PADRÕES DE ETR EM GRANITOS CRUSTAIS, CÁLCIO-ALCALINOS E RAPAKIVI: INFLUÊNCIA DOS MINERAIS ACESSÓRIOS

EBERHARD WERNICK *, CLÁUDIO JOSÉ FERREIRA **, PAUL KARL HÖRMANN ***, JANINE PATRÍCIA TEUPPENHAYN ****, TAMAR MILCA BERTOLOZZO GALEMBECK *

ABSTRACT REE PATTERNS OF CRUSTAL, CALC-ALKALINE, AND RAPAKIVI GRANITES: INFLUENCE OF ACCESSORY MINERALS One hundred and twenty three analyses for rocks, matrixes of porphyritic rocks and accessory minerals (sphene, zircon, tourmaline) from crustal (including tourmaline granites), calc-alkaline and rapakivi granites from the State of São Paulo, SE Brazil, are presented, compared and discussed. By zircon typology, these granites belong to the lineages 3, 4a, 4b, and 5 in Pupin's (1980) classification. The data show large influence of sphene, zircon, and tourmaline in the shape of the whole rock REE pattern of the, respectively, crustal/calc-alkaline, rapakivi and tourmaline granites. The matrixes of porphyritic rocks show higher REE contents than the whole rocks; the zircons from different granitoids lineages have REE contents proportional to those of the host rocks, and in the tourmaline granites the REE contents reflect clearly the modal percentage of this accessory mineral. The mean REE contents in these rocks increase progressively along the lineage sequence 3, 4a, 4b and 5. The data also show the active participation of accessory minerals in the fractional crystallization of granitic magmas and that the interpretation of the REE pattern of granitoids is a complex task which requires not only whole rock data but also those of REE concentration in accessory minerals or chemical data which allow to trace their behaviour during magma evolution.

Keywords: rare-earth elements, granitoid series, accessory minerals, zircon typology

RESUMO São apresentados, comparados e discutidos 123 análises de ETR de rochas totais, matrizes de rochas porfíroides/porfíriticas e minerais acessórios (titanita, zircão e turmalina) de granitos crustais (incluindo turmalina granitos), cálcio-alcálicos e rapakivi do Estado de São Paulo. Por sua tipologia do zircão, os granitos considerados, representam as linhagens 3, 4a, 4b e 5. Os dados revelam a grande influência dos padrões de ETR da titanita, zircão e turmalina na modelagem dos padrões de ETR globais, respectivamente, dos granitos crustais/cálcio-alcálicos, rapakivi e turmalina granitos. Nas rochas porfíriticas e porfíroides as matrizes têm conteúdos de ETR maiores que as rochas totais; os zircões de diferentes linhagens de granitóides têm teores de ETR proporcionais aos de suas rochas hospedeiras e nos turmalina granitos os teores de ETR são proporcionais aos conteúdos modais neste mineral acessório. Os teores médios de ETR nas rochas estudadas aumentam sucessivamente segundo a sequência das linhagens 3 - 4a - 4b-5. Os dados indicam igualmente a participação ativa dos minerais acessórios na cristalização fracionada de magmas granitóides e que a interpretação dos padrões de ETR em rochas granitóides é tarefa complexa que requer conjuntamente, dados para rocha total e seus minerais acessórios ou dados químicos que permitem rastrear o comportamento dos mesmos durante a evolução magmática.

Palavras-chaves: Elementos terras-raras, séries granitóides, minerais acessórios, tipologia de zircão

INTRODUÇÃO Nas rochas granitóides, os elementos de terras raras (ETR) concentram-se principalmente nos minerais acessórios, tais como titanita, allanita, xenotima e zircão (Gromet & Silver 1983, Budzinski & Tischendorf 1989, Lipin & McKay 1989) e muitas vezes estes minerais são fracionados nos estágios iniciais da diferenciação magmática, como mostram variações nos teores modais, a correlação negativa entre SiO_2 e P_2O_5 , TiO_2 , Zr, Ce, etc e a progressiva diminuição dos teores de ETR (Wernick *et al* 1993b). Em muitos casos, esta variação no conteúdo não é acompanhada por mudanças significativas no formato do padrão de ETR das rochas mais primitivas para rochas mais evoluídas. Apenas em rochas muito diferenciadas, pobres em minerais acessórios, ocorrem mudanças significativas nos formatos dos padrões de ETR, sugerindo que nos estágios iniciais da evolução magmática as variações daqueles formatos, devido ao fracionamento de minerais essenciais, são em boa parte mascaradas pelos minerais acessórios. Visando aprofundar esta noção são apresentados, comparados e discutidos padrões de ETR de rochas e minerais acessórios de granitos crustais, cálcio-alcálicos e rapakivi, de idade Brasiliana, do Estado de São Paulo, SE do Brasil.

