

## UMA INTERPRETAÇÃO ALTERNATIVA DA ORIGEM DOS TURMALINA LEUCOGRANITOS DE MAILASQUI, SÃO PAULO

Paulo Cesar PRESSINOTTI  
Rubens Borges da SILVA  
Yociteru HASUI  
Fernando Antonio Guimarães MARTINS

### RESUMO

Os granitos de fonte crustal são importantes por constituírem forte indicação de ambiente colisional e por serem potenciais portadores de mineralizações epigenéticas de inúmeros elementos litófilos (Sn, W, Li, Be, U, Nb, Ta, ETR, etc.).

Apresenta-se aqui uma interpretação alternativa sobre a origem dos turmalina leucogranitos que ocorrem a norte da localidade de Mailasqui, Estado de São Paulo – o Granito de Mailasqui – e faz-se uma primeira abordagem do potencial metalífero deste tipo particular de plutonito ácido que ocorre nas proximidades da cidade de São Paulo.

### ABSTRACT

Based on field, geochemical and geophysical data, an anatectic crustal source is proposed for the tourmaline leucogranites from north of the town of Mailasqui, State of São Paulo, Brazil. In addition, an evaluation of their metalliferous potential is presented.

### 1 INTRODUÇÃO

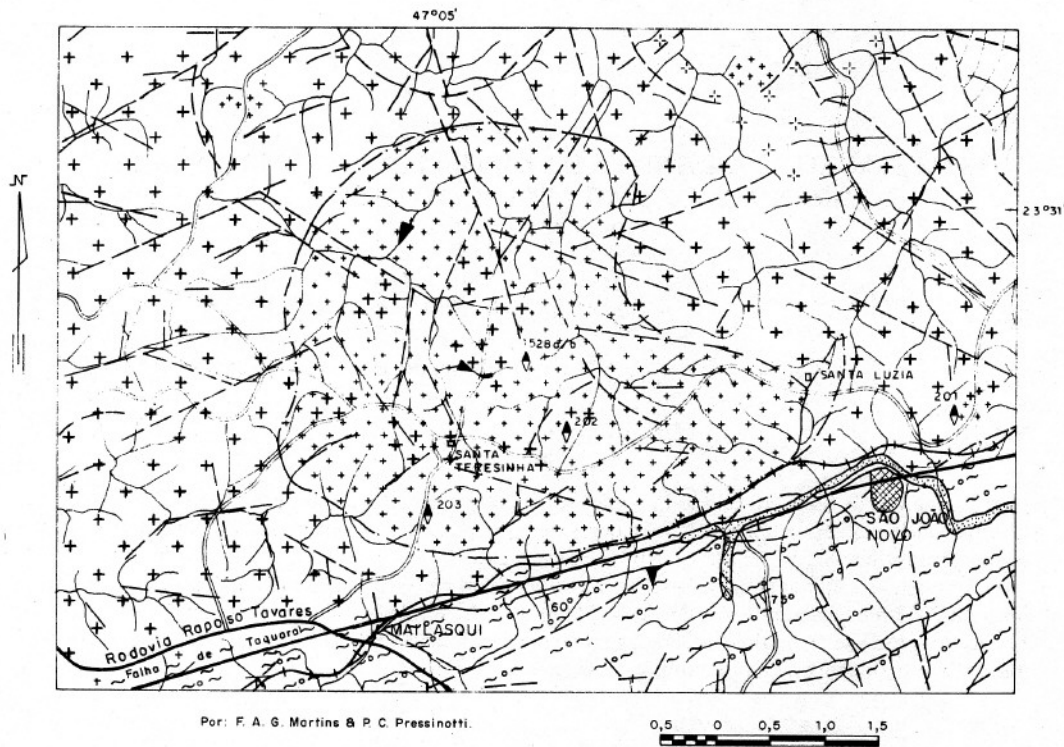
O termo turmalina granito é utilizado para designar rochas de composição granítica que apresentam turmalina da série schorlita-dravita. Boro, um componente menor de rochas graníticas, encontra-se em concentrações maiores em turmalina granitos com teores variando de 0,2 a 0,3% de  $B_2O_3$  em peso, podendo atingir até 1,0%. O feldspato alcalino normalmente é o microclínio micropertítico ou o ortoclásio, e a mica principal é a moscovita (comumente suposta primária), com biotita subordinada; os minerais acessórios são, caracteristicamente, peraluminosos (andaluzita, granada e cordierita). A soma  $Qz + Ab + Or$  normativo tende a ser maior que 95%. Quimicamente, apresentam um enriquecimento de  $SiO_2$  e  $K_2O$ , bem como de elementos-traços e voláteis, o que é atribuído a fusões parciais altamente diferenciadas. Encraves básicos geralmente estão ausentes, existindo, contudo, encraves oriundos das rochas encaixantes. O modo de ocorrência é variável, podendo aparecer na forma de pequenos corpos, como na província granítica hercíniana da Europa e na Tailândia (*Main Range* da

Malásia), ou na forma de extensas massas graníticas, como nos “*Upper Himalaias*” (PICHAVANT & MANNING, 1984).

A importância econômica destes granitos reside na associação espacial de mineralizações de Sn, W, U, Be, Li, Au, ETR, etc., tais como aquelas que ocorrem nas províncias graníticas hercínianas de Portugal, Espanha e França ou mesmo na Tailândia (Sn, W).

A descoberta dos turmalina leucogranitos de Mailasqui, pelos autores, decorreu da aplicação de um método de exploração mineral voltado para selecionar áreas-alvo potencialmente favoráveis a mineralizações de Sn e W associadas a plutonismo ácido (IPT, 1991). O método envolvia a conjugação de vários mapas temáticos para detectar feições indicativas da existência de corpos graníticos intrusivos aflorantes ou subaflorantes.

A integração desses mapas (por exemplo, intensidade de fraturamento, campos locais de fraturamento, anomalias aerorradiométricas e fotointerpretado) indicou a existência de um corpo granítico intrusivo dentro do batólito granítico de São Roque, próximo à localidade de Mailasqui, SP (PRESSINOTTI, 1992; PRESSI-



**LEGENDA**

- ALUVIÃO
- LEUCOGRANITO MAILASQUI. TURMALINA LEUCOGRANITO (3b), FINO E NÃO-FOLIADO
- FILITO, MICAXISTO FINO E, SUBORDINADAMENTE, QUARTZITO E METACALCÁRIO
- BLASTOMILONITO E GRANITO PORFIRÍDE FOLIADO.
- GRANITO SÃO ROQUE. BIOTITA GRANITO COM MEGACRISTAIS DE FELDSPATO POTÁSSICO, GRANULAÇÃO GROSSA E FOLIADO (+), SUBORDINADAMENTE EQUIGRANULAR (-).
- CONTATO GEOLÓGICO DEFINIDO
- CONTATO GEOLÓGICO APROXIMADO
- FALHA
- LINEAMENTOS FOTOGEOLOGÍCOS
- FOLIAÇÃO/XISTOSIDADE COM MERGULHO INDICADO OU VERTICAL A SUBVERTICAL
- 202 ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM. ANÁLISE PETROGRÁFICA E ENSAIO COLORIMÉTRICO.

