

syono = 0775831

764197

CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DA SUÍTE INTRUSIVA DE ITU

Elisabete Maria Pascholati *

Silvio Roberto Farias Vlach **

Gilberto Amaral **

* IAG-USP

** IG-USP

ABSTRACT

As part of larger projects, involving the radiometric characterization and evaluation of metallogenic potentialities, this paper presents new geological, petrographic, geophysical and geochemical data for the Itu Intrusive Suite.

Up to now, geological mapping of the former "Itu Granite" presented it as a homogeneous body. However, the projects in development are indicating that at least four different bodies can be individualized. This is being done with help of remote sensing (SLAR, LANDSAT-TM and aerial photographs), gamma spectrometric measurements, petrographic analysis, chemical analysis and field work.

The Salto Granite, is a circular body around 7 km in diameter, composed mainly of red to pink biotite granites with wiborgitic ("rapakivi") textures. It is located at the southwestern edge of the suite. Besides that, it presents higher U and Th contents and heat production. To the east and southeast, two other elliptic structures were identified, however with different characteristics. At the northern portion biotite-granites (3a/3b, CI<10) dominate. They are coarse to medium grained equigranular to seriated, with titanite and magnetite as the main accessory minerals. Towards the central and southern portion including the Salto Granite, Fe-hastingsite biotite-granites (3a/3b) dominate. They are porphyritic with fine to coarse matrix, or medium to coarse grained seriated. Allanite and fluorite are additional main accessories. Some fine grained varieties, microgranites and porphyritic granites, form smaller bodies. More mafic or hybrid types occur as inclusions or fragmented dykes (microgranites, micro-quartz-monodiorites) with rounded feldspar megacrysts and quartz ocella derived from the enclosing rocks.

Several structures and textures, such as dykes, miarolitic cavities, graphic intergrowth, are indicative of high crustal level intrusion in more or less rigid enclosing rocks. One leucodiorite occurrence (plagioclase An 15-30, CI ~ 10-15), supported by textural data, is suggestive for a specific trend for the differentiation of some of the granitoids. The overall characteristics of the Itu Intrusive Suite are indicative of A-type granites.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho reúne observações e dados obtidos até o presente, como resultado de dois projetos que objetivam, respectivamente, a caracterização radiométrica e a avaliação da potencialidade metalogenética dos granitóides da Suíte Intrusiva de Itu. Como decorrência do primeiro deles, foram coletadas em torno de 120 amostras de rocha para medidas gamaespectrométricas e outras análises físicas e químicas específicas em laboratório; no campo foram efetuadas aproximadamente 100 medidas gamaespectrométricas. O segundo é consequência do primeiro; encontra-se em fase inicial e pretende, através de análise de alguns elementos específicos, estudar mais pormenorizadamente a potencialidade dos granitóides, em especial para W, Mo, Sn e Cu, e estabelecer possíveis correlações entre os diversos granitóides e ocorrências minerais de interesse, várias delas já descritas na literatura (IPT, 1981). Ambos são apoiados por dados de sensoriamento remoto (análise visual de fotografias aéreas e de imagens de radar e LANDSAT-TM; estas também com processamento digital), geofísicos (gravimetria, magnetometria e gamaespectrometria de campo e laboratório), petrográficos, mineralógicos e geomatemáticos (análise de grupamento, superfícies de tendência, estatística descritiva, etc...).

A Suíte Intrusiva de Itu (Figura 1), aqui definida, localiza-se a cerca de 60 km de São Paulo e ocupa uma área aproximada de 400 km. Vários trabalhos, sempre em caráter regional, discutem diversos aspectos geológicos dos granitóides aí presentes, contudo, são raros os que mencionam a presença de diferentes facies granitóides, bem como tentam sua individualização (Algarite et al, 1971; Wernick, 1979; IPT, 1981; Landim et al, 1984). As rochas encaixantes são principalmente orto e para-gnaisses diversos, (com intercalações de xistos, quartzitos, orto-anfibolitos e granulitos básicos), agrupados no Complexo Piracaia, considerado como do Proterozóico II, com migmatização superposta, do Proterozóico III (Campos Neto et al, 1983; Campos Neto e Vasconcelos, comunicação oral). O limite sul da Suíte coincide parcialmente com a Zona de Falha de Jundiuvira, ao sul da qual ocorrem metassedimentos de baixo grau do Grupo São Roque. Os contatos do lado oeste são, em sua maioria, encobertos por sedimentos glaciogênicos do Grupo Tubarão, Bacia do Paraná e sedimentos aluvionares do Rio Jundiáí.

Cronotectonicamente, os granitóides de Itu são tradicionalmente colocados como pós-tectônicos dentro do Ciclo Brasileiro (Hasui et al, 1978; Cordani e Kawashita, 1971; IPT, 1981). Tassinari et al (1987) determinam, através do método Rb-Sr, a idade de 590 ± 10 Ma para os granitóides da parte sul da Suíte, valor preliminarmente estendido para os demais granitóides. Esta idade é similar às obtidas por Vlach (1985) para as Suítes Rósea e Cinzenta do Complexo de Morungaba, localizado a NNE, e marca o evento de granitogênese mais recente, relacionado ao Evento Brasileiro na região, bem estabelecido por métodos isotópicos.

2. GEOLOGIA LOCAL

O mapa geológico apresentado na Figura 1 resume as informações geológicas atualmente disponíveis. Foi elaborado em escala original de 1:50.000 de acordo com a metodologia convencional para mapeamentos geológicos apoiados em dados de sensoriamento remoto (Amaral, 1983). Algumas das características faciológicas e estruturais dos granitóides são apresentadas a seguir.

2.1 FACIES GRANITÓIDES

Trabalhos preliminares de campo permitiram individualizar al-

gumas facies petrográficas mais características da Suíte Intrusiva de Itu, utilizando-se de critérios como os discutidos por Vlach (1985). No presente caso, os granitóides estudados são quase sempre de colorações róseo-avermelhadas, ricos em quartzo e de estruturas maciças; os critérios selecionados foram, portanto, essencialmente texturais.

Em subdivisão preliminar, é reconhecido um primeiro grupo, com facies equigranulares, holo a leucocráticas de granulações variáveis, de médias a grossas, ocasionalmente com termos mais seriados ou mesmo porfiróides. Biotita é o máfico essencial. Termos mais máficos, quando semi-alterados, destacam plagioclásio branco, que tende a formar grupos de vários indivíduos, aos quais os máficos estão associados de forma mais frequente. Tais variedades ocorrem preferencialmente ao norte da Suíte e de forma ocasional (em especial as variedades mais félsicas) ao sul e sudeste.