OBJETOS DE PESQUISA Para a realização deste trabalho, foram utilizados dados de ETR dos granitos Mairiporã, Cantareira, Taipas, Morro do Perus, Perus, Itaqui, São Roque

e Itu (Figura 1), representando granitos crustais, cálcio-alcálicos e rapakivi. Com exceção do granito Itu, que corta rochas orto- e parametamórficas de médio a alto grau do Grupo Itapira (Galembeck 1991), os demais são intrusivos em ectinitos supracrustais do Grupo São Roque, o que faz com que os mesmos, independente de suas características genéticas, sejam portadores de variáveis teores de turmalina (Artur *et al* 1992).

Granitos crustais São representados pelos granitos porfíroides aluminosos Mairiporã, Cantareira, Taipas e Morro do Perus, aos quais se associam granitos equigranulares, microgranitos, aplitos e pegmatitos tardios/residuais, em parte portadores de turmalina. Estes granitos foram descritos principalmente por Moraes Rego & Souza Santos (1938), Ellert (1964), Coutinho (1972), Tassinari (1988), Tassinari *et al* (1988), Wernick *et al* (1985, 1996), Dantas (1990) e Teuppenhayn (1994). São intrusões múltiplas, plurifaciais, compostas principalmente por biotita granodioritos/monzogranitos, cujo mineral acessório marcante é a titanita que em seções losangulares atinge até 1 cm de comprimento. Cada um dos mencionados granitos mostra diferenciação interna e a sequência Mairiporã-Cantareira-Taipas-Morro do Perus representa estágios progressivos na evolução do magma Pirituba (Wernick *et al* 1985, 1996, Dantas 1990, Teuppenhayn 1994). O estágio final desta evolução é representado pelo

* Departamento de Petrologia e Metalogenia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Caixa Postal 178, CEP-13500-230, Rio Claro-SP, Fax (019) 524-9644, Tel. - (019) 534-0522

** Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente, Av. Miguel Stéfano 3900, CEP-04301-903, São Paulo- SP, Fax-(011) 276-8572, Tel. - (011) 276-8721.

*** Mineralogisch-Petrographisches Institut und Museum, Christian-Albrechts Universität, Kiel, Alemanha

**** Umweltzentrum Westfalen GmbH, Westenhellweg 110, 59192 Bergkamen, Alemanha

Figura 1 - Localização dos corpos granitóides (1-6) objetos desse trabalho. Linhagens de granitóides definidas pela tipologia de zircão.

Figure 1 - Location of studied granitoids (1-6), State of São Paulo, SE Brazil. Lineage classification is based on zircon typology.

turmalina-granito Perus que compreende as fácies granito bandado, pegmatites simples e pegmatites complexos (Hasui 1963, Carneiro 1983, Teuppenhayn 1994). A vinculação genética, por diferenciação extrema, entre os granitos porfirídeseo granito Perus, já sugerida por Cordani *et al.* (1963), foi demonstrada, via dados geológicos, mineralógicos, petrográficos, mineralógicos, químicos e isotópicos por Wernick *et al.* (1985, 1996), Teuppenhayn (1994) e Teuppenhayn *et al.* (1995).

Granitos cálcio-alcálinos São representados pelos granitos Itaqui e São Roque. O granito Itaqui, estudado principalmente por Hasui *et al.* (1969), Coutinho (1972), Ferreira & Wernick (1989), Ferreira (1991), Wernick & Ferreira (1993), Correia (1994) e Ferreira & Wernick (1995), é um

complexo múltiplo e composto, fortemente diferenciado, que compreende essencialmente hornblenda biotita granodioritos/monzogranitos aos quais se associam fácies inequigranulares de biotita monzogranitos e equigranulares além de microgranitos, aplitos e pegmatitos tardios/residuais, em parte portadores de turmalina. Nas rochas menos evoluídas, a titanita e o zircão são os minerais acessórios de destaque.

O granito São Roque (Coutinho 1953, Andrade 1995) tem características petrográficas e mineralógicas muito semelhantes às do granito Itaqui, assim como estruturação magmática similar (Wernick *et al.* 1995a). Também se mostra fortemente diferenciado e titanita e zircão são minerais acessórios de destaque. Distingue-se do granito Itaqui, entretanto, pela presença de algumas pequenas intrusões circulares de turmalina granitos (Pressinoti *et al.* 1992, Andrade 1993), mineral

acessório encontrado no granito Itaqui, apenas em alguns aplitos (Ferreira 1991, Ferreira & Wernick 1991).

Nas rochas porfíroides, tanto crustais quanto cálcio-alcálicas, é comum a ocorrência de pseudopegmatitos com formas e dimensões variáveis, até métricas, representados por aglutinações de megacristais subhedrais a anedrais coalescentes de microclínio, cujos interstícios são ocupados principalmente por minerais máficos e acessórios. Resultam de processos de diferenciação magmática por fluxo (Wernick *et al.* 1994).

