegaram a gerar a biotita, sendo observadas zonas de silicificação, epidotização, carbonatização, turmalinização e feldspatização.

O fácies de hidrotermalismo de baixa temperatura é observado em toda a faixa de rochas cataclasadas, abrangendo também o setor com hidrotermalismo de alta temperatura. Predominam processos hidrotermais que geraram saussuritização, epidotização, sericitização, cloritização, silicificação e caulinização, caracterizando processos hidrotermais de baixas temperaturas.

5.1.2 - Mineralizações

As ocorrências estaníferas do Alvo Paraíso, associam-se a faixa hidrotermalizada superposta ao núcleo da zona de falha, mostrando portanto, nítido controle estrutural. Em locais específicos desta zona, ocorrem cristais disseminados de cassiterita, em meio a rochas fortemente sericitizadas. Os teores máximos obtidos foram de 0,48% de Sn em

análises químicas e 150 g/m³ de cassiterita, recuperáveis por bateamento de rochas alteradas.

Algumas características das zonas mineralizadas, foram observadas através de estudos de minerais pesados em solo, por ocasião de trabalhos geoquímicos orientativos na área (Licht, 1986), a saber:

- 1 - Ocorrências de cristais finos de cassiterita.
- 2 - Ocorrências esporádicas de cassiterita le-
nhosa.
- 3 - Ocorrências esporádicas de specularita.
- 4 - Aumento proporcional de óxidos e hidróxidos
em relação aos teores de cassiterita.

A suíte de minerais detríticos pesados no solo, é composta por ilmenita, limonita, leucóxênio, zircão, turmalina, cassiterita, pirita, granada e columbita.

As cassiteritas variam do amarelo ao marrom, tem granulação extremamente fina, entre 115 - 200 mesh, apresentam aspecto irregular e anguloso, e frequentemente estão agregadas a fragmentos também angulosos de quartzo. Em apenas uma das amostras foi observada cassiterita reniforme do tipo "etaïn du bois".

Nas zonas mineralizadas é comum o microfraturamento das rochas, observado em descrições micropetrográficas. Nas microfraturas desenvolveu-se uma mineralogia com epidoto, clorita, quartzo microcristalino, óxidos de Fe e opacos, com associações de mineralizações de F, Sn, metais básicos e pirita, com os minerais correspondentes depositados nas microfraturas e venulações.

Na escala regional, uma direção controladora de mineralizações, parece corresponder à zona de cisalhamento principal da "Falha do Putunã", fato este confirmado pela configuração das anomalias definidoras do alvo geológico. Essas anomalias, superpostas à zona de cisalhamento, se dispõem de forma elipsoidal, com núcleos anômalos podendo estar contro-

lados pela intersecção do sistema N60E, com outros sistemas.

A perfeita correlação entre Sn e Cu, aliada a presença de sulfetos nas amostras com maiores teores destes elementos, além da própria associação de substâncias anômalas (Sn-Cu-Pb), permite inferir a existência de filões hidrotermais do tipo "cassiterita - sulfetos" de Sn (Smirnov, apud Taylor, 1979 in Fritzsens Jr, 1986). Essa paragênese, aliada a presença de cassiterita lenhosa ("etaïn du bois"), pode caracterizar uma associação com magmatismo ácido solidificado a pequena profundidade (Taylor, 1979). Neste caso, as mineralizações são normalmente dispostas em filões, microfraturas, "stockworks" ou diques, podendo ter formas complexas, mas no geral controladas estruturalmente.

5.2 - Alvo Cantagalo

O Alvo Cantagalo foi definido por anomalias geoquímicas de Sn (1.700 g/m^3), W (203 g/m^3), Ta (233 g/m^3) e Nb (75 g/m^3) em concentrados de minerais pesados. Posteriormente a área foi submetida a amostragem sistemática de solos, em malha regular, seguindo metodologia estabelecida em estudo orientativo executado no Alvo Paraíso, com dosagem para Sn, W, Bi e F, tendo sido delimitados alguns alvos para pesquisa mineral. Ocorrências de graisens mineralizados a cassiterita e wolframita foram descobertos e detalhados com escavações e amostragem de poços e trincheiras.

5.2.1 - Geologia Local

A geologia da área compreende basicamente três unidades litológicas: Complexo Pré-Setuva, Grupo Setuva e cataclasitos da "Falha do Putunã" (Fig. 04).

O Complexo Pré-Setuva é composto por rochas gnáissicas heterogêneses com porções anatéticas, chegando a ocorrer verdadeiros granitóides.

As rochas do Grupo Setuva, são de um fácies transicional entre xisto verde elevado e anfibolito, ocorrendo di-

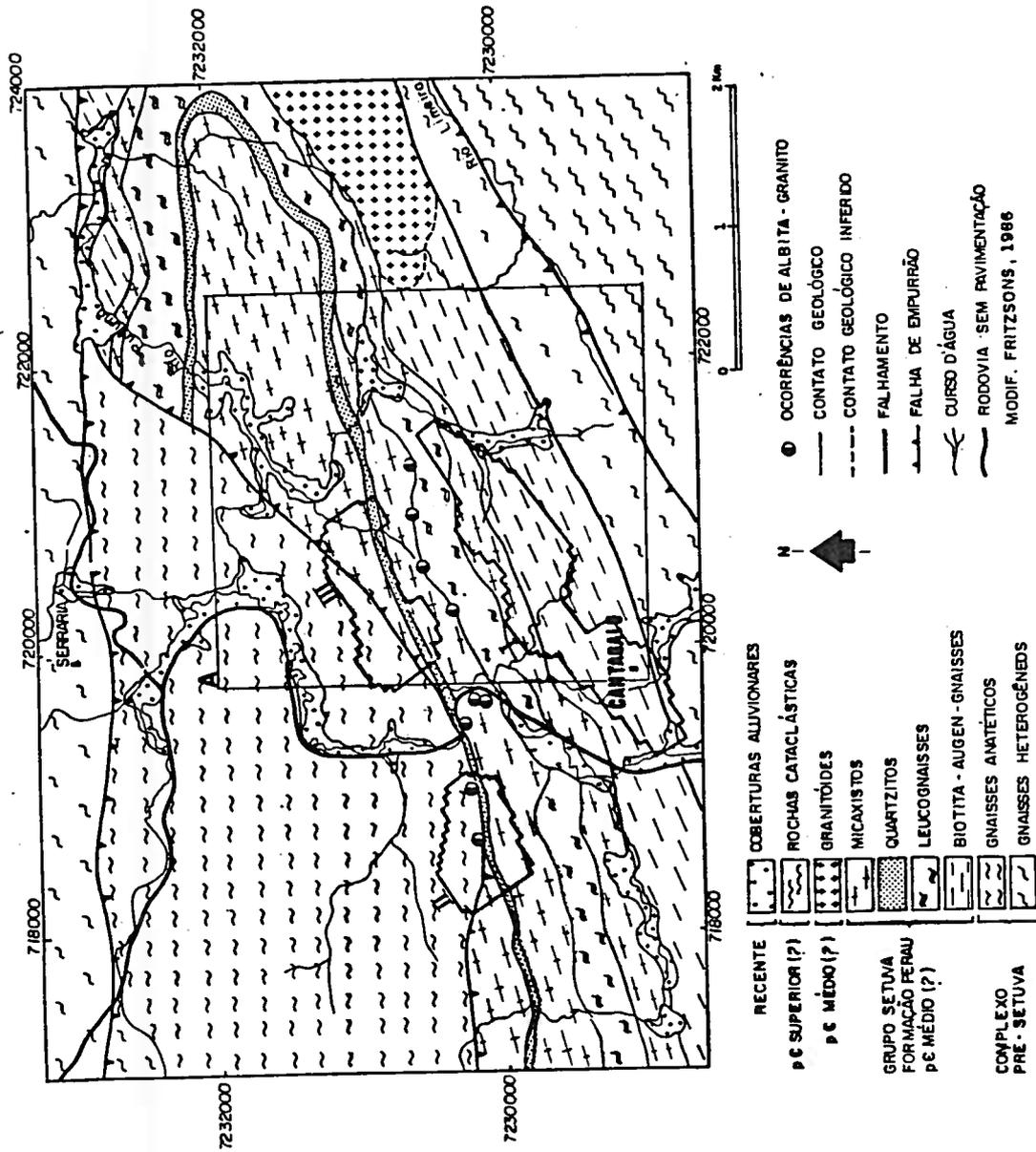


FIGURA 04 - ESBOÇO GEOLÓGICO DO ALVO CANTAGALO (NOTAR LIMITES DAS ÁREAS I, II E III

versas transições entre xistos, xistos feldspáticos e rochas gnáissicas. No geral, predominam mica-xistos, quartzitos, leu cognaises e biotita-gnaisses oceolares.