FIGURA 1 - Mapa geológico preliminar do Leucogranito Mailasqui.

NOTTI *et al.*, 1992). Reconhecimento geológico de superfície constatou a presença de um turmalina leucogranito, intrusivo e discordante no referido batólito. Mapeamento geológico na escala 1: 50.000 (FIGURA 1) e levantamento geoquímico por sedimento de corrente e concentrados de minerais pesados foram efetuados para avaliar seu potencial metalífero.

Simultaneamente à descoberta e à avaliação do potencial estano-tungstenífero do granito de Mailasqui, OLIVEIRA *et al.* (1991) efetuaram mapeamento geológico, na escala 1: 50.000, da folha de São Roque, para o Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais - Pró-Minério, assinalando a existência de dois pequenos corpos de turmalina granitos ao norte de Mailasqui, com exposição ao

redor de 1km<sup>2</sup> e 0,5km<sup>2</sup>, de contatos eminentemente intrusivos, composição variando de álcali-granitos a sieno-granitos, estrutura isótropa, podendo, localmente, exibir estruturas de fluxo dado pela orientação preferencial de prismas ou agregados minerais de turmalina.

ANDRADE (1992) apresentou mapa geológico simplificado do Complexo Granitóide São Roque - CGSR, São Paulo, descrevendo, entre outras, duas fácies peraluminosas distintas, sendo que uma delas correspondia aos corpos de turmalina granitos de OLIVEIRA *et al.* (op. cit.). Posteriormente, ANDRADE (1993) reuniu estes corpos turmaliníferos sob a denominação de turmalina monzogranitos, e, sob critérios petrográficos, litoquímicos, e tipologia do zircão, foi favorável ao modelo dessas

rochas representarem o produto de fracionamento magmático, a partir de magma de linhagem cálcio-alcálica (Complexo Granítico de São Roque).

### 1.1 Objetivo

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma interpretação alternativa sobre a origem destes turmalina leucogranitos, e tecer uma primeira abordagem do potencial metalífero deste tipo particular de plutonismo que ocorre nas proximidades da cidade de São Paulo, com base em levantamentos exploratórios efetuados, contexto tectônico regional e das rochas encaixantes.

## 2 GEOLOGIA REGIONAL

No Estado de São Paulo, estendendo-se desde a proximidade da barra do Rio dos Pilões com o Ribeira até as cercanias da cidade de Mairiporã, são reconhecidos vários complexos graníticos de dimensões batolíticas (e.g. complexos graníticos de Agudos Grandes, São Roque, Itaquí, Cantareira, etc.); no conjunto, apresentam direção geral NE concordante com a estruturação regional. São limitados ao norte por seqüências metavulcano-sedimentares e ectiníticas do grupo São Roque (REGO, 1930; IPT, 1989) e, ao sul, por biotita xistos, gnaisses e migmatitos do Complexo Embu (HASUI *et al.*, 1976). No interior de alguns desses complexos é comum a presença de encraves metassedimentares, limitados ou não por falhas (FIGURA 2).

A semelhança lítica e estrutural dessa imensa massa granitóide com o "Complexo Granítico Três Córregos" (HASUI *et al.*, 1984) permite supor, por analogia, que grande parte desses terrenos tidos como granitos sintectônicos ainda venha a ser caracterizada como infracrustal granito-gnáissica injetada por granitóides, à semelhança do que é reportado para o complexo granítico Três Córregos (HASUI *et al.*, op. cit.).

## 3 O GRANITO DE MAILASQUI

### 3.1 Petrografia

Macroscopicamente, trata-se de um turmalina leucogranito porfirítico, de granulação fina a média, estrutura maciça ou, localmente, com fraca orientação. O estudo de 4 seções delgadas indicou composição modal 3b (IUGS 1973 – FIGURA 3 e TABELA 1), com um pequeno predomínio do feldspato alcalino – um microclínio micropertítico ou não (30 a 50%), sobre o plagioclásio – um oligoclásio-albita (30 a

40%); o volume de quartzo varia de 20 a 30% e a biotita entre 1 e 2%. Schorlita (turmalina preta) pode chegar a um volume modal superior a 5% no granito. Mica branca, moscovita mais sericita, encontra-se intimamente associada a biotita, outros acessórios incluem epidoto, apatita, carbonato e opacos.

Schorlita pode apresentar ocorrência penetrativa e mesma textura que o granito. Foi considerada um constituinte primário por apresentar estruturas de fluxo – micrólitos de turmalina suborientados e na forma de nuvens dentro do granito e em veios aplíticos. Schorlita de natureza hidrotermal ocorre largamente distribuída em veios de quartzo turmaliníferos, na forma de massas compactas e colunares, em veios pegmatíticos, podendo ainda apresentar-se na forma de rosetas com cristais aciculares de turmalina.

### 3.2 Produtos de Alteração Metassomática

Com base em reconhecimento geológico e estudos petrográficos, foi localizado, até o momento, um único afloramento de rocha metassomatizada, tendo sido caracterizada como quartzo-mica-turmalina graisen, ocorrendo numa superfície de uns 20m<sup>2</sup>, onde o termo graisenizado grada para produtos argilosos (vide R-1528b FIGURA 1 e TABELA 1). Presença de mica pardo-esverdeada com volume modal de até 3% foi observada em outros pontos, em que análises litoquímicas no leucogranito revelaram teores da ordem de 1.000 ppm de F e 200 ppm de Li, sugestivos de processos de alteração.

### 3.3 Relações de contato

As relações de contato mostram claramente que se trata de um corpo intrusivo e discordante dentro do batólito granítico de São Roque, este último constituído predominantemente por biotita-horblenda monzogranito cinza (ANDRADE, 1993), de textura grosseira, foliado e com megacristais de feldspato potássico cinza. É notável o fraturamento da rocha encaixante na zona de contato, por onde foram injetadas apófises de material quartzo-feldspático e turmalinífero. Na zona de contato não foram observados termos graníticos intermediários.

É comum, no interior do leucogranito turmalinífero, a presença de encraves com dezenas a centenas de metros quadrados do granitóide encaixante, que ocorre tanto na sua periferia como no seu interior.