Granitos rapakivi São exemplificados pelo granito Itu, um complexo centrado múltiplo, formado por três intrusões rapakivi (Salto, Cabreúva, Indaítuba) e uma cálcio-alcálica tipo Caledoniana, mas também com características químicas de granitos tipo "A" (Itupeva). Foi estudado principalmente por Pascholat *et al.* (1987), Ruff (1990), Köhler (1990), Vlach *et al.* (1990), Galembeck (1991), Galembeck *et al.* (1991) e Wernick *et al.* (1995b). Nas intrusões rapakivi dominam biotita sienogranitos equigranulares, de granulação fina a grossa, e porfíritos com variável quantidade de fenocristais de microclínio manteados por albita/oligoclásio. Em todas as rochas, o zircão é mineral acessório de destaque.

TIPOLOGIA DE ZIRCÃO Na Figura 2 estão lançados no Quadro Tipológico do Zircão (Pupin 1980) as médias das populações deste mineral acessório das amostras dos granitos Mairiporã, Cantareira, Taipas, Morro do Perus, São Roque, Itaqui e Itu, extraídos de Wernick *et al.* (1985, 1988, 1990), Ferreira (1991), Ferreira & Wernick (1992), Galembeck (1991) e Andrade (1993). Os dados caracterizam bem a natureza crustal profunda (linhagem 3) a cálcio-alcálica (linhagem 4a) dos granitos Mairiporã, Cantareira, Taipas, Morro do Perus e Perus. O granito Itaqui enquadra-se essencialmente na linhagem cálcio-alcálica 4a, o granito São Roque na linhagem 4b e o granito Itu na linhagem 5, subalcálica potássica. A natureza crustal dos granitos Mairiporã, Cantareira, Taipas e Morro do Perus e Perus é ressaltada, nos granitos porfíroides, pela riqueza de enclaves surmicáceos e pobreza em enclaves microgranulares, domínio de biotita granodioritos/monzogranitos sem hornblenda, elevados valores de alumina saturação (~0,9) e elevadas razões iniciais $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0,708-0,710; Tassinari 1988, Teupenhayn 1994). Já a passagem da linhagem 4a para a linhagem 4b indica, segundo Pupin (1980), um incremento na temperatura e profundidade genética do magma e um aumento na participação de material mantélico, fato que se reflete numa maior frequência de hornblenda e enclaves microgranulares no granito São Roque em relação ao granito Itaqui (Ferreira 1991, Andrade 1993). Já a natureza subalcálica potássica do granito Itu indicada pela tipologia de zircão, coaduna-se com seus dados químicos (Wernick *et al.* 1988, 1995b, Galembeck 1991).

DADOS GEOQUÍMICOS Para a realização deste trabalho, foram utilizadas 123 análises de ETR (Tabela 1) referentes a (1) rochas porfíroides e equigranulares do granito São Roque, (2) enclave autólito no granito Itaqui, (3) rochas porfíroides, porfíriticas, inequigranulares e equigranulares do granito Itaqui, (4) rochas porfíroides dos granitos Mairiporã, Cantareira, Taipas e Morro do Perus, (5) rochas porfíriticas e equigranulares do granito Itu, (6) turmalina granito bandado Perus (rocha total e leitos leuco-, meso- e melanocráticos da estrutura bandada, (7) microgranitos, aplitos e pegmatites dos granitos São Roque, Itaqui, Cantareira, Taipas e Perus, (8) matrizes de rochas porfíroides/porfíriticas dos granitos São Roque e Itu, (9) pseudopegmatitos dados por concentrações de megacristais de microclínio aglutinados em rochas porfíroides do granito São Roque, (10) zircão do granito Itu e São Roque, (11) titanita do granito Taipas, e (12) turmalina magmática do granito Perus.

INTERPRETAÇÃO DOS DADOS Os dados da Tabela 1 estão representadas nas Figuras 3, 4 e 5, ora sob forma individual, ora como médias ou intervalos de variação.

A figura 3A mostra os padrões de ETR para rochas porfíroides e equigranulares do granito São Roque. Embora as rochas equigranulares, mais evoluídas (Andrade 1993), apresentem valor médio do ΣETR inferior (116 ppm) ao dos granitos porfíroides (251 ppm), os padrões de ambos, sem anomalias pronunciadas de Eu, são muito semelhantes e sofrem forte influência do padrão de ETR da titanita (Figura 3F). O mesmo padrão de ETR ocorre nos granitos porfíroides, porfíriticos, inequigranulares e equigranulares do granito Itaqui (Figura 3B) e nos granitos Mairiporã e Cantareira/Taipas (Figuras 3C e 3D). Apenas nas amostras mais evoluídas do granito Morro do Perus (Figura 3E) o padrão de ETR das rochas afasta-se do padrão da titanita por um empobrecimento maior em ETR no ramo pós-Eu, refletido pelo aumento da razão média La/Lu. A figura 3F que mostra o campo de variação de todos os padrões de ETR das Figuras 3A-E enfatiza esta feição e mostra também a pouca influência do zircão na modelagem do padrão da rocha total, apesar do seu elevado conteúdo em ETR (média de 2326 ppm), aproximadamente três vezes inferior ao da titanita (6836 ppm).