Os mica-xistos são normalmente quartzo - biotita-sericita xistos, com gradações para tipos quartzosos, rochas calciossilicáticas ou ainda xistos feldspáticos.

Os quartzitos constituem bancos de espessuras métricas sendo compostos por quartzitos vítreos, placoidais, localmente sericíticos, ou feldspáticos. Podem ocorrer intercalações de sericita-quartzo xistos ou ainda rochas calciossilicáticas.

A unidade de leucognaisses é composta por augen-gnaisses graníticos, leucocráticos, sem bandeamento nítido. São rochas compostas por microclínio, plagioclásio e quartzo, com pouca biotita.

Os biotita-gnaisses oceolares, são rochas com por firoclastos de feldspatos potássicos, de formas ovaladas, discoidais ou lamelares, de cor rósea, imersos em matriz escura, quartzo-feldspática-biotítica. Subordinadamente ocorrem intercalações de mica-xistos.

Associado às rochas do Grupo Setuva, ocorrem intercalações de corpos pegmatóides tabulares ou irregulares, que teriam sofrido ao menos uma fase deformacional, juntamente com as encaixantes.

Os cataclasitos relacionados à "Falha do Putunã", ocorrem na porção SE da área, sendo representado por milonito-gnaisses.

Os contatos entre as maiores unidades se fazem por falhamentos ligeiramente encurvados, concordantes ou semi-concordantes com as foliações regionais, de direção geral NE.

5.2.2 - Trabalhos Realizados

a) Prospecção Geoquímica de Solo

Durante os trabalhos de geologia de detalhe e a densamento da amostragem de geoquímica de sedimentos de corrente e concentrados de bateia, foram observados nos vales e drenagens, blocos de graisens mineralizados a cassiterita. Análises químicas de amostras dessas ocorrências, forneceram resultados elevados de Sn (8.700 ppm), W (390 ppm), F (2,8%) e Bi (5.000 ppm). Em vista destes dados favoráveis, e obedecendo parâmetros estabelecidos no estudo orientativo executado no Alvo Paraíso, foi desenvolvida uma campanha de geoquímica de solo, objetivando a delimitação das fontes das anomalias geoquímicas e a origem dos blocos mineralizados.

A amostragem do horizonte B dos solos, em malha regular, foi subdividida em três áreas I, II e III (figura 04), e obedeceu uma espaçamento de 50 metros entre linhas e 25 metros entre as estações de coleta, num total de 1659 amostras. As três linhas base foram implantadas concordando com os alinhamentos geológicos principais da área, de direção N60E. Foram analisados os elementos Sn, W, Bi e F, definidos nos estudos orientativos.

Para interpretação de dados, foram utilizados dois procedimentos:

- Manipulação de dados de cada área, isoladamente, para obtenção de estimadores e parâmetros estatísticos a partir de gráficos de probabilidade, com traçado de isógrads nos mapas geoquímicos para cada elemento analisado.

- Elaboração de perfis geoquímicos de Sn e F para todas as linhas de amostragem de cada uma das áreas. Integração em seqüência dos mesmos e comparação com o mapa geológico, objetivando unir alinhamentos geoquímicos e/ou geológicos. Isso possibilitou que fossem ressaltadas feições não evidenciadas nos mapas geoquímicos, traçados com base no item a. Foi possível assim, acompanhar alinhamentos geoquímicos pela união de picos evidentes ou mesmo sutis, em perfis geoquí-

micos vizinhos, o que não era possível nos mapas geoquímicos desenhados apenas com base em parâmetros estatísticos (figura 05 e 06).

b) Prospecção por Furos a Trado

Foi realizada nas áreas I, II e III, com finalidade de detectar possíveis depósitos secundários (eluvionares e coluvionares), e áreas fontes de mineralizações.

Foram feitos furos em malha 50 x 25 m, com coleta de amostras a cada metro, até atingir a rocha. O trado utilizado foi do tipo "IPT", com 4" de diâmetro, coletando amostras com um volume aproximado de 9 litros.

c) Escavações

Foram efetuadas nas áreas I e II, visando a descoberta de depósitos primários e avaliação de teores em corpos mineralizados. As escavações foram locadas em regiões de finidas como anômalas pela geoquímica de solos. A amostragem foi efetuada no piso da escavação, na forma de canaletas de 5 metros de comprimento, por 10 cm de largura e 10 cm de profundidade, gerando amostras com volume de 50 litros aproximadamente.

A determinação de teores foi feita em lupa binocular, através da avaliação visual das porcentagens de minerais de interesse, após separação magnética dos concentrados obtidos após moagem da rocha. Essas avaliações foram acompanhadas por análises químicas e esporádicas determinações por difratometria de Raio-X.

5.2.3 - Mineralizações

As mineralizações estaníferas do Alvo Cantagalo, estão relacionadas a graisens e rochas alteradas por processos de graisenização. Essas rochas são descritas a seguir:

a) Granitos Albitizados

Sob esta denominação são descritas rochas granitóides, maciças de granulação fina a média, granoblásticas de

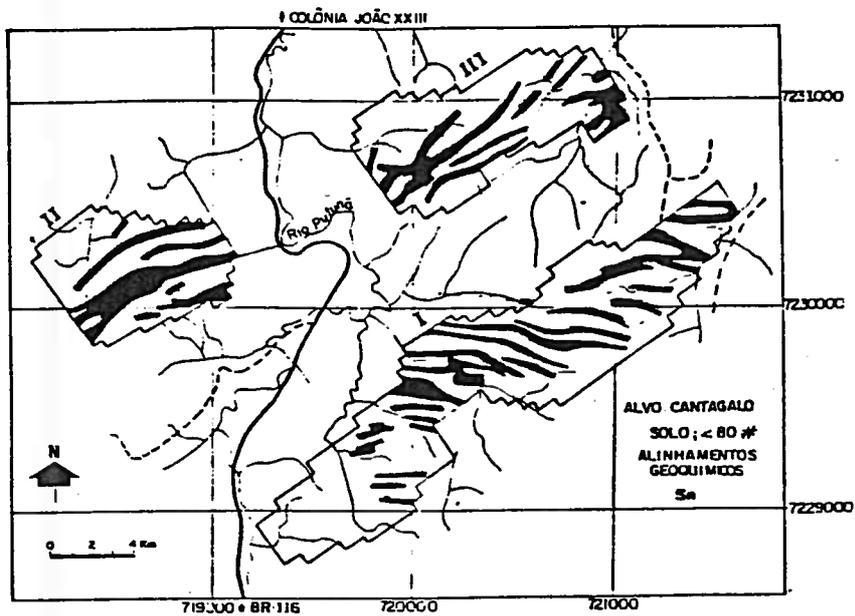


FIGURA 05 - MAPA DOS ALINHAMENTOS GEOQUÍMICOS DO Sn - ALVO CANTAGALO

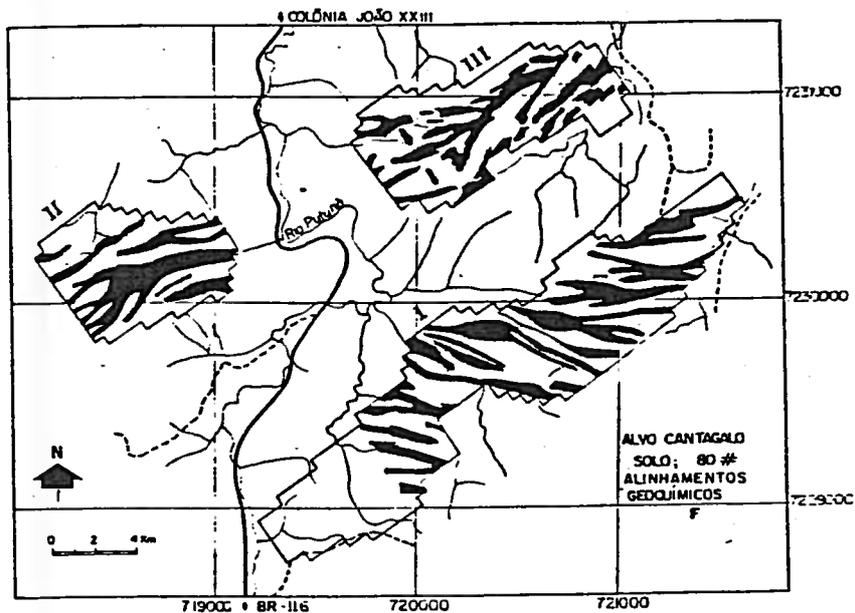


FIGURA 06 - MAPA DOS ALINHAMENTOS GEOQUÍMICOS DO F - ALVO CANTAGALO

aspecto sacaroidal, equigranulares, félsicas de cor branca. São compostas por albita, quartzo, feldspato potássio e micas prateadas (muscovitas e zinwalditas). Alguns tipos devido ao grande conteúdo, em albita, podem ser chamados de albititos ou albita-graisens devido a presença de micas de provável origem pneumatolítica.