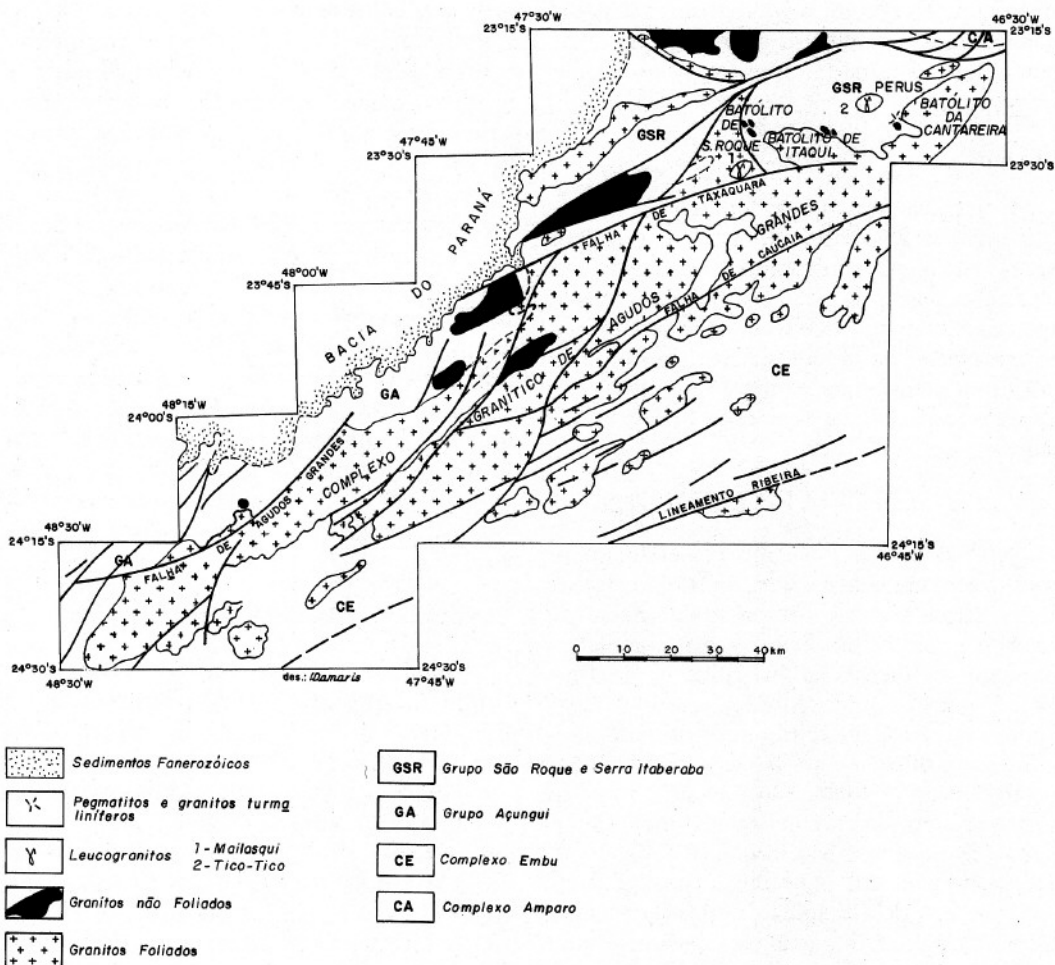


FIGURA 2 - Quadro geológico regional.

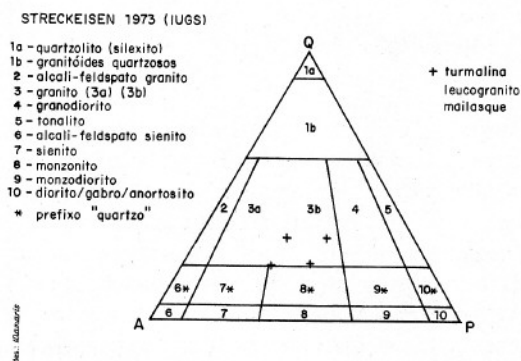


FIGURA 3 - Composição modal QAP do Leucogranito Mailasqui.

#### 4 POSSÍVEIS PROCESSOS ENVOLVIDOS NA GÊNESE DOS TURMALINA LEUCOGRANITOS

A semelhança composicional de termos evoluídos da série cálcio-alcalina e dos produtos gerados por fusão parcial da crosta é grande, de tal modo que, para explicar a associação observada (granito cálcio-alcalino e leucogranito), foram aventados quatro possíveis processos, quais sejam:

- a) diferenciação magmática de um magma cálcio-alcalino (CBSR), em que os termos mais evoluídos corresponderiam aos turmalina leucogranitos. Com base em estudos litoquímicos, diagramas petrogenéticos e tipologia de zircão, ANDRADE (1993) foi favorável a esta hipótese;

TABELA 1 – Composição modal do turmalina leucogranito Mailasqui

MINERALOGIA	AMOSTRAS				
	*R-201	*R-202	*R-203	*R-1528a	**R-1528b
MICROCLÍNIO	40	25-30	35	50	—
PLAGIOCLÁSIO	—	—	—	—	20-25
PLAGIOCLÁSIO (oligo-clásio-albita)	25-30	40	30-35	—	—
PLAGIOCLÁSIO (oligoclásio)	—	—	—	20-25	—
QUARTZO	30	30	20	20	25-30
BIOTITA (+ mica branca)	< 5	< 5	—	—	—
TURMALINA (afrisita)	—	—	10-15	< 5	5-10
MOSCOVITA	—	—	—	—	5-10
MICA PARDO-CLARA	—	—	—	5	—
MOSCOVITA-SERICITA	P	P	—	—	—
SERICITA	—	—	P	—	35
EPÍDOTO	P	P	—	P	—
ARGILO MINERAIS	P	—	—	—	—
TITANITA	—	tr	—	—	—
APATITA	—	—	—	tr	—
CARBONATO	—	—	—	P	—
HIDRÓXIDOS DE Fe	P	P	—	—	—
OPACOS	tr	tr	—	tr	tr

Valores expressos em porcentagem.

P = presença, tr = traços, onde  $P > tr$ .

\* Turmalina leucogranito. Vide composição modal QAP, FIGURA 3.

\*\* Turmalina graisen.

Fonte: IPT, 1991.

- b) de acordo com o modelo evolutivo dos granitos cálcio-alcálicos proposto por WERNICK (1984), pode ocorrer geração de granito por fusão, na base da crosta, induzida por magma básico cálcio-alcálico ascendente. ANDRADE (1993) fez menção a esta possibilidade;
- c) a terceira possibilidade advém da reinterpretação da origem dos granitóides caledonianos e hercínios ibéricos (CASTRO, 1991), para os quais, na região da Serra dos Gredos, no Maciço Central da Espanha, demonstrou-se decorrer da injeção de magma máfico num *front* de anatexia crustal, resultando numa associação final em complexos básicos, biotita-hornblenda granodioritos, cordierita granodioritos e leucogranitos;
- d) a quarta possibilidade corresponderia à fusão parcial de rochas crustais, que ocorrem em zonas colisionais associadas a zonas de espessamento crustal, com geração de plutonito tipo S.

Diante das relações de campo, do quadro geológico local e regional, de dados geoquímicos, petrográficos, mineralógicos e evidência

gravimétrica, serão apresentados e discutidos os fatores que levaram à interpretação de granito tipo S, em detrimento de outros possíveis processos; lembrando que variações químicas não são conclusivas para suportar modelos petrogenéticos em granitóides; é necessário que as relações de campo sejam bem conhecidas (CASTRO, 1991).