Os dados apresentados permitem concluir que o formato dos padrões de ETR dos granitóides das linhagens 3, 4a e 4b não refletem suas diferenças genéticas e evolutivas, mas a presença de maiores quantidades de titanita. Esse padrão pode ser designado de padrão "titanita granito" e serve para diagnosticar granitos nos quais os ETR concentram-se essencialmente neste mineral acessório.

As Figuras 4A a D mostram os padrões de ETR de aplitos (granitos São Roque, Itaqui, Cantareira e Taipas) e pegmatites (granitos Cantareira, Taipas e Perus) desprovidos ou portadores de teores variáveis de turmalina, cujo campo de variação é exibido na Figura 4E. A Figura 4F mostra os dados do granito bandado Perus e sua turmalina. Todos os padrões são caracterizados por baixos teores de ETR e tendem para um formato "asa de andorinha assimétrica" dado por um ramo pré-Eu mais inclinado que o ramo pós-Eu e por grandes anomalias negativas de Eu. Tais aspectos refletem uma convergência final da evolução magmática que independe de sua linhagem (3, 4a ou 4b). Em rochas ricas em turmalina, como é o caso do granito bandado Perus e seus pegmatitos simples (fácies petrográfica portadoras de quantidades variáveis de turmalina que nos leitos melanocráticos da estrutura bandada atinge até 23 % modal), o padrão de ETR da rocha total é nitidamente controlado pelo padrão da schörlita.

Partindo-se de uma ΣETR original aproximadamente igual nos granitos porfíroides das linhagens 3, 4a e 4b (Figura 3), a Figura 4 revela que os aplitos/pegmatitos mostram teores decrescentes da linhagem 4b (granito São Roque), via 4a (granito Itaqui), para a linhagem 3 (granitos Mairiporã, Cantareira e Taipas), sugerindo crescente fracionamento. Este aspecto pode refletir as temperaturas decrescentes e os teores crescentes de água, segundo a sequência das linhagens 4b-4a-3, o que se coaduna com a vinculação do granito Perus, fruto de um magma extremamente fracionado e geoquimicamente especializado, aos granitos porfíroides da linhagem 3 (Teupenhayn 1994, Wernick *et al.* 1996).

A Figura 5A mostra os padrões de ETR de rochas porfíriticas e equigranulares do granito Itu e de seu mineral acessório zircão, cujas ΣETR médios são, respectivamente, de 318 e 8058 ppm. Os dados mostram claramente que o padrão de ETR com formato em "asa de gaivota assimétrica" (ramo pré-Eu inclinado-grande anomalia negativa de Eu-ramo pós-Eu subhorizontal), normalmente interpretado como fruto de intenso fracionamento de plagioclásio, mostra forte influência do padrão de ETR do zircão, principalmente na parte referente

Figura 2 - Médias das populações de zircão dos granitos estudados no quadro tipológico (Pupin 1980): Mairiporã, Cantareira, Taipas, Morro do Perus e Perus (■), Itaqui (●), São Roque (▲), e Itu (*). Dados de Wernick et al. (1985), Ferreira (1991), Galembeck (1991), Andrade (1993) e Teuppenhayn (1994). Linhagens de granitóides: crustais (1-3), cálcio-alcálinas de pequena (4a), média (4b) e alta (4c) temperatura/profundidade/contribuição genética de material mantélico, subalcalina potássica (5), alcalina (6), toleítica (7) e charnockítica (8).

Figure 2 - Zircon typology data of studied granites on Pupin's (1980) classification. Mairiporã, Cantareira, Taipas, Morro do Perus and Perus (■), Itaqui (●), São Roque (▲), and Itu (*). Data from Wernick et al. (1985), Ferreira (1991), Galembeck (1991), Andrade (1993) and Teuppenhayn (1994). Granitoids lineages: crustal (1-3), low (4a), intermediate (4b) and high (4c) temperature/depth/genetic contribution of mantelic material calc-alkaline, subalkaline potassic (5), alkaline (6), tholeiitic (7) and charnockites area (8).

à acentuada anomalia negativa de Eu e ao ramo pós-Eu. Desta maneira o significado petrológico atribuído correntemente ao padrão de ETR em rochas rapakivi deve ser considerado com cautela e reserva.