Essas rochas foram melhor caracterizadas na área II (ver localização na Fig. 04). Através dos alinhamentos geoquímicos definidos pela superposição de elementos anômalos no solo, aliado a presença de núcleos com grandes concentrações metálicas, notadamente de Sn, foi possível detectar a presença de um corpo de granito albitizado cujos contatos geológicos verificados em campo, praticamente coincidem com os contornos das anomalias geoquímicas (figura 07). Isso revela a pequena amplitude de deslocamento dos halos geoquímicos dos elementos analisados (Sn, W, Bi e F), denotando a inexistência de significativos movimentos do manto pedológico.

Em superfície, o granito ocupa uma área com aproximadamente 20.000 m², possui forma ovalada, com eixo maior de direção N60E, atingindo 200 metros de comprimento e largura de 100 metros.

As relações de contato intrusivo são claras e evidentes pela auréola de metamorfismo de contato nas bordas, pelos contatos ortogonais à foliação da encaixante e pela ausência de foliação na rocha intrusiva.

O "emplacement" da intrusão parece estar relacionado ao sistema transcorrente da Falha do Putunã, cuja zona principal de cisalhamento, de direção N60E, situa-se a 1,5 km a SE da área.

As mineralizações associadas à rocha granítica são essencialmente de cassiterita, presente na quase totalidade das amostras analisadas. Os teores médios de cassiterita, recuperada por bateamento da rocha albitizada, são da ordem de 100 g/ton, podendo atingir localmente até 1.600 gramas por tonelada. A fração granulométrica predominante distribuiu-se no intervalo de 60-115 mesh, com máximos de 9 mesh e mínimos de 115 mesh.

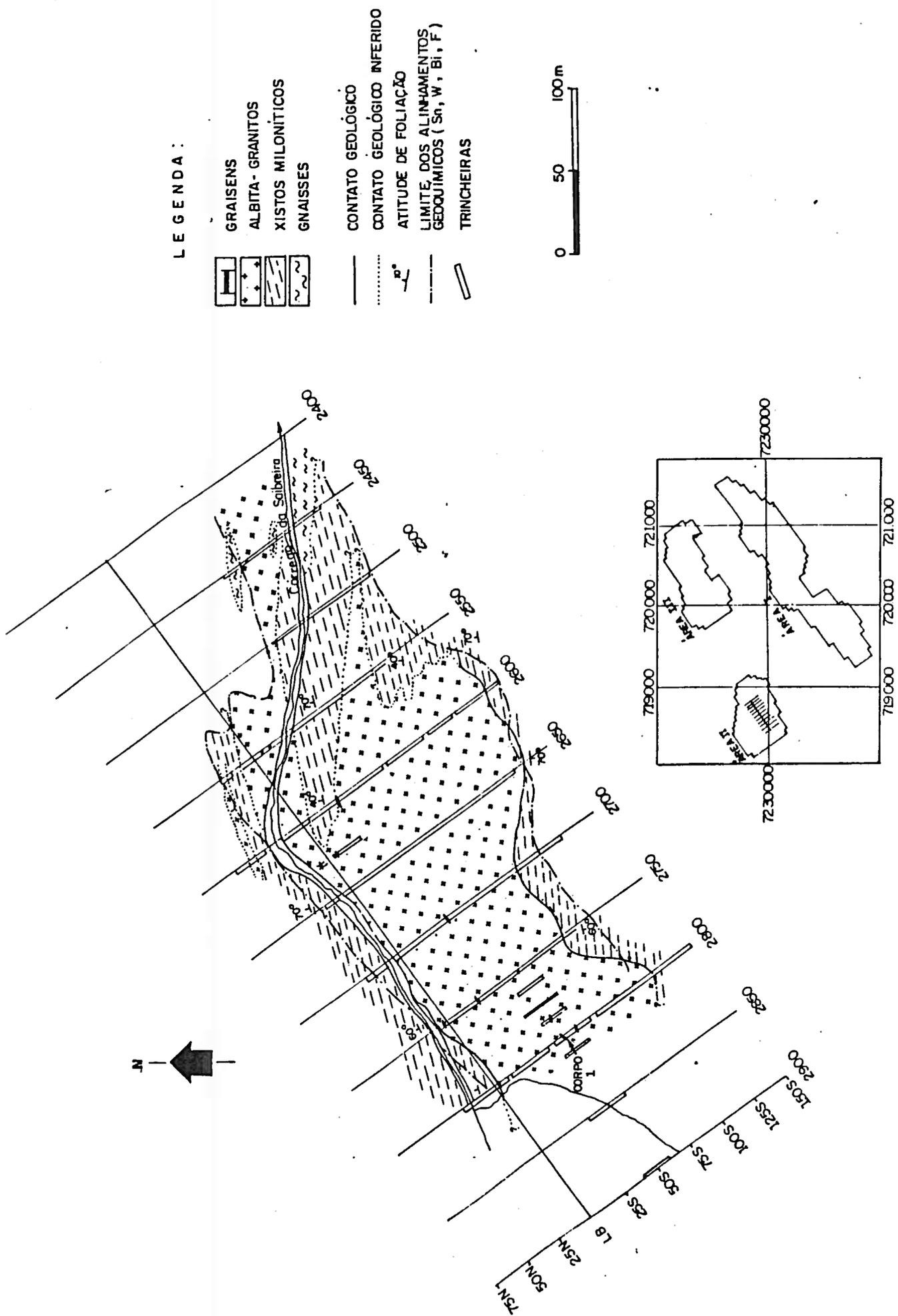


FIGURA 07 - MAPA GEOLÓGICO DE DETALHE DA ÁREA II - ALVO CANTAGALO

Os concentrados de bateia obtidos a partir da rocha albitizada, foram sistematicamente analisados em laboratórios de minerais pesados, e em amostras de rocha foram efetuadas esporádicas análises químicas e de difratometria de Raio X. Essas análises não revelaram quaisquer outros tipos de mineralizações que podem ter interesse econômico junto a jazimentos albitíticos, quais sejam: W, Nb-Ta, Be ou Zr.

Outros corpos graníticos albitizados, afloram em grande parte na forma de "sheets", subhorizontais, de espessuras métricas, com direção geral E-W e mergulhos suaves para sul ($30^{\circ}40^{\circ}$). Este sistema de fraturas foi bem caracterizado nos mapas geoquímicos de solo, principalmente nos alinhamentos geoquímicos do Sn e F (figuras 05 e 06).

A presença de corpos tabulares ligeiramente encurvados, sugere preenchimento de fraturas geradas por intrusão de massas ígneas.

b) Graisens

Foram caracterizadas na área, duas suítes de graisens, denominadas genericamente de "graisens derivados de granitos albitizados" e "graisens derivados das rochas encaixantes".

b.1) Graisens Derivados de Granitos Albitizados

Essas rochas se desenvolveram em linhas estruturais de fraqueza da rocha hospedeira, representadas pelos contatos da intrusão com as encaixantes e zonas de falhas e fraturas, propícias a percolação de fluidos que provocaram a graisenização.

Esses graisens são rochas constituídas basicamente por quartzo e micas, revelando um zoneamento interno que quando completo é composto por três fácies: zona de borda, zona intermediária e zona central, conforme ilustrado na figura 08.

Zona de borda: É caracterizada por rocha de granulação e aspecto semelhante ao granito com muitos grãos de quartzo e um ligeiro aumento na quantidade de minerais micá-