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Relações de campo

As relações de campo mostraram que:

- o granito Mailasqui corta discordantemente o granito cálcio-alcálico encaixante – CBSR;
- o CGSR é foliado, o que não ocorre com o leucogranito Mailasqui. Isto permite dizer que o granito encaixante passou por um evento de deformação que não afetou o leucogranito;
- o CGSR é porfiróide, apresenta textura grosseira, deformação dúctil, encraves microgranulares de termos mais primitivos. Não se encontram litotipos indicativos de porções apicais de intrusões

graníticas ou de processos de alteração associadas a cúpulas graníticas. Essas feições são características dos corpos posicionados em níveis mesozonais, atualmente expostos pela erosão;

- d) o leucogranito Mailasqui apresenta textura equigranular média a fina. São inúmeros os enclaves do granitóide encaixante, tanto na periferia como no interior do leucogranito. Sua intrusão está associada a regime tectônico rúptil, em que se tem, junto ao contato, notável fraturamento da encaixante por onde foi injetado material turmalínífero, tendo sido observado até mesmo megacristal de feldspato potássico rompido por veio aplítico. Outros pequenos corpos de leucogranitos intrusivos e discordantes foram detectados ao redor do corpo principal (FIGURA 1). Estudos de exemplos de turmalina leucogranitos que ocorrem na forma de pequenos corpos têm demonstrado tratar-se de intrusões alojadas em altos níveis crustais, com pressão litostática menor que 3kbar (PICHAVANT & MANNING, 1994).

Estes dados convergem no sentido de que o CGSR já estava alojado, solidificado e deformado, quando foi intrudido pelo leucogranito, ou seja, que estes corpos são diácronos.

## 5.2 Dados geofísicos

A FIGURA 4 apresenta uma anomalia gravimétrica indicativa de espessamento crustal. Associados a esta anomalia encontram-se os turmalina granitos de Perus, Tico-Tico e Mailasqui, sendo que o granito Tico-Tico aflora na forma de um corpo elíptico, alongado e foliado nas bordas segundo **N80°E**, direção esta coincidente com o traço axial da anomalia gravimétrica.

Com relação ao turmalina granito Tico-Tico, é composto basicamente por quartzo, microclínio, plagioclásio e biotita, e os acessórios mais comuns são granada, turmalina, moscovita e zircão (PENALVA & HASUY, 1970). Estudos geocronológicos pelo método Rb-Sr em rocha total, efetuados por TASSINARI (1988), indicaram idade de  $700 \pm 140$  Ma com razões iniciais  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de  $0,706 \pm 0,0015$  e  $0,711$ . Apesar dos erros relativos às determinações (TASSINARI op. cit.), a razão inicial obtida é elevada.

Os turmalina granitos de Perus ocorrem na forma de pequenas bossas. A intrusão dos turmalina granitos parece relacionada a um anticlinal, aparentemente do tipo isoclinal com plano axial E-W e mergulho forte para norte. São rochas leucocráticas, de granulação variando de 1 a 5 mm, constituídas essencialmente de quartzo, plagioclásio sódico e micropertita, tendo como acessórios apatita, alanita, granada, rarís-

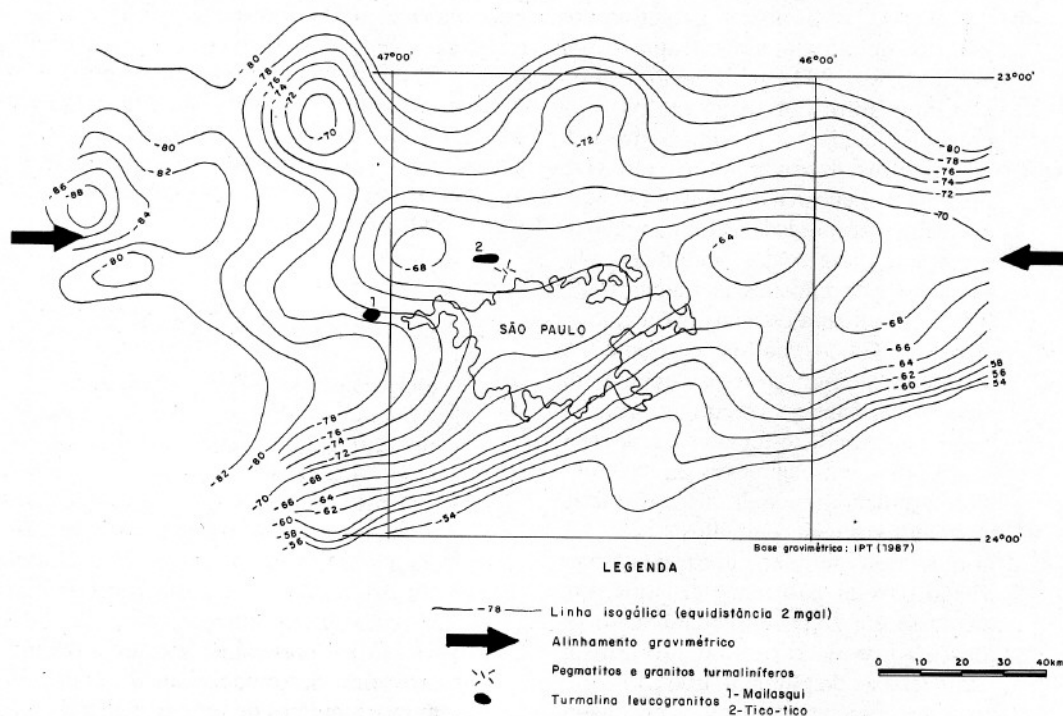


FIGURA 4 - Mapa Gravimétrico Bouguer.

simas palhetas de moscovita e, mais importante, turmalina. A turmalina, mineral na maior parte secundário, aparece em porcentagem até superior a 10% na rocha. A uma porcentagem de não mais de 10% do total da turmalina da rocha é atribuída origem primária (HASUI, 1963).

A associação anomalia gravimétrica indicativa de espessamento crustal e granitos com turmalina não é fortuita no Estado de São Paulo. O mapa gravimétrico do ESP (IPT, 1987) apresenta um alinhamento de linhas isogálicas, definindo uma anomalia gravimétrica com amplitude maior que 50 mgal, com direção paralela à costa e gradiente de 1 a 2 mgal/km descendente em direção ao continente. A zona axial desta anomalia é balizada pelos lineamentos de Itapeúna e Ribeira. Posicionado no traço axial desta anomalia, PRESSINOTTI (1992) descreveu turmalina-álcali-feldspatos granitos e moscovita granitos com granada e turmalina como acessórios (granitos Areado e Serra da Boa Vista). A repetição dos fatos observados, ou seja, anomalia gravimétrica com indicação de espessamento crustal e ocorrência de turmalina granitos, é considerada como uma evidência de relação causa e efeito.