Um segundo grupo, compreende tipos de tendência mais inequigranular, seriados a porfiríticos, localmente porfiróides. A matriz das rochas porfiríticas varia de fina a média, sendo sempre muito subordinada em relação aos megacrístais. Em vários afloramentos estas variedades contêm megacrístais de feldspato potássico, com ovóides manteados por plagioclásio branco, fato melhor observado em superfícies semi-alteradas de matações. Nas proximidades de Salto (ao longo do Rio Jundiá, ferrovia, etc...), esta textura é típica e caracteriza uma facies específica, wiborgítica ("rapakivi"), visto que, nos afloramentos visitados predominam ovóides manteados sobre os não manteados (Vorma, 1976). As espessuras dos mantos são variáveis, em geral entre 0,5 e 3,0 mm. Em alguns afloramentos, esta variedade apresenta também megacrístais subhédricos de quartzo ao lado dos megacrístais "globulares" mais comuns. Alguns apresentam mantos de pequeninas palhetas de biotita. Anfibólio também pode ser detectado em alguns locais.

Variedades mais restritas incluem granitóides equigranulares de granulação fina a média, em algumas áreas com tendência mais porfirítica (com megacrístais de feldspato potássico e/ou quartzo). Apresentam aspecto algo "manchado", já que os máficos (essencialmente biotita) são diminutos e intersticiais. Microgranitos porfiríticos ou com megacrístais e granitos pórfiros, leuco a mais comumente, hololeucocráticos com megacrístais de feldspato e quartzo, raramente máficos, são distribuídos por toda a Suíte. As variedades leucocráticas constituem, em geral, enclaves subarredondados. Merece destaque ainda uma facies dioritóide, de coloração branca (IC ~ 10-20), equigranular média a grosseira e portando biotita como máfico principal, observada em um único afloramento (Fazenda Japão). Por fim, dioritóides escuros, foliados em graus variáveis (IC ~ 15-35), de granulação média, são encontrados como blocos dispersos, por vezes associados com os gnaisses encaixantes, ou também como prováveis xenólitos. São de posicionamento estratigráfico incerto.

2.2 RELAÇÕES DE CONTACTO E ESTRUTURAS

Exposições dos contactos dos granitóides com as rochas encaixantes são raros, devido à escassez de afloramentos e à cobertura por unidades geológicas mais recentes. Onde observados, ora são tectônicos, ora intrusivos. O estudo de imagens indica que os da primeira categoria são menos significativos; em apenas duas ou três situações ocorrem lineamentos sugestivos de tectonismo, fato posteriormente comprovado com trabalhos de campo. São caracterizados por zonas de cisalhamento decamétricas em que se observam desde cataclasitos até milonitos, os quais afetam granitóides e encaixantes; estrias de atrito sugerem predomínio de movimentos subhorizontais. Nos contatos intrusivos observados as rochas encaixantes mostram-se com aspecto "agmatítico", motivado por fraturamento e preenchimento por material granitóide com texturas diversas. Nos afloramentos próximos, os granitóides contêm xenólitos centimétricos a métricos de contornos em geral angulosos; um exame mais detalhado mostra contatos bruscos, sem interações de maior destaque.

Rochas encaixantes são também observadas em vários afloramentos internos à Suíte. Tratam-se, em especial, de anfibólio-gnaisses fiados/bandados, gnaisses finos, homogêneos, de composição diorítica a tonalítica, de aspecto migmatítico, e quartzitos. Xenólitos destas litologias em granitóides vizinhos atestam as relações intrusivas dos últimos. O exame de imagens e dados de campo indicam que algumas destas ocorrências devem apresentar extensões razoáveis em área. Podem representar restos do teto da câmara magmática ou, em algumas situações, delimitar alguns dos diferentes corpos intrusivos. Mais detalhes de campo são necessários para testar estas possibilidades e também para verificar os contatos entre as variedades granitóides diferenciadas, não encontrados nas viagens preliminares.

2.2.1 ESTRUTURAS MAIORES

Grande número de lineamentos foi extraído dos mosaicos de radar, imagens LANDSAT-TM e fotografias convencionais (Figura 1). Os mais conspícuos correspondem a zonas de falhas curvadas, grosseiramente paralelas ou convergentes à Zona de Falha de Jundiuvira. Digno de nota, é o fato de que estes são pouco notáveis nas rochas encaixantes, como consequência do maior grau de intemperismo, ou à sua menor competência nas áreas de predomínio de rochas mais xistosas. Estas zonas condicionam parcialmente a orientação das principais drenagens da região (Rios Tietê, Piraí, etc...). Parte dos lineamentos curvilíneos, delimitam, presumivelmente, diferentes corpos intrusivos.

O Granito Salto exibe contornos perfeitamente circulares em suas porções norte, leste e sudeste. Na parte sul, o contato com as encaixantes, verificado nos trabalhos de campo, é tectônico, observando-se faixa milonítica em um afloramento, com orientação E-W, cuja extensão não é visível nos produtos de sensoriamento remoto. O exame detalhado desta região mostra contatos muito sinuosos. Outras estruturas, de contornos elípticos, são observáveis a leste e sudeste do Granito Salto; lineamentos curvados, porém interrompidos, ocorrem desde a nordeste do Granito Salto, até o extremo norte da Suíte.

É notável a abundância de lineamentos retilíneos que afetam os granitóides; os mais importantes são orientados segundo os quadrantes NE e NW (N20-30E, N45-50W). O sistema NE, dada a grande expressão, inclusive a nível regional, pode ter sido importante controle na colocação dos corpos intrusivos. Como nos casos de falhamentos, a frequência dos lineamentos diminui significativamente nas rochas encaixantes.

2.2.2 ESTRUTURAS MENORES

Na quase totalidade dos afloramentos visitados, os granitóides têm estruturas maciças; em raras localidades verificaram-se estruturas foliadas e de fluxo. No caso de foliações mais marcantes, o exame de afloramentos e de amostras de mão revela que estas se devem, em sua maioria, a fenômenos tectônicos posteriores à consolidação dos magmas; fluxo, quando presente, é tênue e revelado apenas pela disposição local de agregados máficos, xenólitos e/ou enclaves. Fluxo notável ocorre apenas em alguns diques e enclaves de microgranitos porfiríticos.

Estes diques de microgranitos porfiríticos, holo a leucocráticos, são mais abundantes nas áreas de predomínio das variedades granitóides mais félsicas. Apresentam espessuras centimétricas a decimétricas, contatos bruscos e localmente são sinuosos, denotando movimentação plástica dos granitóides encaixantes após sua colocação. Estágios extremos deste fenômeno, são exemplificados por diques rompidos, restando como enclaves, com fluxo laminar acentuado, de contornos arredondados a angulosos. Estas estruturas demonstram que estas atividades não estão muito distanciadas no tempo em relação ao magmatismo plutônico princi-

pal. Algumas variedades de microgranitos holo-leucocráticos contêm megacrístais de feldspato potássico manteado por plagioclásio.

Enclaves microgranulares, de cor acinzentada clara ou escura, em geral leucocráticos são também frequentes. Possuem formas arredondadas a ovaladas ou mais estiradas (em zonas de fluxo mais evidente), dimensões centimétricas a decimétricas e contatos em geral bruscos. Apresentam caracteristicamente megacrístais de feldspato potássico (0,5- 1,5 cm), quartzo (< 0,7 mm), raramente plagioclásio e máficos (anfíbólio); os primeiros, em geral de contornos arredondados, são similares aos presentes nos granitóides e apresentam frequentemente manteamento de plagioclásio; também ocorrem como agregados de 2 ou 3 indivíduos. O segundo pode estar orlado por minerais máficos de dimensões diminutas (biotita/anfíbólio). Estas observações são favoráveis a uma origem híbrida para estes enclaves, através de mistura de magmas granitóides parcialmente cristalizados (com feldspato potássico e quartzo como fases de líquido mais características) e magmas de natureza relativamente mais "máfica" (Hibbard, 1981; Wernick, 1983; Didier, 1987). Neste contexto, mistura de magmas é explicação factível para a formação dos mantos de plagioclásio. Diques de microdioritóides, apresentando texturas similares também são mencionados por Ab'Saber (1948).