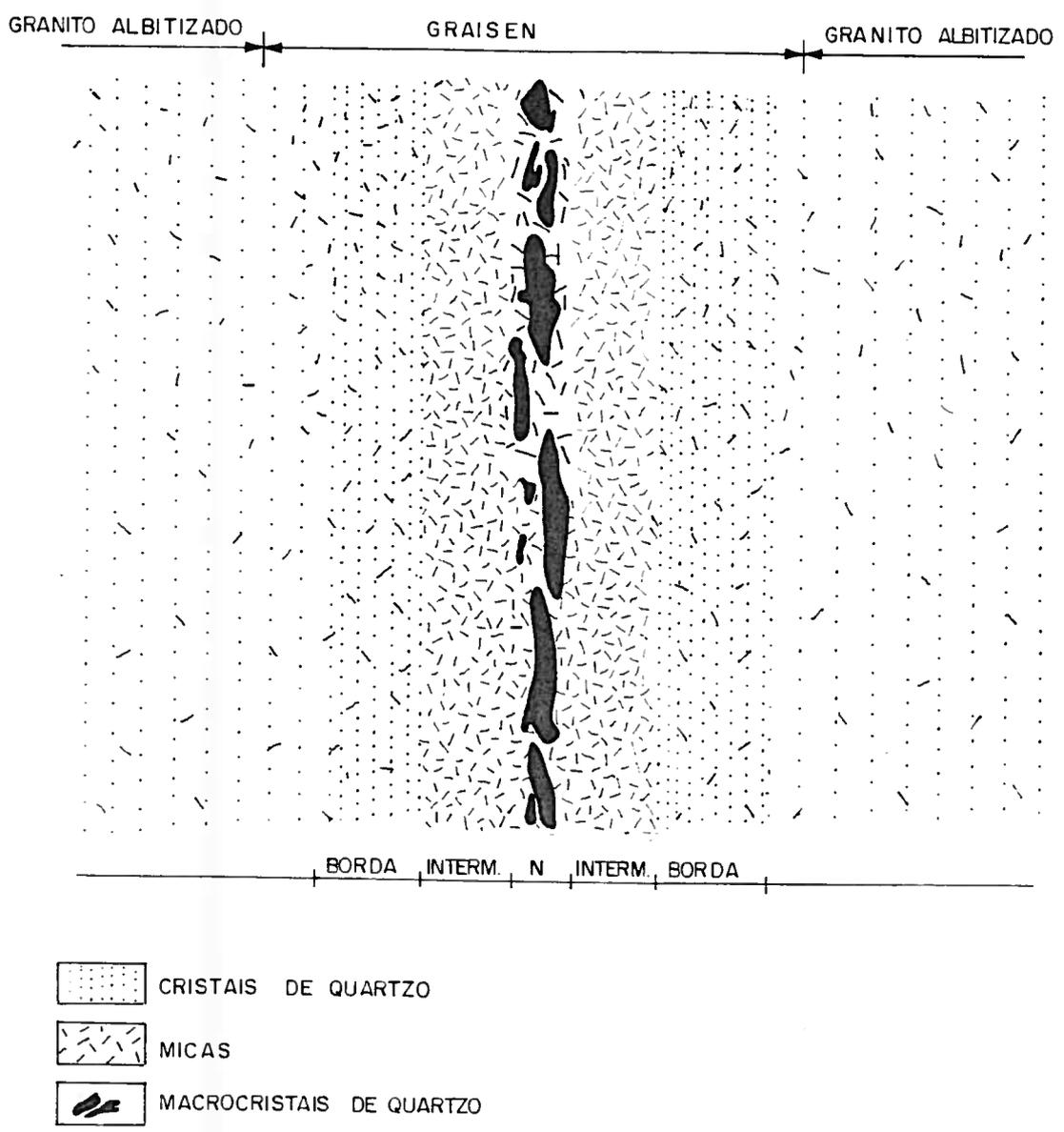


FIGURA 08- ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA DE GRAISEN DERIVADO DE GRANITO ALBITIZADO COM ZONAÇÃO PERFEITA .

ceos. São normalmente albita-mica-quartzo graisens sacaroidais com cristais de albita reliquiares inclusos normalmente no quartzo. A graisenização fez-se por substituição inicial de quartzo sobre feldspato e posterior muscovitização. Essa fácies de borda é a mais significativa em termos de volume e ocorrência. Identifica-se frequentemente ao microscópio pequenos cristais de cassiterita inseridos nos minerais micáceos.

Zona intermediária: É caracteristicamente uma massa de micas por vezes com pouco quartzo ou até mesmo destituído do mesmo. São normalmente quartzo-mica graisens de cores esverdeadas, acinzentadas ou prateadas, constituídos por uma trama de geminados de cristais de micas equigranulares de granulação média a grosseira. Em alguns casos foi diagnosticada a presença de zinwaldita e topázio. São comuns cristais de cassiterita como grãos inclusos no quartzo ou pequenos cristais inseridos na malha dos minerais micáceos. São também comuns "box works" de onde foram lixiviados sulfetos. O contato dessa zona com a de borda é relativamente brusco, marcado por diminuição acentuada no teor de minerais micáceos.

Zona central: É caracterizada por um emaranhado de macrocristais de quartzo e micas grosseiras. Normalmente o quartzo sobrepuja as micas em volume. As micas normalmente são prateadas em geminados cristalinos de até 2,5 cm com cavidades de dissolução. São no geral mica-quartzo graisens. Foram observados cristais de cassiterita e wolframita sobretudo associados ao quartzo. Essa zona geralmente é pouco desenvolvida, ou mesmo ausente.

Foram detectados em superfície, pelos menos 15 corpos de graisens derivados da rocha albitizada. Destes, o denominado Corpo 1 foi alvo de grande detalhe, em função de suas espessuras e elevados teores de cassiterita e wolframita associados, sendo descrito a seguir:

- Corpo 1 (Linha 2800/50S): Posiciona-se, estruturalmente no cruzamento de fraturas de direções N60E e N-S, possivelmente relacionadas à "Falha do Putunã".

Possui forma irregular, descontinuidade acentuada, segmentado em duas partes, com largura máxima de 1,5 metros e comprimento de 6 metros, afilando-se para poucos centímetros nas extremidades (figura 09). Apresenta zoneamento composicional interno, marcado pela ocorrência de duas fácies: mica-quartzo graisen (zona de borda), e quartzo-mica graisen (zona intermediária), sendo desprovido de zona central. Essas variações faciológicas são acompanhadas também por variações nos conteúdos e teores dos metais. Os teores obtidos de cassiterita e wolframita, revelaram os seguintes valores:

F Á C I E S	TEORES MÉDIOS (g/t)	
	CASSITERITA	WOLFRAMITA
Quartzo mica-graisen	40.000	2.000
Mica quartzo-graisen	350	-

O comportamento estrutural e faciológico do Corpo 1, foi também verificado em profundidade através da abertura do poço de pesquisa PE-01, que atingiu 7,20 m (fig. 10).

Ao longo da escavação observa-se o nítido controle estrutural do corpo, balizado pelo sistema de fraturas N60E e N-S. Sua forma irregular e descontinuidade tornam-se ainda mais notórios com o total desaparecimento do corpo mineralizado nos últimos intervalos do poço, restando apenas o plano de fratura caulinizado.

O poço PE-01 foi sistematicamente amostrado através de canaletas abertas no piso da escavação a cada avanço de 0,5 metro. Os teores de cassiterita e wolframita são apresentados na figura 11, juntamente com a descrição detalhada da escavação.

De modo geral se observa que os teores de cassiterita, à níveis econômicos, estão restritos à massa graisenizada, junto ao fácies micáceo. Teores de wolframita parecem não coexistir com a mesma frequência, embora se tenham registrado em níveis superiores à embocadura do poço, valores expres-