A influência dos minerais acessórios na modelagem do padrão de ETR pode ser ressaltado de várias maneiras:

1- As Figuras 3A a D mostram que, com a progressiva diferenciação dos granitos São Roque, Itaqui, Mairiporã e Cantareira, ocorre apenas um deslocamento gradual dos padrões para valores de ETR progressivamente mais baixos, mas sem mudanças significativas nos seus formatos. Isto indica não só a participação dos minerais acessórios, os maiores concentradores de ETR em rochas granitóides em processos

de cristalização fracionada, mas também o mascaramento de variações do formato dos padrões de ETR pelo fracionamento de minerais essenciais (plagioclásio, anfibólio, mica) pelos minerais acessórios concentradores de ETR, no caso a titanita. A segregação deste mineral é patente na figura 3B, a qual mostra o padrão de ETR de um autólito no granito Itaqui, petrograficamente bastante enriquecido em titanita (Ferreira 1991, Ferreira & Wernick 1991), cujo formato é essencialmente similar aos padrões dos granitos encaixantes.

2- A figura 4F mostra as médias dos padrões de ETR dos leitos leuco-, meso- e melanocráticos da estrutura bandada do turmalina-granito Perus e da schörlita. Os padrões claramente revelam um aumento nos teores de ETR com o aumento das

Figura 3 - Padrões de ETR de granitos cálcio-alcalinos e crustais. 3A- granito São Roque (linhagem 4b): rochas porfiróides (■) e equigranulares (□). 3B- granito Itaqui (linhagem 4a): rochas porfiróides, porfíricas, inequigranulares e equigranulares (■) e enclave autólito (+). 3C-D-E: granitos porfiróides crustais (linhagem 3). 3C: Mairiporã (▲), 3D: Cantareira (▼), Taipás (▽). 3E: Morro do Perus (△). 3F: campo de variação de todas as amostras e padrão da titanita do granito Taipás (*) e da média do zircão do granito São Roque (+).

Figure 3 - REE patterns of crustal and calc-alkaline granites. 3A- São Roque granite (lineage 4b): porphyritic (■) and even-grained (□) rocks. 3B- Itaqui granite (lineage 4a): porphyritic/even-grained rocks (■) and autolithic enclave (+). 3C-D-E: crustal porphyritic granites (lineage 3). 3C: Mairiporã (▲), 3D: Cantareira (▼), Taipás (▽). 3E: Morro do Perus (△). 3F: range of all samples and pattern of sphene from the Taipás granite (*) and zircon from the São Roque granite (+).

proporções de turmalina, expressas por teores médios de boro, respectivamente, de 942, 1649 e 3939 ppm (Teuppenhayn 1994).

3- As figuras 5B e 5C comparam as médias dos teores de ETR de rocha total e matriz de variedades porfiróides e porfíricas dos granitos São Roque e Itu. Os dados mostram que as matrizes são mais ricas em ETR que as rochas totais e que os fenocristais de feldspato alcalino apenas "diluem" os teores das matrizes, sem alterar o seu padrão básico. No caso do granito Itu, os megacristais com anomalias positivas de Eu

apenas amenizam, ao nível da rocha total, as anomalias negativas mais acentuadas de Eu das matrizes devidas ao zircão. Tal aspecto tem grande importância para a interpretação de padrões de ETR de rochas geradas por diferenciação por fluxo, presentes neste complexo granitóide rapakivi (Wernick *et al.* 1994).

Para o granito São Roque, a Figura 5B ressalta também que os padrões médios de ETR das concentrações de megacristais das rochas porfiróides não apresentam anomalias positivas de Eu teoricamente esperadas, mas seguem os formatos dos

Figura 4 - Padrões de ETR de aplitos e pegmatitos de granitos cálcio-alcálicos e crustais. 4A: granito São Roque (linhagem 4b), 4B: granito Itaqui (linhagem 4a). 4C-D: granitos crustais (linhagem 3). 4C: granito Cantareira (▼), granito Taipas (▽). 4D: granito Perus (linhas tracejadas indicam teores de Eu abaixo do limite de detecção). 4E: campo de variação de todas as amostras. 4F: turmalina granito bandado Perus, média do granito (◇), média dos leitos leucocráticos (□), mesocráticos (□) e melanocráticos (■) e turmalina (x).

Figure 4 - REE patterns of aplites and pegmatites from calc-alkaline and crustal granites. 4A: São Roque granite (lineage 4b), 4B: Itaqui granite (lineage 4a). 4C-D: crustal granites (lineage 3). 4C: Cantareira (▼), Taipas (▽). 4D: Perus. 4E: Range of all samples. 4F: Layered tourmaline Perus granite, averages for whole rock (◇), leucocratic layers (□), mesocratic layers (□), melanocratic layers (■) and tourmalines (x).

padrões das matrizes e das rochas totais dos granitos porfiróides. Tal feição deve ser debitada ao material intersticial entre os megacrístais de microclínio, predominantemente máfico e contendo titanita e zircão (Andrade 1993).

4- A influência dos minerais acessórios também pode ser avaliada pela comparação dos granitos equigranulares portadores de titanita do granito São Roque (Figura 3A) e seus aplitos, onde este mineral acessório não ocorre (Figura 4A). Apesar dos teores de ETR semelhantes nestes dois grupos de rochas, os formatos dos seus padrões se distinguem nitida-

mente pela presença de acentuada anomalia negativa de Eu nos aplitos.