### 5.3 Deformação

A FIGURA 5 foi obtida através da compilação e simplificação dos dados estruturais existentes nas folhas geológicas de Cabreúva

(SANTORO, 1984), Santana do Parnaíba (IPT, 1984a) e Guarulhos (IPT, 1984b). Nesta FIGURA observam-se:

- a) a associação existente entre granitos-gnaissicos elíticos e zonas de cisalhamento, em que a maior intensidade de deformação fica evidenciada nas margens desses corpos, em situação sugestiva de, até mesmo, estiramento; e
- b) na zona coincidente com o traço axial da anomalia gravimétrica, os traços de foliação tendem a se posicionar segundo a direção E-W. Numa escala de maior detalhe, o mapa geológico de Santana do Parnaíba (IPT, 1984a, esc. 1:50.000) mostra que, além da foliação, vários traços estruturais (eixos axiais de dobras, clivagem ardosiária, lineações de crenulação, etc.) tomam direção geral E-W na zona considerada.

É neste contexto de anomalia gravimétrica regional, deformação e descontinuidade estruturais que afloram os granitos turmalíferos de Perus, Tico-Tico e Mailasqui.

### 5.4 Dados petroquímicos

BATCHELOR & BOWDEN (1985) utilizaram os valores catiônico-moleculares de DE LA ROCHE *et al.* (1980) na proposição de diagrama discriminante de sete campos tectônicos, segundo um *trend* de evolução compatível com o ciclo de Wilson. O resultado obtido para o granito

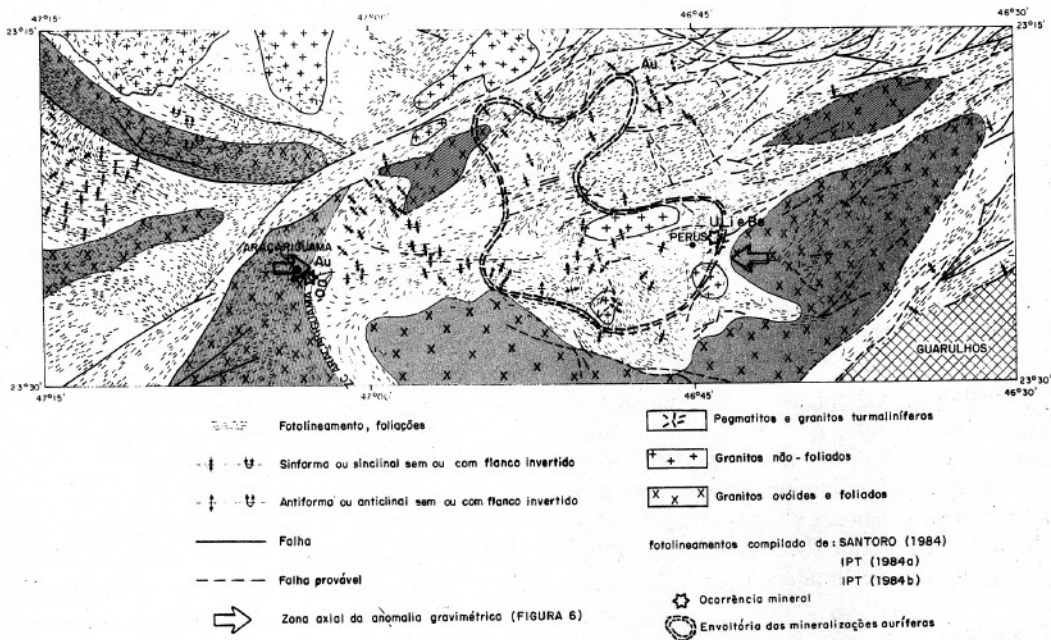


FIGURA 5 - Relação entre domos granito-gnaissicos ovóides e foliação.

Mailasqui, em duas amostras estudadas, indicou o campo dos granitos crustais (FIGURA 6a).

Os diagramas de PEARCE *et al.* (1984)  $SiO_2 \times Y$ ,  $SiO_2 \times Nb$  e  $Y \times Nb$ , elaborados para a discriminação de campos tectônicos geradores de granito, indicaram, para os dois primeiros diagramas, o campo VAG + COLG, e, para o terceiro diagrama, o campo VAG + SIN-COLG (FIGURAS 6b,c,d). Estes diagramas apresentam num mesmo campo discriminante os tipos VAG e COLG, não sendo, portanto, os mais adequados para fazer a distinção entre estas tipologias.

Entretanto, a nível mundial, o tipo VAG reúne série granítica expandida, série esta não observada junto ao leucogranito Mailasqui. Isto possibilita suspeitar que o granito é do tipo COLG.

Diagrama de normalização de elementos de terras raras, em duas amostras de Granito Mailasqui, analisadas por espectrometria de plasma – ICP, apresentou nítido enriquecimento dos ETR leves sobre os ETR pesados e um pequeno empobrecimento do Eu (FIGURA 6e). O padrão obtido é análogo ao dos granitoides da série transformação de KEQIN *et al.* (1984).

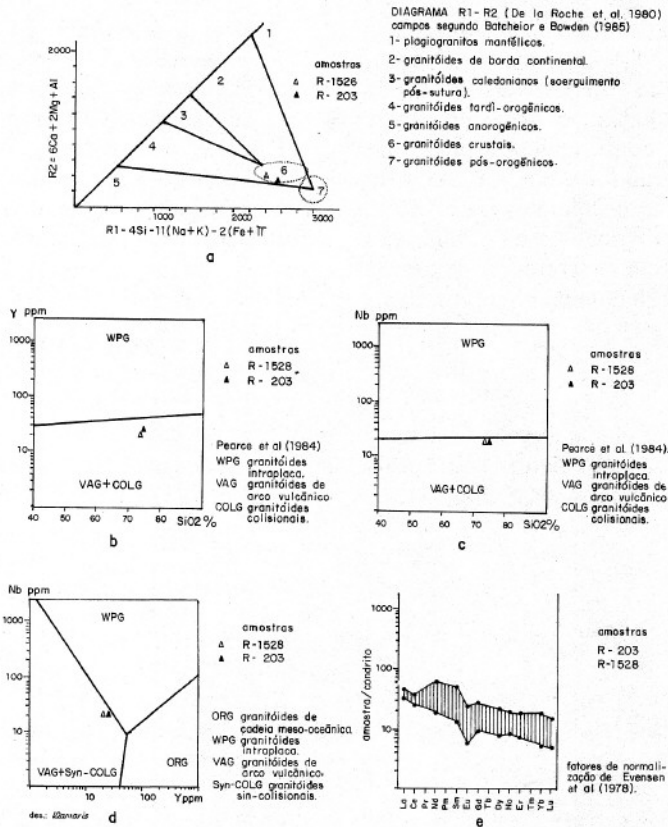


FIGURA 6 - Diagramas petroquímicos.