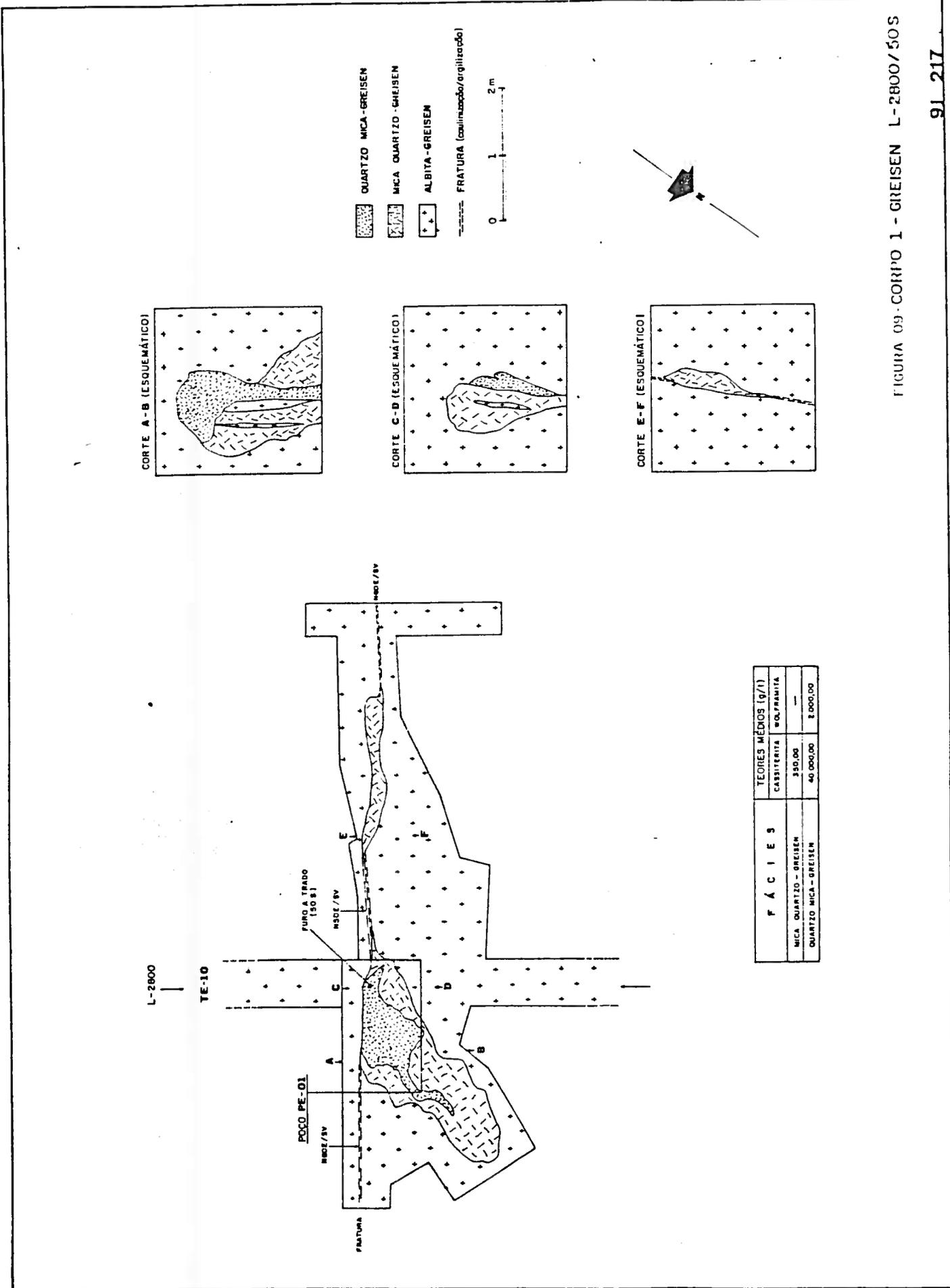


FIGURA 09 - CORPO 1 - GREISEN L-2800/50S

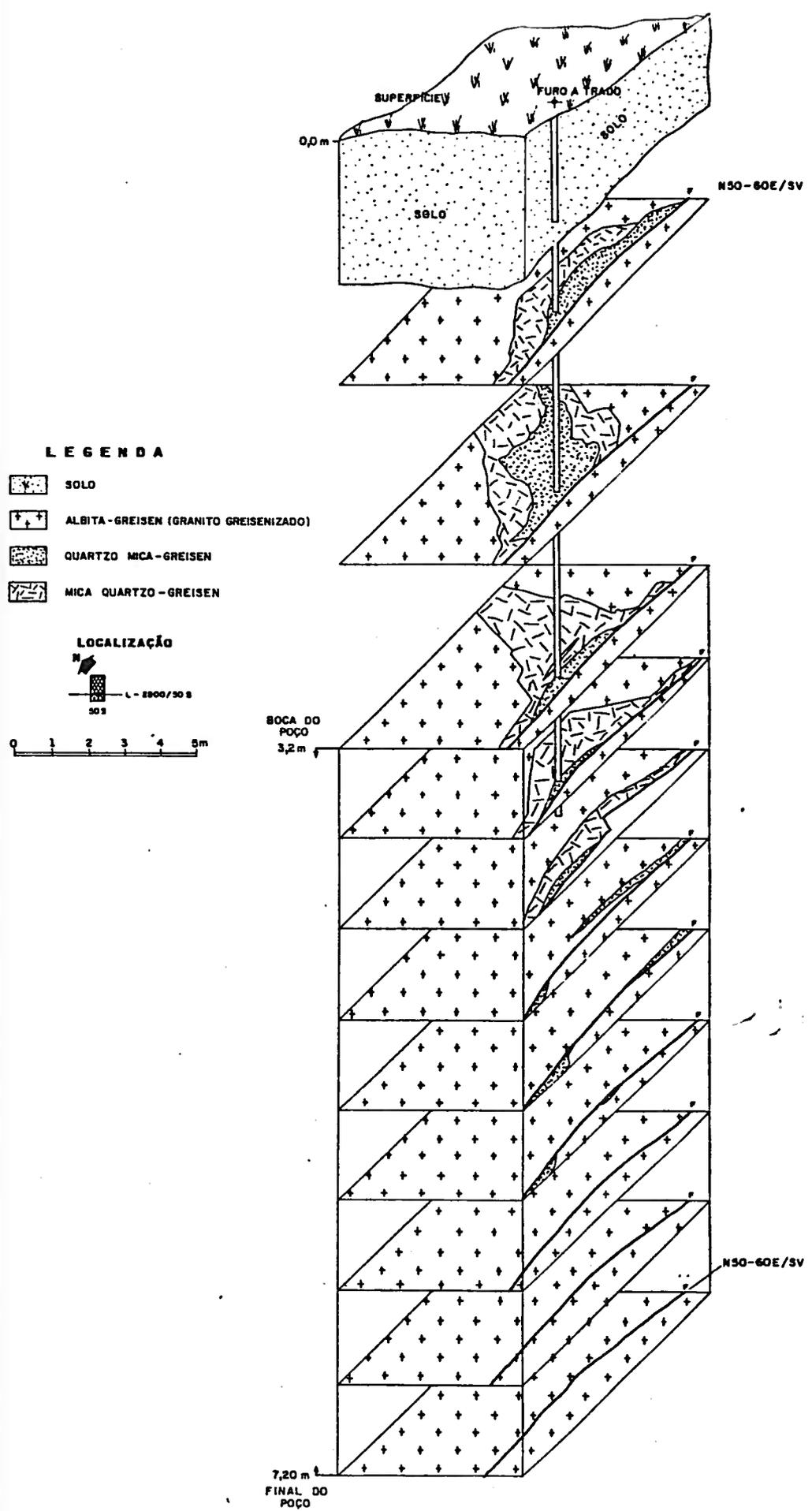


FIGURA 10- POÇO PE-01
(LINHA 2800/505)

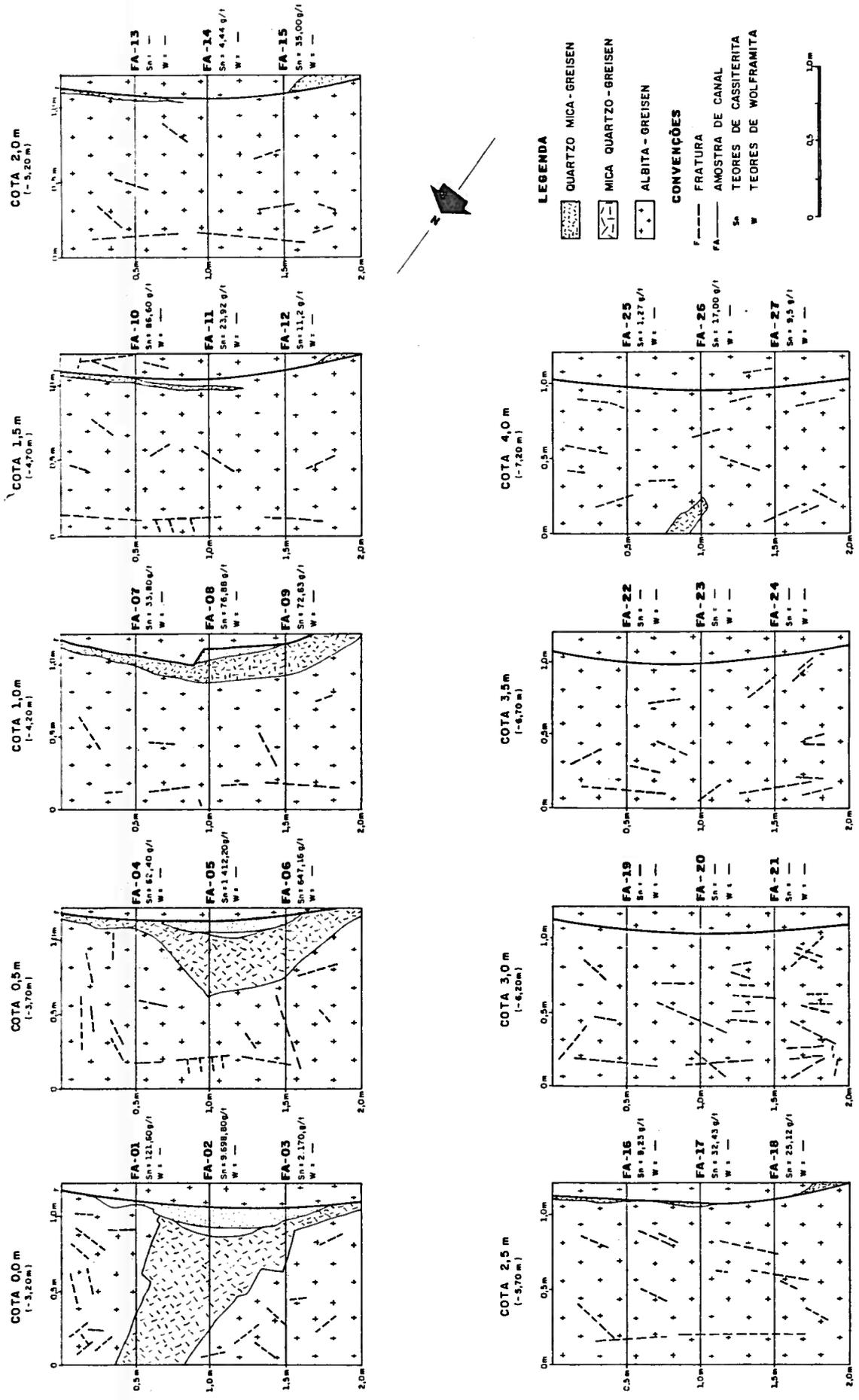


FIGURA 11 — POÇO PE-01 (mapa do piso)

sivos que atingiram até 2.800 g/t de wolframita, também associado ao fácies micáceo. Esses teores caem bruscamente nas terminações do corpo, junto à rocha granítica na zona de fratura, com teores de cassiterita, abaixo da média geral dos granitos e com total ausência de wolframita.