Aplitos e pegmatitos, como veios irregulares e/ou bolsões de dimensões centimétricas (micropegmatitos) a decimétricas ou métricas (no caso dos aplitos) são comuns nos termos mais félsicos. Os pegmatitos são em geral zonados, com núcleos quartzosos e podem conter sulfetos (IPT, 1981) e epidoto fibro-radiado. Merece destaque ainda, a presença de cavidades miarolíticas, milimétricas a centimétricas, com cristais bem formados de quartzo, feldspatos e clorita (de substituição?).

3. PETROGRAFIA

São descritas a seguir, as principais características petrográficas dos granitóides, conforme a subdivisão preliminar proposta no item anterior. As modas foram obtidas através de contagens em secções delgadas, utilizando-se de "point counter" (Chayes, 1949) e "fatias" de rochas, tratadas com Cobalto Nitrito de Sódio (Hutchinson, 1974), método que, contudo, não se mostrou muito apropriado para amostras com plagioclásio albitico, de colorações róseo-avermelhadas ou mesmo arroxeadas. Nestas fatias, as medidas foram efetuadas utilizando-se de planímetro de pontos.

3.1 BIOTITA-GRANITOS

Incluem variedades com biotita como máfico essencial. São holo a leucocráticas de granulações médias a grossas e equigranulares a seriadas ou algo mais porfiróide; variedades tipicamente porfiríticas são menos comuns. A classificação modal (Figura 2) indica tratarem-se de sieno a monzogranitos, os últimos predominando na parte norte da Suíte. Alkali-feldspato granitos ocorrem a leste e sudeste. Ao microscópio, as texturas são hipidiomórficas porfiróides; feldspato potássico mostra, em média, as maiores dimensões. A distribuição dos minerais é irregular, em particular nas amostras mais máficas, com destaque para o plagioclásio que ocorre como agregado de diversos indivíduos, em máficos associados.

Feldspato potássico pertítico (0,5-1,5 cm), subidiomórfico a xenomórfico apresenta geminação de Carlsbad. Geminação "em grade" é pobre ou mesmo ausente, à exceção de amostras com sinais de deformação. Albita pertítica é abundante (por vezes perfazendo 40 % das pertitas) como filmes, veios mais espessos e irregulares e mais raramente, como manchas. Em geral, o feldspato potássico mostra-se pigmentado por óxidos

de Fe. Inclusões de plagioclásio (por vezes corroídas), quartzo (globular a subhedral nos tipos mais félsicos) e máficos são mais comuns nas bordas dos cristais. Bordas granofíricas e mantos parciais de plagioclásio sódico são ocasionais.

Plagioclásio, com dimensões bem inferiores (1-6 mm), subidiomórfico a idiomórfico, gemina-se segundo as Leis de Carlsbad e da Albite e tem composição de oligoclásio intermediário a cálcico (núcleo de cristais das amostras mais máficas), a oligoclásio ácido-albite (núcleo dos cristais dos tipos mais félsicos). Zoneamento normal é sempre mais evidente nas amostras mais máficas, as vezes com alguma recorrência; plagioclásio mais sódico (oligoclásio ácido/albite) também apresenta-se pigmentado. Inclusões mais comuns são de acessórios. Albite tardi/pós-magmática (não pertítica) é encontrada como bordas diminutas sobre plagioclásio, agregados irregulares intersticiais às pertitas e como "swapped-rims", estas localmente mirmequíticas. Albite "chess-board" é encontrada nos tipos mais félsicos, em que "substitui" feldspato potássico. Mirmequitas, pouco desenvolvidas, também estão presentes.

Quartzo, límpido, ocorre, como glóbulos (0,5-1,0 cm) formados por poucos grãos ou intersticial; nos tipos mais félsicos chega a ser subidiomórfico a idiomórfico. Apresenta inclusões de feldspatos e máficos, bem como deformação leve.

Biotita (1-5 mm), subidiomórfica, pleocróica em tons de verde a verde acastanhado, é o máfico essencial; ocorre isolada ou em grupos com plagioclásio e demais máficos. Inclui acessórios, em especial apatita, opacos e zircão, os primeiros por vezes dispostos de modo ordenado. Opacos (principalmente magnetita), titanita (com dimensões entre 0,5-2,0 mm) e apatita, zircão e alanita mais diminutos, são os acessórios comuns. Minerais tardios/de alteração, incluem sericita, clorita, epidoto/clinozoizita, opacos, titanita e algum carbonato. Fluorita é importante apenas nos tipos mais félsicos, em que a biotita pode estar totalmente substituída por clorita, por vezes sagenítica.

Para os tipos mais máficos, as relações texturais sugerem cristalização inicial dos acessórios (apatita, zircão, opacos, titanita, alanita), seguidos por plagioclásio, após feldspato potássico e quartzo. Biotita aparentemente precede o quartzo. Nas variedades mais félsicas, plagioclásio, após biotita, sucedem feldspato potássico e quartzo.

3.2 (Fe) - HASTINGSITA-BIOTITA GRANITOS

São variedades holo a leucocráticas de texturas porfiríticas em matriz fina a média, geralmente, com amplo predomínio de megacristais de feldspato potássico e, em menor escala, quartzo (que perfazem mais de 70 % do volume da rocha); seriadas de granulação grossa ou mesmo porfiróides. O Granito Salto mais típico, é uma variedade porfirítica, com megacristais ovóides (1,0-1,5 cm, raramente até 2 cm) de feldspato potássico, em geral manteados por plagioclásio. Megacristais de quartzo (0,5-1,0 cm, raramente até 1,5 cm) globular a subhedral também estão presentes. Em outras variedades, o manteamento também pode ser observado, porém de modo mais esporádico.

Compreendem especialmente sienogranitos (Figura 2), mas monzogranitos e álcali-feldspato granitos também estão presentes. Comparativamente aos biotita-granitos mais típicos, são mais ricos em feldspato potássico e pobres em plagioclásio, que é por sua vez mais sódico (oligoclásio ácido/albite). Como máfico característico, além da biotita, apresentam anfibólio, em cristais maiores isolados (3-5 mm) ou menores, associados à plagioclásio. As características ópticas são compatíveis com hastingsita/Fe hastingsita (pleocroísmo em tons verde-amarelado a verde oliva ou azulado escuro; 2V 30-15). Por vezes é zonado, com bordas de tonalidades verdes mais fortes. É idiomórfico a subidiomórfico e pode apresentar geminação simples; reação para biotita é comum. Nestas variedades, a biotita (1,0-3,0 mm) apresenta pleocroísmo diferen-

ciado, com tonalidades algo mais castanhas.