A TABELA 2 apresenta os resultados analíticos dos elementos maiores, elementos-traços selecionados e ETR do leucogranito Mailasqui (duas amostras); e, adicionalmente, uma média dos elementos maiores e alguns traços dos leucogranitos Margeride (Maciço Central Francês) e Manaslu (*upper Himalaias*).

### 5.5 Síntese

Os dados levantados apontaram que:

1) o granito Mailasqui está espacialmente

associado à descontinuidade regional – lineamento gravimétrico E-W, indicativo de espessamento crustal;

2) o alojamento do granito Mailasqui ocorreu num tempo pós granitogênese cálcio-alcálica. O CGSR já se havia alojado na crosta, solidificado e deformado;

3) O granito em foco apresenta mineralogia, petrografia e litoquímica compatível aos granitos tipo S (gerados por fusão parcial da crosta);



- 4) existe anomalia gravimétrica com indicação de espessamento crustal e presença de turmalina granitos em outras áreas do Estado de São Paulo (PRESSINOTTI, 1992); tal como registrado para a região em foco;

TABELA 2 – Composição química dos turmalina leucogranitos Mailasqui, Margeride e Manaslu – Elementos maiores, elementos traços selecionados e ETR.

	Mailasqui		'Margeride (7 anal.)	'Manaslu (59 anal.)
	R-1528a	R-203		
SiO <sub>2</sub> (%)	73,9	74,6	74,24	73,99
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,3	14,6	14,53	14,72
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,21	0,29	0,56	0,83(*)
FeO	0,28	0,28	0,63	—
CaO	0,91	0,49	0,65	0,48
MgO	0,64	0,14	0,17	0,16
Na <sub>2</sub> O	4,0	3,5	3,69	4,10
K <sub>2</sub> O	4,6	4,9	4,33	4,49
MnO	0,02	0,04	0,02	0,02
TiO <sub>2</sub>	< 0,05	< 0,05	0,04	0,07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	0,08	—	—
BaO	0,03	0,03	—	—
S	0,005	< 0,005	—	—
F	0,039	0,026	—	0,10
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,42	0,77	—	0,79
CO <sub>2</sub>	0,40	0,15	0,08	—
soma total	99,86	99,90	100,26	99,89
O ≡ F	0,02	0,01	—	0,04
soma final	99,84	99,90	—	99,85
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,02	0,06	0,79	—
LiO <sub>2</sub>	—	—	0,02	0,01-0,3
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	0,13	0,02-0,3
Rb (ppm)	—	—	393	385
Sr	—	—	13	59
Nb	L 20	L 20	—	—
U	1	2	—	—
W	L 3	L 3	—	—
Zr	64	60	—	—
Sr	220	180	—	—
Cl	L 20	L 20	—	—
Li	45	73	—	—
Pb	62	53	—	—
Zn	9	12	—	—
Cr	15	< 5	—	—
Ni	11	< 5	—	—
Sn	< 5	< 5	—	—
Mo	< 5	< 5	—	—
Y	21	26	—	—
La	7,950	11,560	—	—
Ce	16,120	23,780	—	—
Nd	9,170	29,910	—	—
Sm	2,100	8,010	—	—
Eu	0,354	1,430	—	—
Gd	1,990	5,720	—	—
Dy	2,060	5,730	—	—
Ho	0,488	1,160	—	—
Er	1,260	3,190	—	—
Yb	0,944	3,210	—	—
Lu	0,131	0,410	—	—

1 Fonte PICHAVANT & MANNING 1984).

(\*) total Fe como Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

R-1528a, R-203 Leucogranito Mailasqui, análises Geolab, métodos instrumentais e vias úmidas. ETR via ICP.

- 5) os dados petroquímicos e o padrão dos ETR convergem para o campo dos granitos colisionais.

No conjunto, os dados apontam que o leucogranito Mailasqui represente um plutonito gerado num processo deformacional, relacionado com as grandes zonas de cisalhamento transcorrente e/ou de empurrão.

Com relação aos granitos cálcio-alcálicos encaixantes, poderiam representar tanto granitos pré-colisionais, como produtos híbridos gerados em fase colisional (BONIN, 1987).

## 6 LEVANTAMENTOS EXPLORATÓRIOS

Granitos do tipo S são notadamente reconhecidos por estarem associados com mineralizações de elementos litófilos (Sn, W, Be, Li, Nb, Ta, ETR, U, etc). Devido às características petroquímicas e modais do Granito Mailasqui, supõe-se que se lhes associam mineralizações de Sn e W, por isso foi alvo de amostragem de sedimentos de corrente e concentrados de bateia com respectivas análises geoquímicas, mineralógicas, teste de *staining* visando à identificação do seu potencial mineral.

As análises geoquímicas e mineralógicas dos concentrados de bateia não revelaram qualquer evidência de mineralização de Sn ou W. Mostraram-se relativamente pobres em minerais pesados, sendo estes constituídos em até 85% por turmalina preta. Os demais minerais pesados identificados foram: zircão, fluorita, granada, traços de apatita, xenotima, anatásio e opacos.

Até a presente data, não se tem referência de mineralizações de Sn e W associadas aos turmalina granitos enfocados. Porém, a cerca de 40 km E da cidade de São Paulo, no município de Moji das Cruzes, SP, FRANCO (1945) relatou a presença de pegmatito (mina Loureiro), encaixado em xistos e gnaisses profundamente alterados, constituído por feldspato (microclínio?) que se acha totalmente caulinizado, apresentando grande quantidade de ambligonita, lepidolita, moscovita, cassiterita, tantalita, turmalina, apatita e quartzo. No entanto, ocorrem minerais uraníferos secundários (fosfatos e silicatos) preenchendo fraturas tanto nos turmalina granitos como nos pegmatitos de Perus (ATENCIO, 1991). Os pegmatitos, por sua vez, podem ser do tipo simples (quartzo, turmalina preta e feldspato caulinizado), como complexos, estes também mineralizados a Li e Be (albita, microclínio, quartzo, turmalina, lepidolita, apatita, berilo e granada).

Embora não se disponha de informações que leucogranitos sejam fontes de ouro, o contexto tectônico no qual eles aparecem espacialmente relacionados (cavalgamentos e transcor-

rências) induz a estas mineralizações, além do que corpos graníticos são fontes térmicas que podem remobilizar e concentrar metais. Na província metalogenética Variscana é reportado que as principais mineralizações de U, Sn, W e Au (Portugal, Espanha e França) estão espacialmente associadas a leucogranitos peraluminosos, a duas micas, onde a natureza crustal da maioria destes granitos é bem conhecida. Um exemplo claro são as mineralizações de U, Sn, W e Au ao redor do complexo granítico peraluminoso de *Saint Sylvestre* a noroeste do Maciço Central Francês (CUNEY *et al.*, 1990).