As cassiteritas do Alvo Cantagalo, apresentam intensa variação de cores, desde incolores, amarelo-avermelhados, castanhas até quase opacas. As mais avermelhadas, são mencionadas na literatura como portadoras de Fe, Nb, Ta e Mn. A associação de Nb-Ta, junto às cassiteritas, talvez justifique a existência de teores químicos desses elementos em amostras de concentrados de bateia, que não revelaram espécies minerais da série columbita-tantalita.

Embora não tenham sido definidas mineralizações de Bi e Mo, deve-se considerar que a riqueza de "box works" disseminados nas zonas micáceas, aliado a teores localmente elevados, em análises químicas, podem ser indicativos de concentrações dessas substâncias em corpos situados a profundidades maiores, onde os sulfetos não foram lixiviados.

b.2) Graisens Derivados das Rochas Encaixantes

Os graisens derivados das rochas encaixantes foram caracterizados na área I (ver localização, figura 04). Neste caso a graisenização se dá sob a forma de filões centimétricos desenvolvidos paralelamente ou subparalelamente à foliação da rocha encaixante. São "exograisens" formados pela substituição e enriquecimento da rocha em Si e K, em vários graus. Esses filões quando bem desenvolvidos, constituem-se de um núcleo de quartzo branco, leitoso, bordejado por micas desenvolvidas aleatoriamente. As encaixantes próximas (gnaisse/xistos), por vezes mantêm aspectos estruturais originais, mas com sua mineralogia modificada, o que é marcado pelo desenvolvimento acentuado de micas. No geral a graisenização só é identificada com estudos micropetrográficos.

As mineralizações associadas aos graisens derivados das encaixantes, são quase que exclusivamente à cassiterita, embora se tenha reconhecido cristais de molibdenita em blo

cos rolados em drenagem. Essa potencialidade para ocorrência de concentrações minerais, havia sido caracterizada com a obtenção de elevados valores em análises químicas de rocha, com teores de 0,87% Sn e 0,17% Mo. Porém os trabalhos de detalhe, levados à efeito com a abertura de escavações localizadas sobre picos e alinhamentos geoquímicos de solo, revelaram a baixa densidade de ocorrência dos "exograisens", com grandes espaçamentos entre os veios e venulações de quartzo, mostrando espessuras milimétricas e teores insignificantes nas amostras de canal. A caracterização da cassiterita é feita quando analisado isoladamente o veio de quartzo, com teores pouco expressivos.

Estes fatos revelam que em superfície, no nível de erosão exposto, as condições não foram favoráveis para concentração de enxames de filões graisenizados, a exemplo dos depósitos do tipo "greisen bordered veins" (Altenberg, RDA).

6 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A POTENCIALIDADE DA ÁREA E MODELOS EXPLORATÓRIOS

Os trabalhos de pesquisa mineral efetuados em superfície nos alvos Paraíso e Cantagalo, embora não tenham revelado concentrações de estanho à níveis econômicos, foram suficientes para caracterizar a existência de vocação metalogênica na área, e em específico metalogenia relacionada a falhas transcorrentes da região, como já havia sugerido Fritzsens Jr, 1986.

A faixa anômala do Estanho, definida pela associação Sn, W, Nb, Ta, F, Cu e Pb, superpõe-se à zona de cisalhamento da "Falha do Putunã". Ao longo da estrutura são reconhecidos indícios de intensa atividade magmática, que deve relacionar-se a diversos e distintos eventos de reativações. São conhecidas ocorrências de metaperidotitos e alcali-granitos cataclasados, entre os quais se destacam o "Granitóide Serriinha" e "Nagib Silva". Existem também manifestações ígneas mais jovens, desprovidas de deformação textural, representadas por

corpos de granitos albitizados e graisens mineralizados a Sn e W, detectados em trabalhos de detalhe no Alvo Cantagalo.

As mineralizações associadas ao lineamento, podem localizar-se sobre a zona de cisalhamento (Alvo Paraíso), ou nas proximidades (Alvo Cantagalo). As ocorrências situadas fora da zona de cisalhamento podem ser atribuídas a sistemas de fraturas sintéticas de direção aproximada E-W. Este facto é verificado no Alvo Cantagalo, pela incidência de corpos de granitos albitizados ("sheets"), dispostos em fraturas E-W, conforme medidas estruturais e pela disposição dos alinhamentos geoquímicos de Sn e F, no solo (figuras 05 e 06). Regiões de intersecções de fraturas podem favorecer a colocação de corpos de maiores dimensões, a exemplo do principal corpo de rocha albitizada da área II.

A concentração de indícios diretos e indiretos de graisens, junto ao lineamento Putunã, e dentro de rochas regionais (xistos, xistos feldspáticos e gnaisses), sugere a existência de uma fonte subjacente para os fluidos mineralizantes. Intrusões graníticas de composição alcalina são passíveis de se alojarem nestas descontinuidades profundas da crosta, mineralizados a metais raros e nobres (Biondi, 1986).

Por ora, não é possível afirmar sobre a posição de uma massa ígnea principal, geradora destas manifestações metassomáticas/hidrotermais, porém acredita-se que seu "emplacement" esteja de certa forma relacionado ao sistema de falhamento. Os graisens como um todo, devem posicionar-se sobre esta massa ígnea. Eles ocorrem sobretudo em fraturas e microfraturas das rochas encaixantes, preenchendo-as. As rochas albitizadas afloram em grande parte como "sheets" subhorizontais de espessuras métricas, ligeiramente encurvados, que podem ser o resultado do preenchimento de fraturas geradas pela própria intrusão da massa ígnea principal.

Os graisens derivados da rocha albitizada teriam se originado a partir de magmas diferenciados, parcialmente afetados por metassomatismo sódico manifestado pela albitização parcial. Durante ou após seu resfriamento, as fraturas teriam sido reabertas e percoladas por fluidos que propicia-

ram uma graisenização acentuada. Esta fase de graisenização (metassomatismo potássico) teria propiciado o enriquecimento em metais, especialmente de Sn.

A área estudada é comparável a outras províncias minerais onde se tem massas ígneas especializadas, subaflo^{ra}ntes, com filões e pipes de graisens, a exemplo da província de Herberton, Austrália.

Ocorrências de mineralizações de Sn e W, associadas a graisens em zonas de cisalhamento de caráter transcorrente, são conhecidas nos depósitos estaníferos de Encruzilhada do Sul, RS (Frantz, 1985). Segundo o autor, os sistemas de cisalhamento condicionaram as intrusões de diversos corpos de granitos na região. Foi também ao longo destes sistemas que as soluções derivadas das intrusões percolaram, gerando efeitos de alteração hidrotermal, que variam desde a muscovitização e turmalização incipientes até a formação de graisens e turmalinitos. Essas intrusões, segundo Frantz, embora condicionadas pelas zonas de cisalhamento, mostram duas posições espaciais distintas, com os corpos graníticos situados integralmente dentro das faixas miloníticas, e ocupando posições marginais aos milonitos (figura 12).

As zonas tensionais ou de abertura de espaços, associadas a falhamentos transcorrentes, são locais propícios ao alojamento de "stocks", diques e veios. Fraturas tensionais podem se originar ao longo ou nas proximidades de falhas transcorrentes, onde houver mudança na atitude do plano de falha, ou ainda, paralelamente ao plano que contém os eixos principais máximos σ_1 e intermediários σ_2 , do esforço compressivo, em resposta a ajustes laterais segundo o eixo menor (figura 13). Assim aberturas tensionais podem formar-se em locais específicos dentro de um campo de esforços regionais compressivos, propiciando o posicionamento preferencial de diques, veios e intrusões comumente associados com mineralizações do sistema hidrotermal (Fiori, 1984).