Adicionalmente apresentam grandes cristais (4,0-5,0 mm) idiomórficos a subidiomórficos isolados, de alanita, com pleocroísmo em tons laranja-avermelhado, e fluorita (incolor ou com tons violeta), mais frequentemente, como cristais intersticiais. Biotitas tardias, produtos de biotita primária e/ou anfibólio, de pleocroísmo em tons de amarelo a laranja-avermelhado claro, são características destas variedades. Albita tardi/pós-magmática, com texturas diversas, está sempre presente.

A facies wiborgítica (Granito Salto) mostra ao microscópio, pertitas de contornos arredondados, parcial ou totalmente envolvidas por plagioclásio (oligoclásio sódico a albita), por vezes zonado; outros ovóides, sem estes mantos, podem apresentar bordas granofíricas acrescidas, que confundem-se com a matriz da rocha. Tipicamente, estes megacristais apresentam inclusões de quartzo globular ou euhedral com secções hexagonais, e também como septos.

3.3 LEUCO-DIORITÓIDES

Uma amostra estudada desta facies, revela composição modal diorítica, tendo baixo teor de máficos (10-15), próxima, portanto, da composição de plagioclasitos. A textura é hipidiomórfica, seriada, relativamente homogênea, com máficos ocorrendo agrupados ou isolados.

Plagioclásio (oligoclásio intermediário a cálcico), aparece em duas gerações bem distintas: uma como cristais menores, idiomórficos (0,5-2,0 mm), pouco zonados, por vezes aparentemente não geminados, que constituem grupos intersticiais, de aspecto cumulático com quartzo e/ou feldspato potássico intersticiais; a outra, como cristais maiores (5,0-10,0 mm), de composição similar, subidiomórficos, com hábitos mais tabulares e geminações de Carlsbad e Albita, localmente com inclusões septárias de quartzo. Por vezes, estes últimos cristais aparecem como "mosaicos" constituídos de grãos menores, com algum quartzo intersticial. Quartzo e feldspato potássico são predominantemente intersticiais; o primeiro é límpido e contém inclusões de plagioclásio de primeiro tipo, o segundo, com pertitas em filmes e veios regulares, tem localmente tendência a formar megacristais e contém inclusões corroídas de plagioclásio com bordas albíticas e/ou mirmequíticas.

Entre os máficos predominam biotita verde-acastanhada e anfibólio (Fe-hastingsita ?) com dimensões médias entre 1 e 5 mm. Titanita, opacos (principalmente magnetita) e apatita, zircão diminuto, são os acessórios mais comuns. Minerais tardios/de alteração incluem sericita, epidoto/clinozoizita, clorita e carbonatos, entre outros. Localmente, como alteração de anfibólio, observam-se biotitas tardias com pleocroísmo em tons mais alaranjados.

3.4 MICROGRANITOS

Microgranitos porfiríticos apresentam megacristais (0,3-1,0 cm) de feldspato potássico, quartzo e, menos frequentemente, de plagioclásio. Alguns dados modais indicam tratar-se principalmente, de sienogranitos (Figura 2). Foram observadas diversas variedades mineralógico-estruturais e a densidade de megacristais é variável, compondo desde aproximadamente 10 % até 30-40 % em volume da rocha. A matriz, de granulação fina a muito fina, apresenta desde textura equigranulares xenomórficas até as mais hipidiomórficas e/ou granofíricas; em alguns casos, apresenta pelo menos duas modas dimensionais, uma de granulação fina ou fina-média, outra de granulação muito fina, onde os feldspatos são predominantes. Os minerais máficos incluem especialmente biotita, raros opacos, fluorita, muscovita e clorita, e raramente ultrapassam 3-5 % em volume da rocha. Microgranitóides híbridos (enclaves) não fo-

ram estudados microscopicamente.

4. RADIOMETRIA

Os teores dos elementos radioativos naturais urânio, tório e potássio foram medidos em laboratório, com um detetor de Na I(Tl) de 5" x 5", acoplado a um analisador de altura de pulso de 1024 canais; o ruído foi eliminado com blindagem de mercúrio; para a calibração do sistema, foram utilizados padrões secundários do USGS (IAEA, 1976).

A emissão gama no campo foi medida com um espectrômetro portátil Scintrex de 4 canais, com detetor de Na I(Tl) de 2,5"x 2,5".

Em ambos os casos, os fotopicos utilizados foram 1,46 Mev para o potássio-40, 1,76 Mev para o urânio (Bi-214 na série do U-238) e 2,62 Mev para o tório (Tl-208 para a série do Th-232).

Após a análise dos dados obtidos em laboratório e campo, foi verificada a elevada correlação entre os dois conjuntos de dados. Por isso, a análise estatística foi feita com os teores obtidos em laboratório, pois estes apresentam maior precisão de medida.

A Tabela I apresenta as médias e os desvios padrão obtidos para os teores de U, Th, K e calor radiogênico, além de Fe (como Fe₂O₃) e densidade. Os resultados espectrométricos obtidos para a Suíte, estão de acordo com os apresentados na literatura internacional (Heier, 1969; Rogers e Adams, 1969a, 1969b).

A análise dos mapas de isolinhas (Figuras 3 e 4) indicou que o "Granito de Itu", previamente considerado como homogêneo, pode ser dividido em porções distintas, de acordo com os valores obtidos para os teores dos três radioelementos. Assim sendo, a região SW apresenta maior teor de U e Th; a central maior teor de K; a norte é empobrecida em U e a parte NE, apresenta uma faixa com maior teor de Th.

Os maiores valores da porção SW são ocasionados pela presença do granito de textura wiborgítica; adicionalmente, os microgranitos nele encontrados apresentam os maiores teores de U (até 19 ppm) de toda a Suíte. Por outro lado, os valores relativamente altos do Th e razão Th/U obtidos pela radiometria, aliados às mineralizações indicadas por IPT (1981), sugerem ser a região NE passível de estudos bem mais detalhados.

Através da análise petrográfica e estrutural, foi indicada a existência de várias estruturas na Suíte Intrusiva de Itu, como se pode verificar na Figura 1. Entretanto, apenas o Granito Salto pode ser individualizado em termos radiométricos (Tabela I), pelo menos nesta fase de estudos, confirmando a presença de um corpo distinto na Suíte.

É interessante salientar que os microgranitos, de modo geral, apresentam teores mais altos de U e Th, sendo aqueles do Granito Salto e da pedreira próxima a Itupeva, os representantes típicos.

A variação na razão Th/U na Suíte, indica que na parte norte, seu valor é bastante alto, em relação aos valores médios (Rogers e Adams, 1969a); tal fato pode ter sido ocasionado pela oxidação do urânio do estado tetravalente para o hexavalente. O U hexavalente é mobilizado mais facilmente que o Th tetravalente, implicando no aumento da razão Th/U, a qual pode indicar as condições de oxidação durante os estágios finais de cristalização do magma e/ou lixiviação posterior (Adams e Gasparini, 1970). O Granito de Salto apresenta, por outro lado, razão dentro da média apresentada pela literatura.