Interessante é a comparação dos padrões de ETR dos zircões dos granitos Ita (linhagem 5) e São Roque (linhagem 4b). Apesar dos formatos semelhantes, os zircões do granito Ita são mais ricos nos elementos La até Dy que os do granito São Roque, mas nos ETR mais pesados (Ho até Lu) ocorre sobreposição dos teores, caracterizando os zircões do granito São Roque como enriquecidos nestes elementos. Entretanto, ao nível global, os maiores teores de ETR dos zircões do

Figura 5 - 5A: Padrões de ETR de rochas porfíricas/equigranulares (○) e de zircões (x) do granito rapakivi Itu (linhagem 5). 5B-C: Médias de padrões de ETR em rochas porfíricas/porfíricas de granitos cálcio-alcálicos e rapakivi. 5B- granito São Roque (linhagem 4b): rocha total (■), matriz (△) e concentrações de megacristais de microclínio (▲). 5C-granito Itu: rocha total (○), matriz (●) e zircão (x). 5D- Padrões de ETR de zircão: granitos São Roque (+) e Itu (x).

Figure 5 - 5A: REE patterns of porphyritic/even-grained rocks (○) and zircons (x) from the rapakivi Itu granite (lineage 5). 5B-C: Averages of REE patterns of porphyritic rocks of calc-alkaline and rapakivi granites. 5B- São Roque granite (lineage 4b): whole rock (■), matrix (△) and K-feldspar megacrysts aggregates(%). 5C- Itu granite: whole rock (○), matrix (●) and zircon (x). 5D- REE pattern of zircons: São Roque (+) and Itu (x) granites.

granito Itu (média de 8058) em relação aos do granito São Roque (média de 2326) reflete o maior conteúdo em ETR do granito Itu (média de 318 ppm) em relação ao granito São Roque (média de 251 ppm).

Comparando-se a média dos ETR das rochas porfíricas dos granitos crustais Mairiporã, Cantareira/Taipas e Morro do Perus (168 ppm), com os teores médios dos granitos cálcio-alcálicos Itaqui (229 ppm) e São Roque (251 ppm) e do granito rapakivi Itu (318 ppm), conclui-se que os teores de ETR crescem continuamente segundo a sequência das linhagens 3, 4a, 4b e 5. Isto corrobora o resultado semelhante obtido por Pupin (1980) e enfatiza a importância da tipologia de zircão como indicador petrogenético, já ressaltado por Wernick *et al.* (1988, 1990) e Wernick & Ferreira (1990) pela correlação da tipologia de zircão com elementos maiores, traços e razões iniciais $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ em rochas granitoides.

CONCLUSÕES A comparação de dados de ETR de rochas e minerais acessórios de granitos crustais (Mairiporã, Cantareira, Taipas, Morro do Perus e Perus), cálcio-alcálicos (Itaqui, São Roque) e rapakivi (Itu) do Estado de São Paulo, permite as seguintes conclusões:

1- Os padrões de ETR dos granitos crustais (com exceção do turmalina granito Perus) e dos granitos cálcio-alcálicos são do tipo liso, sem anomalias pronunciadas e refletem claramente o padrão do seu principal mineral acessório, a titanita. Assim, os padrões de ETR não refletem as diferenças genéticas dadas por crescentes participações de material mantélico

entre as linhagens 3 (granitos crustais profundos), 4a (granitos cálcio-alcálicos de baixa temperatura) e 4b (granitos cálcio-alcálicos de média temperatura) da classificação de Pupin (1980). Conseqüentemente, esse formato do padrão de ETR, configura apenas um padrão "titanita granitos", sem implicações genéticas.

2- Nos granitos rapakivi, o padrão de ETR da rocha total espelha o padrão do mineral acessório zircão, o qual apresenta a mesma acentuada anomalia negativa de Eu característica de rochas que evoluíram por fracionamento de feldspatos.

3- Apesar da semelhança do formato do padrão de ETR de zircões de granitos rapakivi (granito Itu) e de granitos cálcio-alcálicos (granito São Roque), estes são caracterizados por menores teores em ETR leves e Eu do que aqueles.

4- Os aplitos e pegmatites dos granitos crustais e cálcio-alcálicos portadores ou não de turmalina e o granito turmalínífero Perus mostram padrões de ETR com mesmo formato e que refletem tanto o padrão da turmalina quanto a convergência dos produtos finais da evolução de magmas granitoides, independente de suas diferenças genéticas.