As fraturas tensionais conjugadas às falhas maiores favorecem não só a abertura de espaços para percolação de fluidos hidrotermais, mas também para a deposição de minerais,

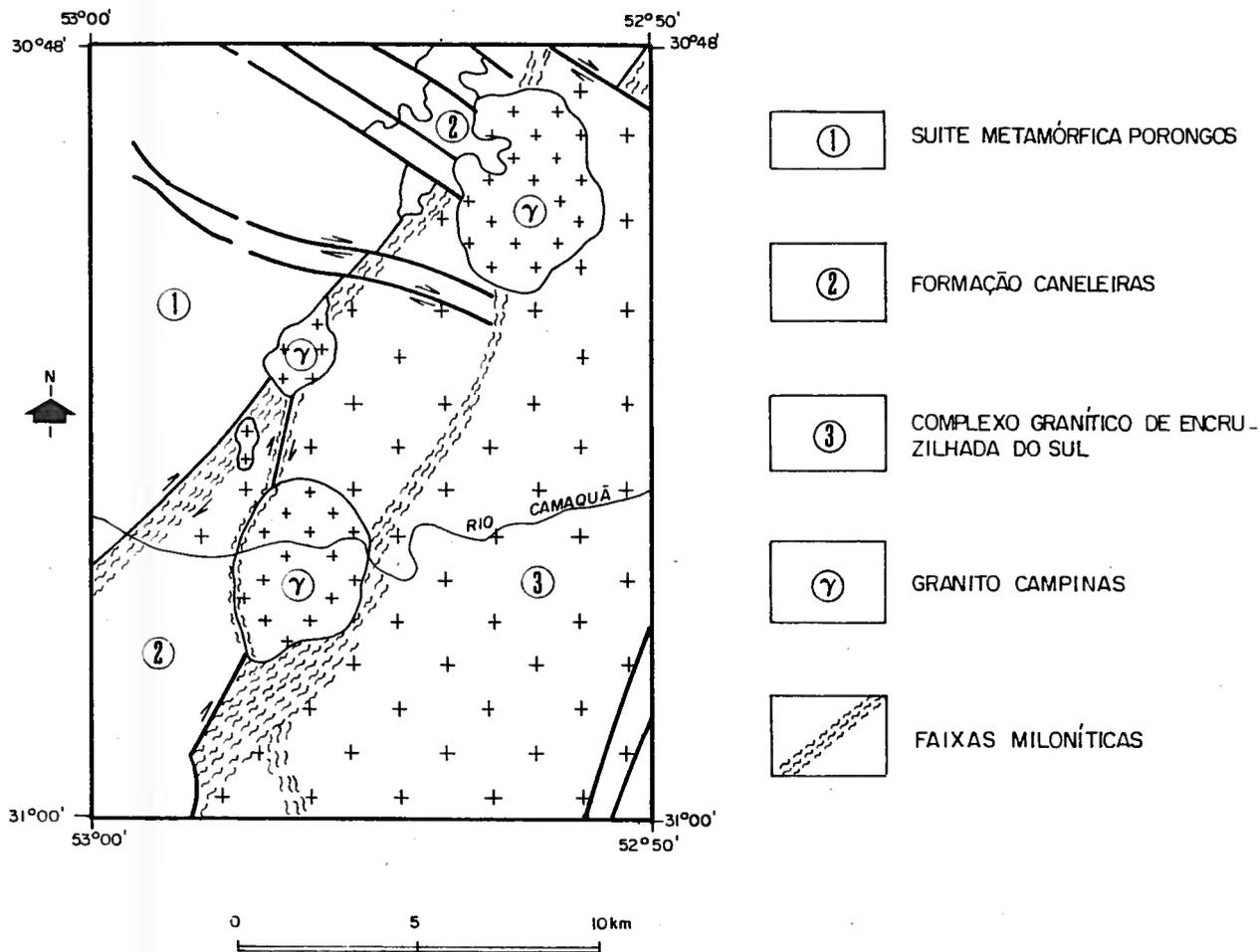


FIGURA 12 -ESBÔÇO GEOLÓGICO DA REGIÃO DOS CORPOS GRANÍTICOS DE ENCRUZILHADA DO SUL, ASSOCIADOS A FAIXAS DE MILONITOS. (MODIFICADO DE JOST, 1981 E FRANTZ,1983).

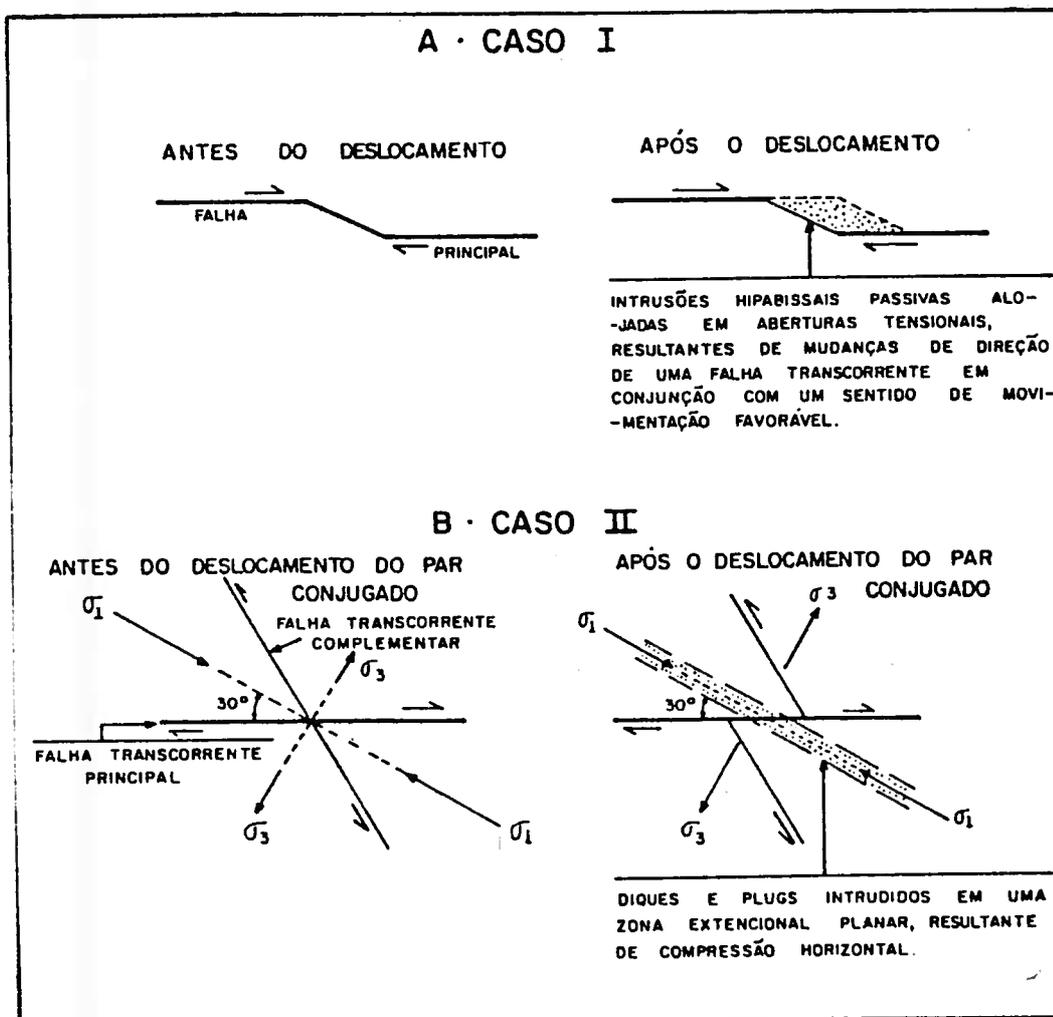


FIGURA 13 - ZONAS TENSIONAIS ASSOCIADAS A FALHAMENTOS EM ÁREAS SUBMETIDAS A ESFORÇOS COMPRESIO-
NAIS (SEGUNDO CADDEY, IN FIORI ET ALII, 1984)

enquanto que a falha representa um conduto de ligação de fontes magmáticas com a superfície.

A relação entre a propagação de zonas de cisalhamento e os espaços criados para deposição de minerais é apresentada na figura 14, utilizada na caracterização dos controles das mineralizações dos depósitos de scheelita Salau, French Pyrenees (Ledru e Autran, 1987).

Todas as informações aqui apresentadas permitem que se façam especulações sobre a existência de cúpulas grai-senizadas, subaflorantes, relacionadas à zona de cisalhamento da Falha do Putunã. O Alvo Cantagalo pode representar a região de exocontato intrusivo da massa ígnea principal.

As zonas de apogranitos constituem importantes alvos para prospecção de mineralizações estaníferas e metais associados. Os constituintes metálicos produzidos pela grai-senização são depositados na cúpula da intrusão (graisens maciços), ou mais acima nas zonas de contato com a rocha encaixante em corpos sob a forma de veios, diques e pipes (Scherba, 1970).