Parte desta associação (U, Au) pode estar na região compreendida entre Perus e Araçariguana, balizada pela anomalia gravimétrica E-W (FIGURA 4). Além das ocorrências uraníferas, associadas aos turmalina granitos e pegmatitos complexos de Perus, são cadastradas dezenas de ocorrências auríferas em veios de quartzo e aluvionares (IPT, 1981, 1984a). Somente no exocontato Sul do granito Tico-Tico são descritas treze ocorrências de ouro, sendo quatro em veios de quartzo com pirita e as demais aluvionares, porém o conjunto posicionado em zona de alta incidência de deformação com paralelização de estruturas (foliação, traços axiais de dobras, lineações de crenulação, eixos de dobras inclinadas, etc.), num contexto geológico análogo ao das zonas de cisalhamento ligadas a transcorrência.

Neste contexto pode estar a mineralização primária de ouro de Araçariguama, situada no exocontato E dos granitóides São Roque, balizado por zona de cisalhamento (Z. C de Araçariguama OLIVEIRA *et al.*, 1991). Aí é assinalada anomalia aerogamaespectométrica de urânio, tório e potássio (FERREIRA, 1991), correspondendo à área onde SANTORO (1984) mapeou três bossas graníticas quartzo-feldspáticas. Trabalhos exploratórios no local permitiram observar que os veios de quartzo mineralizados encontram-se encaixados tanto em granito quartzo-feldspático leucocrático e cisalhado quanto em metassedimentos miloníticos, próximo ao contato com o granito (distância métrica); e, possivelmente, em metabásicas (?) totalmente alteradas.

Atualmente, a mineralização aurífera de Araçariguama está sendo objeto de reavaliação. Apesar da importância geológica de que ela se reveste, os trabalhos de mapeamento geológico efetuados na área não contemplaram seu detalhamento, de modo que ainda não se dispõe de um quadro geológico definido sobre a mesma.

## 7 DISCUSSÃO

A potencialidade de um corpo granítico é dependente de vários fatores que incidem interativamente. Neste aspecto, pode-se salientar, a princípio, que são de extrema importância a composição e a quantidade de fundido. Estas são, em grande parte, função direta do ambiente tectônico de geração do magma. Outros fatores são a cristalização fracionada e a diferenciação magmática que ocorrem durante a ascensão do corpo granítico na crosta e, finalmente, a diferenciação fluido-fundido. Dentro desse contexto, pode-se dizer que os leucogranitos do Estado de São Paulo, até agora identificados, são sempre corpos pequenos, não se constituindo em corpos grandes e estratóides, como os leucogranitos himalaianos.

Essa situação pode ser explicada pelo processo de geração do magma. No caso himalaiano, a geração do magma tem um forte componente nos falhamentos de empurrão que provocam espessamento crustal e acarretam, nos blocos subjacentes, metamorfismo crescente em direção à fácies granulito (FYFE & KERRICH, 1985, FYFE, 1991), o que tem como consequência forte desidratação. Dessa forma, grande volume de fluido aquoso é liberado para os planos de *thrusting*, favorecendo a geração de grande quantidade de fundidos e voláteis, o que irá influenciar favoravelmente a mineralização. No caso paulista, a geração do magma parece estar controlada por uma fase tectônica na qual a transcorrência é o maior componente e, nesta situação, o volume de magma e fluidos geradores são menores, o que irá prejudicar os processos mineralizantes na fase hidrotermal do granito. Para que haja mineralização, faz-se necessária uma compensação como, por exemplo, as encaixantes fornecerem fluidos e elementos mineralizantes para o granito. Essa pode ser a situação dos turmalina granitos de Perus que estão encaixados em metassedimentos e possuem pegmatitos complexos, enquanto o leucogranito Mailasqui, encaixado em granito-gnaise (deficiente em fluidos), não apresenta evidência marcante de processos de interação rocha-água, pois é pobre em veios de quartzo.

## 8 CONCLUSÕES

Feições estruturais, caracterizadas por altas taxas de deformação e concentradas ao longo de faixas, vêm sendo reconhecidas como zonas de cisalhamento dúctil ligadas a cavalgamentos e transcorrências que incidiram em contexto de tectônica colisional. A esse quadro relacionam-se granitos de origem crustal e, notadamente, mineralizações de Sn, W e Au.

Ao novo corpo de turmalina granito, de Mailasqui, associa-se uma faixa com expressiva descontinuidade estrutural E-W, aparentemente abrangendo granitogênese do tipo S, ainda não entendida satisfatoriamente. Esta granitogênese e a faixa que a contém também podem, à semelhança dos granitos hercínios da Europa, representar alvo de prospecção para Sn, W, U e Au, principalmente quando o granito se encaixar em metassedimentos.

## 9 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às geólogas Mírian Cruxen B. de Oliveira, pelos estudos petrográficos, e Maria Cristina de Moraes, pelos estudos de minerais pesados; aos geólogos Hendrik Herman Ens, pela elaboração dos diagramas petroquímicos, e Mário Lincoln de C. Etchebehere, pela revisão do texto e sugestões efetuadas; e, ao desenhista Arthur E. Pietro Ybars e equipe, pela confecção dos desenhos.

## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, F.R.D. de. 1993. Complexo granitóide São Roque, SP: petrografia, litoquímica, e tipologia de zircão. Dissertação de Mestrado. IGCE-UNESP. 156p.
- \_\_\_\_\_; ARTUR, A.C.; WERNICK, E. 1992. Geologia do complexo granitóide de São Roque, SP. In: Congr. Bras. Geoc., 37º, São Paulo, 1992. Anais... São Paulo, SBG v.2, p.350-351.
- ATENCIO, A. 1991. Furcalita e outros minerais uraníferos secundários de Perus, São Paulo. Tese de Doutorado IGUSP, 147p.
- BATCHELOR, R. A.; BOWDEN, P. 1985. Petrogenetic interpretation of granitic rocks using multicationic parameters. Chem. Geol., 29:43-55.
- BONIN, B. 1987. From orogenic to anorogenic magmatism: a petrological model for the transitional calc alkaline – alcalina complexes. Rev. Bras. de Geoc. 17(4): 366-371.
- BOWDEN, P.; BATCHELOR, R.A.; CHAPPELL, B. W.; DIDIER, J.; LAMEYRE, J. 1984. Petrological, geochemical and source criteria for the classification of granitic rocks: a discussion. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 35: 1-11.
- CASTRO, A.; VENTAS-MORENO I.; de la ROSA, J.D. 1991. H-type (hibrid) granitoids: a proposed revision of the granitic-type classification and nomenclature. Earth Science Reviews, 31: 237-253.
- CUNEY, M.; FRIEDRICH M.; BLUMENFELD, P.; BOURGUIGNON, A.; BOIRON, M. C.; VIRGNERESSE, J. L.; POTY, B. 1990. Metallogenesis in the French part of the Variscan orogen. Part I: U preconcentrations in pre-Variscan and Variscan formations – a comparison with Sn, W and Au. 1990. Tectonophysics; 177:39-57.
- DE LA ROCHE, M.; LETERRIER, J.; GRAND CLAUD, P.; MARCHAL, M. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1 R2 diagrams and major element analysis – its relation with current nomenclature. Chem. Geol. 29: 183-210.
- EVENSEN, N. M.; HAMILTON, P.J.; O'NIONS, R.K. 1978. Rare-earth abundances in chondritic meteorites. Geoch. Cosmoch. Acta, 42:1099-1112.
- FERREIRA, F.J.F. 1991. Aerogamaespectrometria e aeromagnetometria de um trato ocidental do Pré-Cambriano paulista. Tese de Doutorado IGUSP.
- FRANCO, R.R.F. 1945. Sobre o pegmatito com ambligonita da fazenda Cuiabá, Mogi das Cruzes, São Paulo. Mineração e Metalurgia, 8(46):255-257.
- FYFE, W.J.; KERRICH, R. 1985. Fluids and thrusting. Chemical Geology, 49(1/3):353-362.
- FYFE, W.S. 1991. Gold transport and deposition: Rules of the game. Brazil Gold 91, @ 1991, Balkema, Rotterdam p. 7-9.
- GORAYEB, L. C.; OLIVEIRA, M. C. B.; MELLO, I. S. C.; SILVA, R. B. 1988. As mineralizações estano-tungsteníferas do granito Correias. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE GEOLOGIA, 7. Belém, 1988, Belém. Anais... Belém, SBG. v. 1, p.154-172.
- HASUI, Y. 1963. Sobre os granitos turmaliníferos de Perus-SP. Soc. Bras., Geol. 12(1/2): 87-108.

- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A. 1978. Os granitos e granitóides da região de dobramentos sudeste nos estados de São Paulo e Paraná. In: CONGR. BRAS. GEOL. 30. Recife, 1978. Anais... Recife: SBG. v.6, p.2579-2593.
- \_\_\_\_\_; CREMONINI, O.A.; BORN, H. 1984. O Granito Três Córregos revisado e o Maciço Catas Altas. In: CONGR. BRASIL. GEOL., 33. Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro: SBG. v.7, p. 3023-3031.
- \_\_\_\_\_; SADOWSKY, G.R.; CARNEIRO, C.D. R. 1976. Considerações sobre a estratigrafia do Pré-Cambriano da região de São Paulo. São Paulo. Instituto de Geociências USP p. 107-112. (Boletim 7)
- IPT-INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1981. Avaliação preliminar das ocorrências minerais do Estado de São Paulo. Rel. IPT 15.849.
- \_\_\_\_\_. 1982. Geologia do Sinclínório de Pirapora. Relatório Final. Rel. IPT. 14.849.
- \_\_\_\_\_. 1984a. Geologia da Folha de Santana de Parnaíba, SF-23-Y-C-III-3. Estado de São Paulo. São Paulo, DMGA/IPT. Rel. 20.767.
- \_\_\_\_\_. 1984b. Geologia da folha de Guarulhos na escala 1:50.000. São Paulo, DMGA/IPT. Rel. 20.646.
- \_\_\_\_\_. 1987. Carta gravimétrica do Estado de São Paulo, fase B. São Paulo, DMGA/IPT. Rel. 25.645.
- \_\_\_\_\_. 1989. Compartimentação estrutural e evolução tectônica do Estado de São Paulo. São Paulo. DMGA/IPT. Rel. 27.629.
- \_\_\_\_\_. 1991. Prospecção de mineralizações estano-tungsteníferas em alvos selecionados por sensoriamento remoto e análise morfoestrutural. São Paulo, DMGA/IPT. Rel. 29.141.
- IUGS – INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCE-IUGS. 1973. Plutonic rocks and nomenclature recommended by the IUGS Subcommission on the systematics of igneous rocks. Geotimes. (18): 26-30.
- KEQIN, X.; NAI, S.; DEZI, W.; SHOUXI, X.; YINGJUN, L.; SHOYAN, M. J. 1984. Petrogenesis of granitoids and their metallogenetic relations. Beijing, Science Press. p. 1-32.
- KNECHT, T. 1935. Os minerais e minérios do Estado de São Paulo. São Paulo, Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio, 93p. il. Boletim da Agricultura (único), 1934.
- OLIVEIRA, M. A. F.; ZANARDO, A.; ARTUR, A. C.; GODOY, A.M.; MORALES, N.; HACKSPACHER, P.C.; GALEMBECK, T.M.B.; NEGRI, F.A.; ANDRADE, F.R.D.; MACHADO, P.R.; DEL LAMA, E.A. 1991. Projeto mapeamento geológico em 1: 50.000 da folha São Roque. Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais Pró-Minério. IGCE-UNESP, Rio Claro 137p. il.
- PEARCE, J. A.; HARRIS, N. B. W.; TINDLE, A. G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. J. Petrology, 25: 956-983.
- PENALVA, F.; HASUI, Y. 1970. A intrusão granítica dos Morros Grande e Tico-Tico, município de Caieiras-SP. An Acad. Bras. Ciênc. 42 (4): 725-730.
- PICHAVANT, M.; MANNING, D. 1984. Petrogenesis of tourmaline and topaz granites; the contribution of experimental data. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 35:31-50.
- PRESSINOTTI, P.C. 1992. Análise regional e distrital de áreas potenciais a mineralizações de Sn e W: proposição de um método de trabalho aplicado no sudeste paulista. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da UNESP. 183 p.
- \_\_\_\_\_; HASUI, Y.; SILVA, R. B. da.; STEFANI, F. L.; TRINDADE, M.; COSTA, M.O. 1992. Análise de lineamentos na exploração mineral: aplicação no sudeste paulista. Rev. IG, São Paulo, 13 (2): 17-29.
- REGO, M. L. F. 1930. A geologia do petróleo no Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. 105 p. (Bol. 46).
- SANTORO, E. 1984. Geologia da folha de Cabreúva, SP. São Paulo. Dissertação de Mestrado, IGUSP. 120 p.

- TASSINARI, C.C.G. 1988. As idades das rochas e dos eventos metamórficos da porção sudeste do Estado de São Paulo e sua evolução crustal. Tese de Doutorado, IGUSP. 236 p.
- WANG, L.; ZHU, W.; ZHANG, S. 1984. The evolution of two petrogeno-mineralizations series and Sr isotopic data from granites in southern China. *Min. Geol.* 33 (5): 295-303.
- WERNICK, E. 1984. Granitos calco-alcálicos: características de um modelo genético evolutivo. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, 1984, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBG, v. 6, p. 2738-2756.

*Endereço dos autores:*

Paulo Cesar Pressinotti, Rubens Borges da Silva e Fernando Antonio Guimarães Martins – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT – Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira – Butantã – 05508-901 – São Paulo, SP – Brasil.

Yoceteru Hasui – DPM – IGCE – Unesp – Universidade Estadual Paulista, *campus* de Rio Claro, Avenida Vinte e Quatro A nº 1.515, Bela Vista, Caixa Postal 178 – 13.506-900 – Rio Claro, SP.