5- A influenciados minerais acessórios fica evidenciada de quatro maneiras: (a) no turmalina granito Perus, pela comparação dos ETR dos leitos leuco-, meso- e melanocráticos da estrutura bandada, (b) nos granitos porfíricos/porfíricas, pela comparação dos padrões de rochas totais e suas matrizes que se mostram enriquecidas em ETR, (c) pelo deslocamento paralelo dos padrões de ETR em rochas sucessivamente mais diferenciadas pelo fracionamento de minerais essenciais em proporções distintas, e (d) pela comparação de aplitos/pegma-

Tabela I- Dados de ETR de rochas e minerais. Granitos: A-São Roque, B- Itaquí, C- Mairiporã, D- Cantareira, E-Taipas, F- Morro do Perus, G- Itu, H-Perus. Análises de Rochas: I- Granitóides porfiróides/porfíricos, II-Granitóides equigranulares, III- aplitos, IV- pegmatitos, V- enclave de autólito, VI- granito bandado, VII- granito bandado - leito melanocrático, VIII- granito bandado - leito mesocrático, IX- granito bandado - leito leucocrático, X-pseudopegmatitos de megacrístais de microclínio coalescentes em rochas porfiróides, M- matriz de rochas porfiróides/porfíricas. Análise de Minerais: Ti -Titanita, Tu - Turmalina, Zi - Zircão. Fontes: 1 - Inéditas, 2- Dantas (1990), 3- Wernick et al (1993b), 4- Zielenski (1993), 5- Teuppenhayn (1994). n.d.: não determinado.

Table I- Rare earth elements data of rocks and minerals. Granites: A- São Roque, B- Itaquí, C- Mairiporã, D-Cantareira, E- Taipas, F- Morro do Perus, G- Itu, H-Perus. Rock analyses: I- Porphyritic granitoid, II- Even-grained granitoid, III- Aplites, IV- Pegmatites, V- Autholitic enclave , VI- Layered granite, VII- Layered granite -melanocratic layer, VIII- Layered granite - mesocratic layer, IX- Layered granite - leucocratic layer, X-K-Feldspar megacrystals aggregates, M- matrixes of porphyritic rocks. Mineral analyses: Ti - Titanite, Tu -Tourmaline, Zi - Zircon. References: 1- This paper, 2-Dantas (1990), 3- Wernick et al. (1993b), 4-

	Amostra	Granito	Análise	Fonte	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Soma
1	8	A	I	1	61,20	136,58	14,58	47,85	9,01	1,65	5,99	n.d.	4,08	0,68	1,89	n.d.	1,28	0,17	284,97
2	125C	A	I	1	56,37	135,09	n.d.	42,86	6,87	1,79	5,16	n.d.	3,39	0,57	1,37	n.d.	1,21	0,15	254,76
3	7	A	I	1	49,75	115,37	13,39	44,81	7,88	1,61	5,16	n.d.	3,52	0,57	1,31	n.d.	1,24	0,19	244,79
4	143C	A	I	1	56,34	131,49	n.d.	40,46	6,98	1,71	4,76	n.d.	3,16	0,53	1,23	n.d.	1,01	0,14	247,80
5	126C	A	I	1	54,00	128,13	n.d.	40,47	6,73	1,71	4,94	n.d.	3,33	0,52	1,21	n.d.	1,08	0,15	242,26
6	144C	A	I	1	58,93	129,38	n.d.	43,97	7,26	1,84	5,27	n.d.	3,70	0,63	1,43	n.d.	1,07	0,13	253,60
7	128C	A	I	1	52,89	131,20	n.d.	43,02	6,73	1,77	5,24	n.d.	3,44	0,62	1,46	n.d.	1,12	0,15	247,65
8	142M	A	I	1	53,91	138,32	n.d.	47,09	7,49	1,78	5,23	n.d.	3,58	0,56	1,36	n.d.	1,25	0,15	260,72
9	127C	A	I	1	50,47	118,82	n.d.	35,54	6,07	1,52	4,17	n.d.	3,05	0,53	1,24	n.d.	0,96	0,13	222,51
10	3	A	I	1	52,75	121,65	13,49	44,16	6,86	1,61	5,04	n.d.	3,29	0,55	1,24	n.d.	0,96	0,12	251,73
11	2	A	I	1	53,39	110,25	12,66	46,04	8,13	2,04	6,69	n.d.	5,14	0,89	2,35	n.d.	2,22	0,33	250,11
	Média	A	I		54,55	126,94	n.d.	43,30	7,27	1,73	5,24	n.d.	3,61	0,60	1,46	n.d.	1,21	0,17	250,99
12	113B	A	II	1	31,50	64,50	7,35	25,80	4,26	1,18	3,51	n.d.	2,54	0,45	1,14	n.d.	1,03	0,18	143,44
13	107B	A	II	1	27,20	61,40	7,28	25,30	3,69	0,90	2,40	n.d.	1,79	0,32	0,84	n.d.	0,78	0,13	132,03
14	110B	A	II	1	24,00	51,90	6,05	21,40	3,31	0,90	2,24	n.d.	1,63	0,27	0,61	n.d.	0,72	0,11	113,14
15	109B	A	II	1	18,10	42,20	4,86	17,30	2,94	0,84	2,13	n.d.	1,41	0,23	0,52	n.d.	0,48	0,09	91,10
16	111B	A	II	1	21,00	47,70	5,46	19,80	3,31	0,87	2,54	n.d.	1,67	0,29	0,61	n.d.	0,46	0,08	103,79
17	108B	A	II	1	26,70	62,30	7,15	25,80	3,76	1,04	2,26	n.d.	1,52	0,26	0,61	n.d.	0,59	0,11	132,10
18	112B	A	II	1	19,90	45,50	5,27	18,80	3,15	0,84	2,68	n.d.	1,84	0,31	0,66	n.d.	0,46	0,07	99,48
19	117B	A	II	1	25,20	66,70	6,76	24,60	4,06	0,99	2,55	n.d.	1,51	0,27	0,65	n.d.	0,55	0,09	133,93
20	118B	A	II	1	19,60	47,00	5,46	18,30	2,86	0,89	2,15	n.d.	1,09	0,21	0,54	n.d.	0,44	0,07	98,61
	Média	A	II		23,69	54,36	6,18	21,90	3,48	0,94	2,50	n.d.	1,67	0,29	0,69	n.d.	0,61	0,10	116,40
21	81M	B	V	3	397,00	855	73,10	199,00	28,90	6,59	19,30	n.d.	13,50	2,22	6,34	n.d.	5,09	0,72	1606,76
22	127B	B	I	3	54,17	126,57	13,16	41,92	6,97	1,84	5,21	n.d.	3,52	0,63	1,53	n.d.	1,29	0,18	257,00
23	81D	B	I	3	44,85	95,08	n.d.	40,13	6,86	1,66	4,49	n.d.	2,96	0,61	1,42	n.d.	1,18	0,18	199,42
24	81F	B	I	3	71,53	137,36	13,84	42,94	6,76	1,71	4,98	n.d.	3,22	0,52	1,53	n.d.	1,21	0,14	285,72