Além dos elementos citados, foram efetuadas medidas de Fe_T (Fe₂O₃) e densidade em todas as amostras (Tabela I), sendo os resultados também compatíveis com as médias apresentadas pela literatura (Mueller, 1969; Carmichael, 1984, respectivamente). De acordo com Pascholati et al (1986), o teor de urânio tem se apresentado inversamente proporcional ao Fe; por exemplo, os microgranitos de enclaves do Granito Salto e da pedreira de Itupeva, os quais apresentam teores de U acima da média (19 ppm e 9 ppm, respectivamente), fornecem teores abaixo da média para o Fe_T (0,86 % e 1,05 %, respectivamente). A densidade foi u-

tilizada para o cálculo da produção de calor radiogênico e também como variável adicional para a realização de grupamento das amostras.

A produção de calor radiogênico foi obtida através da equação

$$A = \rho \left\{ 3.35 K(\%) + 9.79 U(\text{ppm}) + 2.64 Th(\text{ppm}) \right\} \times 10^{-5-3} \mu\text{Wm}$$

proposta por Schmucker (1969), onde ρ é a densidade.

A Tabela I também apresenta os resultados obtidos para a produção de calor radiogênico, tanto para a Suíte, como para o Granito Salto. Enquanto na primeira, o valor encontra-se dentro da média apresentada pela literatura, no segundo ele é mais alto, numa decorrência direta de seu maior teor em U e Th.

A análise de grupamento sugere que as amostras se reúnem em aproximadamente quatro grupos, ou seja, norte, central sul e sudeste, reforçando os resultados anteriormente discutidos.

5. CONCLUSÕES

Os projetos ora em desenvolvimento, apesar de se encontrarem em seus estágios iniciais, já resultaram num volume considerável de informações sobre os granitóides da região de Itu.

Em primeiro lugar, o uso de produtos de sensoriamento remoto permitiu a obtenção de dados estruturais e indicações sobre a presença de, pelo menos, quatro corpos intrusivos, sustentados, em parte, por trabalhos de campo e estudos de laboratório. No momento, a análise do padrão de fraturamento é prejudicada pela sua aparente não continuidade para fora do corpo, especialmente no embasamento. Tal fato pode ser devido à exclusividade dessas feições na Suíte Intrusiva de Itu, ou ao intemperismo mais intenso nas rochas do embasamento. As grandes feições curvilíneas, associadas a cisalhamentos, parecem ser ramos da zona de Falhamento de Jundiuvira. Os frequentes lineamentos com direção NNE, parecem estender-se para norte, até o Complexo Morungaba, e para sul, até a região de Piedade. Uma análise regional de imagens LANDSAT, indica que elas pertencem a uma faixa com cerca de 20 km de largura, que vai do litoral até o sul de Minas Gerais.

A Suíte de Itu é intrusiva no Complexo Piracaia, de idade presumivelmente Proterozóica II. Suas características petrográficas e estruturais sugerem ambientação pós-tectônica ou mesmo cratogênica.

Petrograficamente, os granitóides incluem diversas facies com características texturais e petrográficas próprias, agrupadas em dois conjuntos principais, caracterizados mineralogicamente, um pela presença, outro pela ausência de (Fe)-hastingsita entre os máficos e pela presença mais marcada ou não de fluorita e alanita. O segundo grupo inclui monzogranitos, sienogranitos e subordinadamente, álcali-feldspato granitos; o primeiro grupo sienogranitos e álcali-feldspato granitos. O Granito Salto agrupa facies caracterizadas por apresentar textura wiborgítica típica.

Observações texturais em seções delgadas (cristais de plagioclásio agrupados, com biotita, anfibólio e acessórios), aliadas à ocorrência de leuco-dioritos (com aspecto local cumulático), sugere que o fracionamento de plagioclásio + biotita + anfibólio + titanita + magnetita é fator que deve ser considerado e estudos mais detalhados de evolução dos magmas granitóides.

Dentro de um contexto global, comparativo, as características estruturais e petrográficas apresentadas são, em uma primeira análise, compatíveis com aquelas características dos granitóides de tipo "A" na concepção de White e Chappel (1983). Comparativamente aos granitóides do tipo "I" mais félsicos, os de tipo "A" são, para teores semelhantes de SiO₂, mais pobres em MgO e CaO. De fato, duas análises parciais para elementos maiores e uma disponível na literatura (Constantino, 1974) apresentam teores destes elementos similares aos valores médios encontrados por White e Chappel (1983):

Granito Salto

Grosseiro - SiO₂ 78,7 %; Al₂O₃ 13,5 %; Fe_t(Fe₂O₃) 2,27 %;
TiO₂ 0,25 %; K₂O 4,49 %; CaO 0,81 %.

Microgran. - SiO₂ 78,8 %; Al₂O₃ 12,1 %; Fe_t(Fe₂O₃) 0,90 %;
TiO₂ 0,14 %; K₂O 4,38 %; CaO 0,34 %.

Suíte Intrusiva de Itu

Literatura - SiO₂ 72,5 %; Al₂O₃ 12,9 %; Fe_t(Fe₂O₃) 3,24 %;
TiO₂ 0,29 %; Na₂O 4,22 %; K₂O 5,02 %.

Os estudos gamaespectrométricos aliados a determinações de Fe_t (Fe₂O₃) e densidade, reforçam as indicações sobre a existência de diversos corpos na Suíte Intrusiva de Itu. O Granito Salto, em particular, apresenta os maiores teores de U e Th e de produção de calor radiogênico, como também o menor teor de Fe_t. Na região nordeste, são identificadas as maiores razões Th/U, indicando a ação de processos tardi/pós-magmáticos de lixiviação. É interessante notar que, tanto o depósito de W/Sn de Inhandjara, como ocorrências de Cu e Mo, identificadas pelos geólogos do IPT, estão ligadas a essa região. Este fato está merecendo nossa maior atenção, no projeto de caracterização metalogenética da Suíte.

6. AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos ao Prof. Raphael Hypólito, aos funcionários do Laboratório de Química e do Setor de Laminação do IG-USP e funcionários do Laboratório de Química do IAG-USP. (Finep)

7. REFERÊNCIAS

AB'SABER, A.N. - 1948 - Sequência de rochas glaciais e sub-glaciais dos arredores de Itu. Min.Met. 13 (73): 43-45.

ADAMS, J.A.S. e GASPARINI, P. - 1970 - Gamma-ray spectrometry of rocks. Series: Methods in Geochemistry and Geophysics, Elsevier, Amsterdam, 295 pg.

ALGARTE, J.P., ADDAS, W. e CUNHA, H.C.S. - 1974 - Projeto Sudeste do Estado de São Paulo, Folha SF-23-Y-C, 1:250.000. São Paulo, CPRM.

AMARAL, G. - 1983 - Sistemática para utilização de dados de sensoramento remoto em mapeamento geológico básico. Atas 40 Simp.Reg. Geol.: 387-396, Rio Claro, SP.

CAMPOS NETO, M.C., BASEI, M.A.S., ALVES, F.R. e FIGUEIREDO, M.C.H. - 1983 - Geologia das Folhas Piracaia e Igaratá. I Jornada sobre a Carta Geológica do Estado de São Paulo em escala 1:50.000. Pró-Minério, Atas: 55-79.