As sugestões e propostas de modelos aqui apresentados devem ser tomadas como hipóteses de trabalho, existindo a necessidade do avanço de estudos e pesquisas na área, que propiciem conclusões mais categóricas.

7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- A prospecção geoquímica multielementar em áreas inicialmente desconhecidas em termos de ocorrências minerais e de seu potencial geoquímico, a exemplo da área de Capivari-Pardo, constitui-se de importante ferramenta na detecção de mineralizações e depósitos minerais.

Recomenda-se o uso deste método, juntamente com análise mineralógica em concentrados de bateia, principalmente na prospecção de mineralizações estaníferas. O emprego de

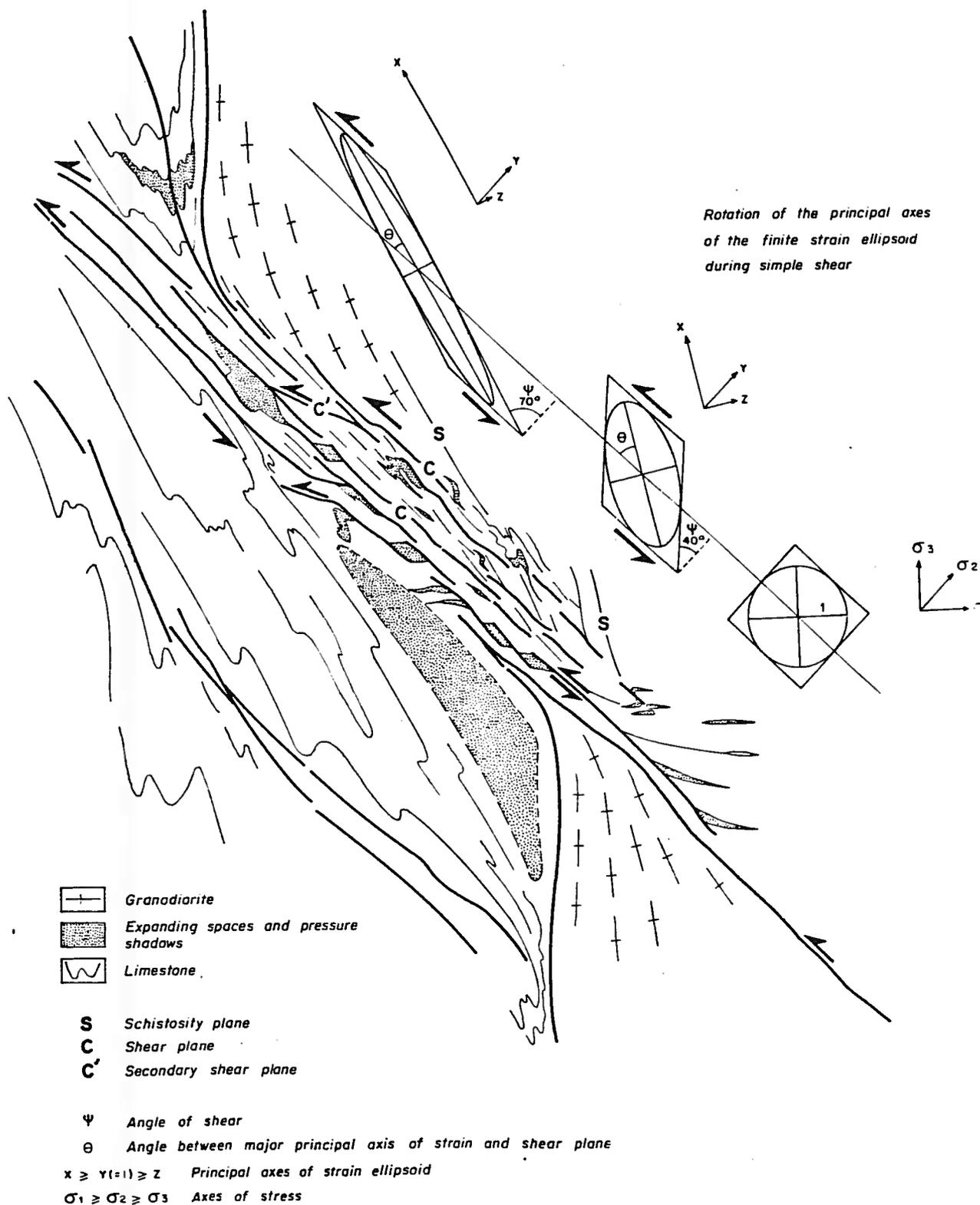


FIGURA 14. RELAÇÃO ENTRE A PROPAGAÇÃO DE ZONAS DE CISALHAMENTO E ESPAÇOS CRIADOS PARA DEPOSIÇÃO DE MINERAIS. (LEDRU E AUTRAN, 1982) VÁLIDO PARA QUALQUER ESCALA.

técnicas combinadas de mineralogia de concentrados de bateia e análises químicas na investigação sistemática, reveste-se das vantagens da abordagem de problemas metalogenéticos, pelo prisma da distribuição espacial dos jazimentos e de poder estabelecer estrategicamente os melhores alvos para pesquisa de detalhe.

- Os trabalhos de prospecção mineral na região, levaram à definição de extensa faixa anômala para estanho e metais associados, posicionada sobre a zona de cisalhamento da "Falha do Putunã", de caráter transcorrente, sugerindo controle tectônico das mineralizações.

- Embora não tenham sido detectados em superfície, depósitos economicamente explotáveis, ficou caracterizada a existência de importante processo de mineralização de estanho em graisens, o que valoriza a área em termos exploratórios.

- Acredita-se que as manifestações hidrotermais/metassomáticas registradas nos alvos Paraíso e Cantagalo, estão relacionadas à granitogênese associada a "Falha do Putunã". O Alvo Cantagalo pode representar a zona do "exocontato" de intrusão granítica, subaflorante, afetada por processos de graisenização.

- A descoberta de depósitos de Sn e metais associados no Escudo Paranaense, é da mais alta importância, se ainda que não econômica, mas prospectiva e científica. A confirmação de vocação metalogenética na área, e em específico relacionada à zonas de cisalhamento, pode servir de efetivo impulso à exploração mineral sistemática na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BIONDI, J.C. Depósitos de minerais metálicos de filiação magmática. São Paulo, T. A. Queiroz - CMBB, 1986. 602 p.
- 2 FALCADE, D. Geologia e potencial econômico da área Capivari-Pardo. Curitiba, MINEROPAR, 1982. 163 p. Inédito.
- 3 FIORI, A.P. et alii. Lineamentos tectônicos e possíveis mineralizações associadas no pré-Cambriano paranaense. Curitiba, UFPR, 1984. 2 v. Inédito. Convênio UFPR/MINEROPAR.
- 4 FRANTZ, J.C. Tipologia e controles dos depósitos estaníferos da região de Encruzilhada do Sul - RS. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2., Florianópolis, 1985. Anais. Florianópolis, SBG, 1985. p. 116-123.
- 5 FRITZSONS Jr., O. Graisens mineralizados a estanho e tungstênio no Estado do Paraná. Rev. Bras. Geoc. 18 (1): 69-78, 1988.
- 6 _____. Prospecção de detalhe no Alvo Sn - Cantagalo fase I. Curitiba, MINEROPAR, 1985. 51 p. Inédito.
- 7 _____. Prospecção de detalhe no Alvo Sn - Paraíso fase I MINEROPAR, 1985. 29 p. Inédito.
- 8 _____. et alii. Verificação de anomalias geoquímicas nas áreas Capivari-Pardo e Anticlinal do Setuva. Curitiba, MINEROPAR, 1985. 4 v. Inédito.
- 9 LEDRU, P. & AUTRAN, A. Relationships between fluid circulation, ore deposition, and shear zones: New evidence from the Salau Scheelite Deposit (French Pyrenees). Economic Geology. 82 (1): 224-229, 1987.

- 10 LICHT, O.A.B. Interpretação dos dados de geoquímica de solos Projeto Estanho - Cantagalo. Curitiba, MINEROPAR, 1986. 14 p.; 15 anexos. Inédito.
- 11 OLIVEIRA, L.M. Prospecção de detalhe no Alvo Sn - Cantagalo fase II. Curitiba, MINEROPAR, 1987. 42 p. Inédito.
- 12 RAMOS, M.M. Prospecção geoquímica regional - Projeto Capivari-Pardo. Curitiba, MINEROPAR, 1983. 2 v. Inédito.
- 13 SHCHERBA, G.N. Greisens. Intern. Geol. Rev. 12 (2): 114-150, 1970.
- 14 _____. Greisens (parte 2). Intern. Geol. Rev. 12 (3):239-255, 1970.
- 15 TAYLOR, R.G. Geology of tin deposits. Amsterdam, Elsevier, 1979. 534 p.