CARMICHAEL, R.S. - 1984 - Handbook of physical properties of rocks. Vol III. CRC Press, Miami, 340 pp.

CHAYES, F. - 1949 - A simple point counter for thin-section analysis. Amer.Minerol. 34 : 1-11.

CONSTANTINO, W. - 1974 - Caracterização tecnológica de algumas rochas eruptivas para extração de feldspatos. Tese de Livre-Docência, EP-USP, 134 pp.

- CORDANI, U.G. e KAWASHITA, K. - 1971 - Estudo geocronológico pelo método Rb-Sr de rochas graníticas intrusivas do Grupo Açunqui. An. XXV Congr. Bras. Geol.: 105-110, São Paulo, SP.
- DIDIER, J. - 1987 - Contribution of enclaves studies understanding of origem and evolution of granite magmas. Geol. Rundschau, 76(1) : 41-50.
- HASUI, Y., CARNEIRO, C.D.R. e BISTRICHI, C.A. - 1978 - Os granitos e granitóides da região de dobramentos sudeste do Estado de São Paulo. An. XXX Congr. Bras. Geol., 6 : 2594-2608, Recife, PE.
- HEIER, K. S. - 1969 - Potassium. Handbook of Geochemistry (K. H. Wedepohl, ed.), Berlim, Springer-Verlag, 2(2): 19.
- HIBBARD, M.J. - 1981 - The magma mixing origem of mantle-feldspar. Contr. Mineral. Petrol., 76 : 158-170.
- HUTCHINSON, C.S. - 1974 - Laboratory handbook of petrographic techniques. John Wiley & Sons, New York, 527 pp.
- IAEA (International Atomic Energy Agency) - 1976 - Radiometric reporting methods and calibration in uranium exploration. Int. At. Energy Agency, Vienna, Tech. Rep. Ser. No. 174, 57 pp.
- IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) - 1981 - Avaliação preliminar das potencialidades minerais de rochas granitóides do Estado de São Paulo. 3 vols, Rel. IPT (15.982).
- LANDIM, P.M.B. e OUTROS - 1984 - Folha São Paulo. Mapa Geológico do Estado de São Paulo 1:250.000. Convênio DAEE-UNESP.
- MUELLER, R.F. - 1969 - Magnesium. In Handbook of Geochemistry (K. H. Wedepohl, ed.), Berlim, Springer-Verlag, 2(1): 12.
- PASCHOLATI, E.M., FUJIMORI, K. e HIODO, F.Y. - 1986 - Aspectos analíticos na determinação fluorimétrica do urânio. XXXIV Congr. Bras. Geol., Goiânia, GO, Bol. (resumos): 255.
- ROGERS, J.J.W. e ADAMS, J.A.S. - 1969a - Thorium. In Handbook of Geochemistry (K.H. Wedepohl, ed.), Berlim, Springer-Verlag, 2(5): 90.
- ROGERS, J.J.W. e ADAMS, J.A.S. - 1969b - Uranium. In Handbook of Geochemistry (K.H. Wedepohl, ed.), Berlim, Springer-Verlag, 2(5): 92.
- SCHMUCKER, U. - 1969 - Geophysical aspects of structure and composition of the Earth and the Earth Crust. In Handbook of Geochemistry (K.H. Wedepohl, ed.), Berlim, Springer-Verlag, 1: 134-226.
- STRECKEISEN, A. - 1976 - To each rock its proper name. Earth Sci. Rev., 12: 1-33.
- TASSINARI, C.C.G., TAYLOR, P.M. & KAWASHITA, K. - 1987 - Sr and Pb isotopic evolution of the granitoids of the São Paulo Region. (no prelo).
- VLACH, S.R.F. - 1985 - Geologia, petrografia e geocronologia das regiões meridional e oriental do Complexo Morungaba, SP. Dissertação de Mestrado, IG-USP, 253 pp.
- VORMA, A. - 1976 - On the petrochemistry of rapakivi granites with special reference to the Laitila Massif, southwestern Finland. Geol. Sur. Finland. Bull (285): 98 pp.
- WERNICK, E. - 1979 - O magmatismo granitóide das regiões de dobramento Nordeste e Sudeste. Rev. Bras. Geoc., 9(2): 122-139.

WERNICK, E. - 1983 - Enclaves e seus significados geológicos. Geoc. 2: 87-96.

WHITE, A.J.R. e CHAPELL, B.W. - 1983 - Granitoids types and their distribution in the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia. In: Circum-Pacific Plutonic Terranes, J. A. Roddick (ed.). Geol. Soc. Am. Memoir 159: 21-34.

TABELA I

REGIAO	N	K(%)	U(PPM)	TH(PPM)	A(μm^{-5})	FE203(Z)	$\rho(\text{G/CM}^3)$
SUITE INTRUSIVA DE ITU	84	4.4	.8	3.6	2.7	29.8 13.5	3.5 1.4 1.76 .53 2.53 .05
GRANITO SALTO	8	5.1	.4	7.9	5.1	39.1 7.9	5.3 1.8 1.05 .41 2.57 .04
SUITE S/ GRAN. SALTO	76	4.6	.6	3.0	1.9	29.2 14.2	3.3 1.3 1.77 .53 2.52 .05

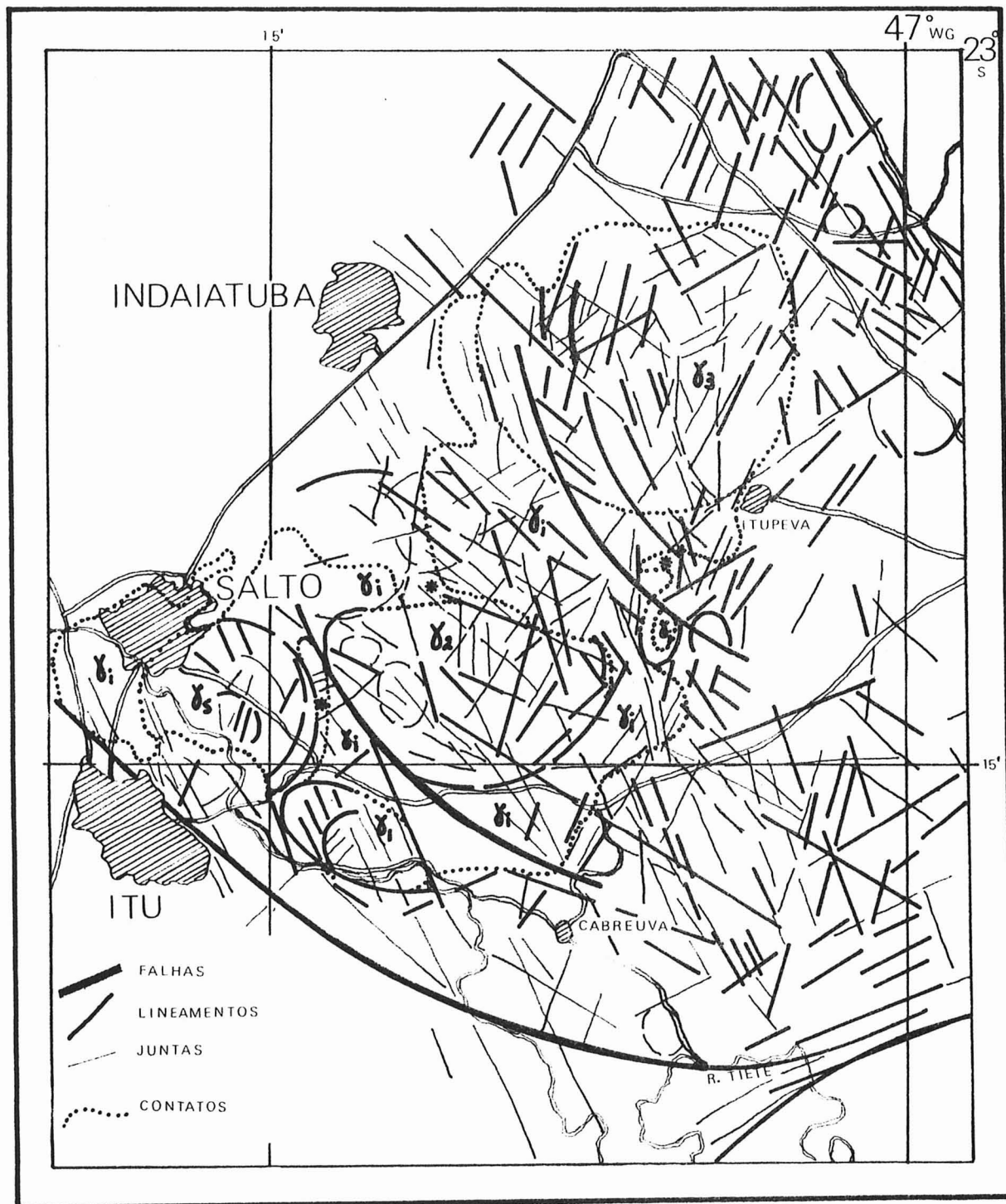


Figura 1 - Mapa geológico da Suite Intrusiva de Itu. Granito Salto (γ_s); Corpos circunscritos ($\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$); Corpos indiferenciados (γ_i). Exposições do embasamento (*).

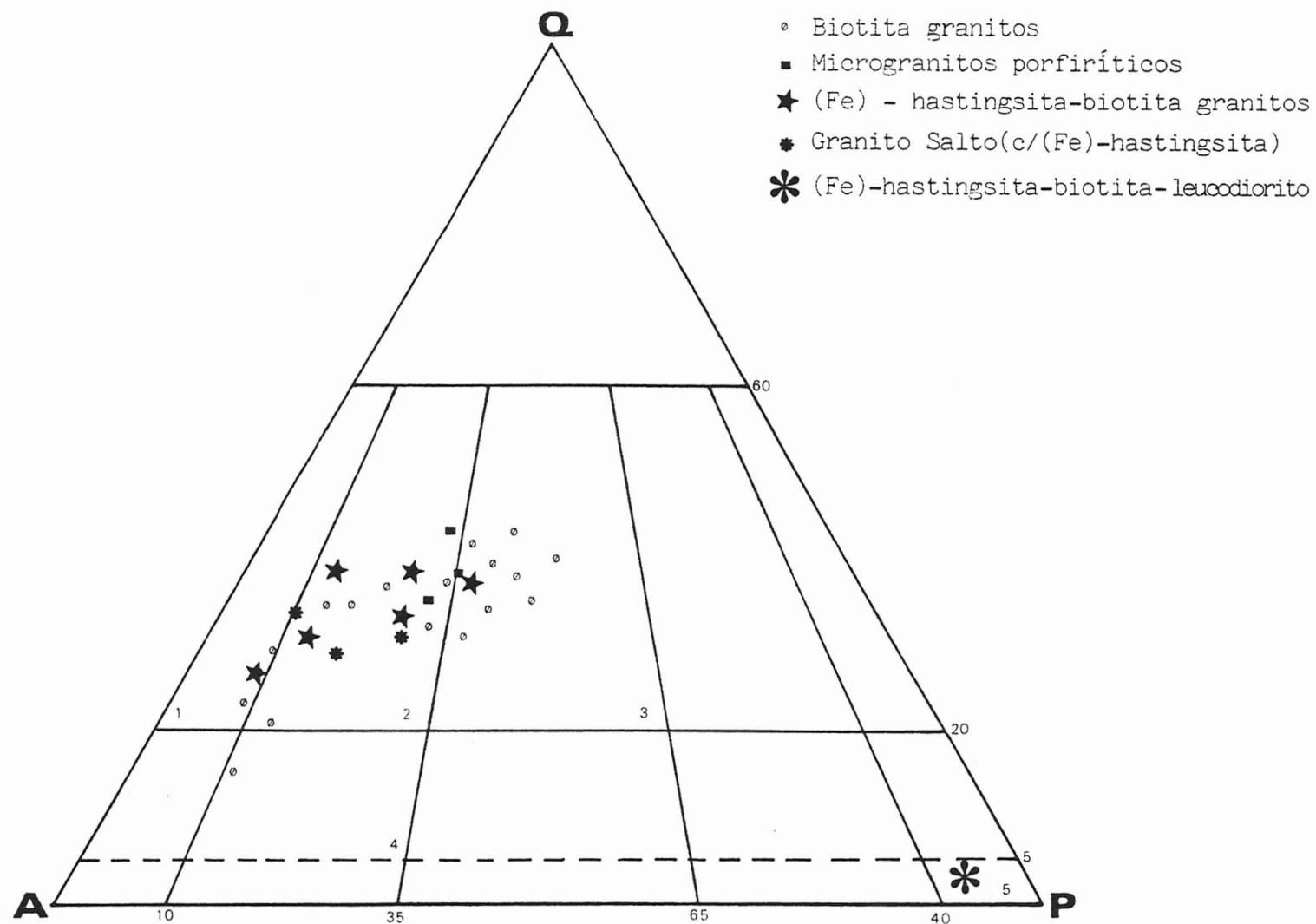


Figura 2 - Diagrama modal para as amostras mais representativas da Suíte Intrusiva de Itu. 1 - Alkali-feldspato granito; 2 - Sienogranito; 3 - Monzogranito; 4 - Quartzo-sienito; 5 - Diorito/Gabro (STRECKEISEN, 1976).

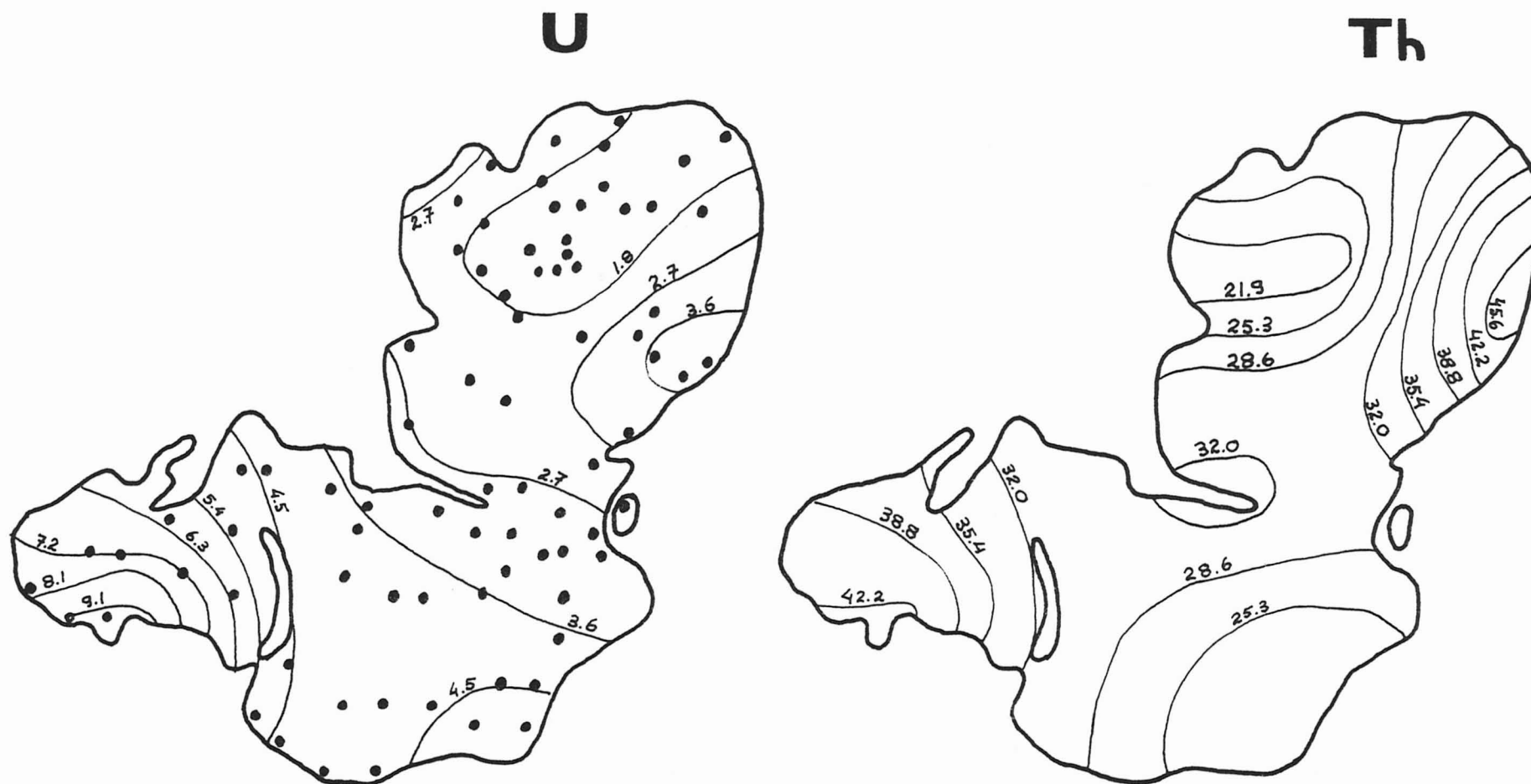


Figura 3 - Isovalores de U e Th, valores em ppm. Os pontos indicam os locais de amostragem.

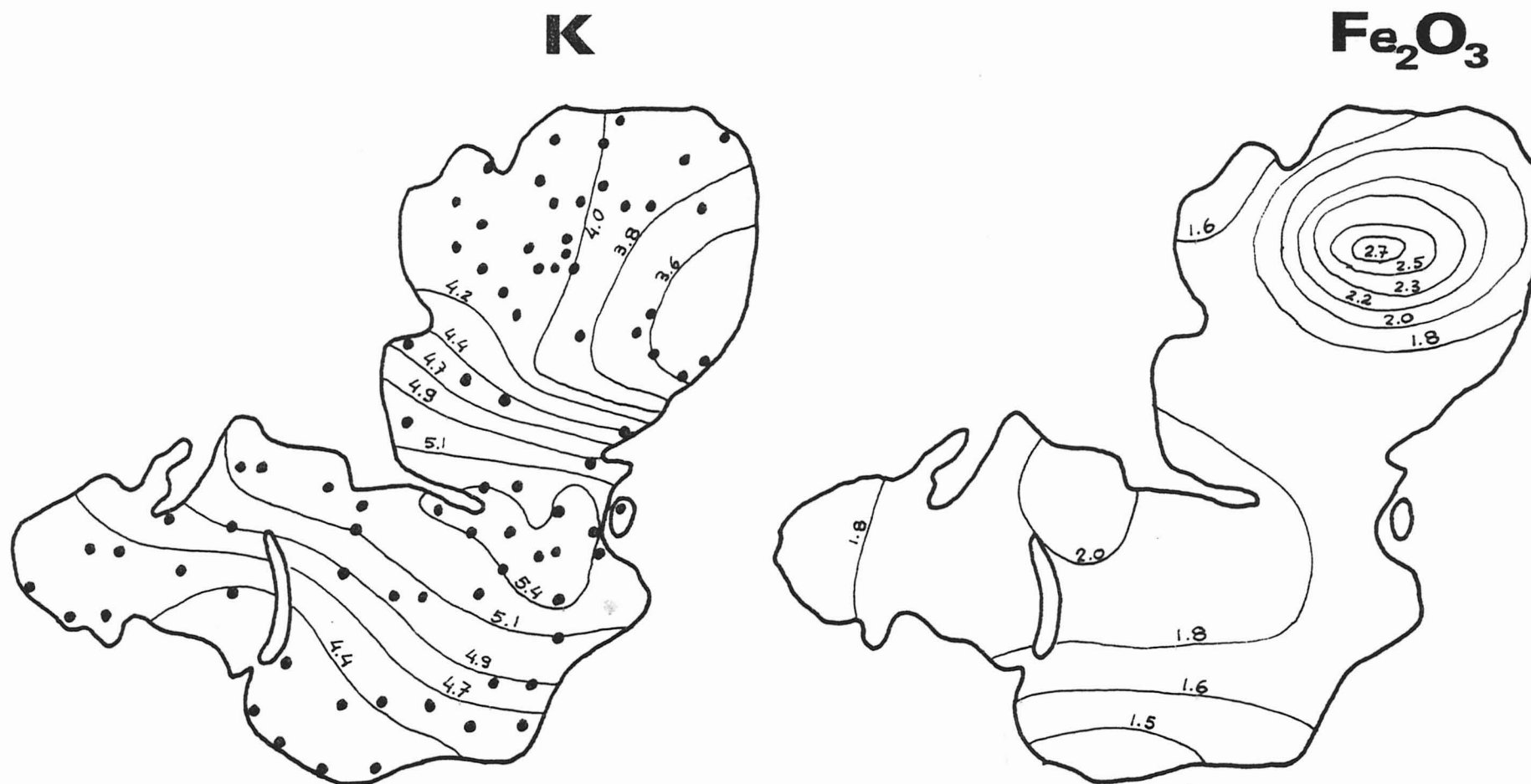


Figura 4 - Isovalores de K e Fe₂O₃, valores em %. Os pontos indicam os locais de amostragem.