Tabela 1 - Continuação
Table 1-

	Amostra	Granito	Análise	Fonte	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Soma
25	81B	B	I	3	55,75	119,40	12,04	41,59	6,72	1,74	4,94	n.d.	3,27	0,57	1,61	n.d.	1,23	0,18	249,03
26	144A	B	I	3	53,69	126,39	13,45	40,95	6,41	1,48	4,06	n.d.	2,37	0,36	0,96	n.d.	0,65	0,09	250,86
27	144T	B	I	3	4,68	98,01	n.d.	40,44	6,51	1,49	3,78	n.d.	2,44	0,42	0,94	n.d.	0,64	0,10	201,44
28	388	B	I	3	3,52	76,78	n.d.	30,99	5,25	1,20	3,15	n.d.	1,99	0,36	0,83	n.d.	0,58	0,11	157,77
	Média	B	I		51,88	111,37	13,12	39,85	6,50	1,59	4,37	n.d.	2,82	0,50	1,26	n.d.	0,97	0,14	228,75
29	81A	B	II	3	37,77	91,89	9,73	29,69	4,75	1,08	3,32	n.d.	1,70	0,26	0,66	n.d.	0,44	0,06	181,35
30	93	B	II	3	87,00	206,00	22,60	72,70	11,80	2,66	7,78	n.d.	4,41	0,62	1,64	n.d.	0,99	0,12	418,32
31	130C	B	II	3	9,60	170,00	18,8	58,20	9,69	2,26	6,37	n.d.	3,85	0,58	1,46	n.d.	0,96	0,13	341,90
32	102	B	II	3	2,97	134,69	n.d.	58,64	10,08	2,22	6,12	n.d.	3,49	0,72	1,58	n.d.	1,23	0,18	281,92
33	484	B	II	3	67,02	161,21	17,34	54,75	8,81	2,04	6,07	n.d.	3,18	0,52	1,21	n.d.	0,76	0,11	323,02
34	106	B	II	3	55,81	131,91	15,12	44,34	7,13	1,68	4,67	n.d.	2,68	0,43	1,05	n.d.	0,66	0,10	265,58
35	399A	B	II	3	47,08	110,36	11,74	37,06	5,87	1,42	4,26	n.d.	2,47	0,41	0,87	n.d.	0,67	0,10	222,30
36	250	B	II	3	44,22	91,35	n.d.	38,80	6,62	1,47	4,01	n.d.	2,28	0,46	0,91	n.d.	0,59	0,09	190,80
37	42	B	II	3	50,99	101,55	n.d.	39,54	3,35	1,48	3,67	n.d.	2,33	0,46	1,10	n.d.	0,89	0,14	208,49
38	562	B	II	3	46,73	107,21	11,73	33,88	5,37	1,29	3,68	n.d.	2,40	0,44	1,15	n.d.	0,97	0,13	215,00
39	557	B	II	3	53,34	115,60	12,57	36,40	5,54	1,35	4,09	n.d.	2,49	0,44	1,23	n.d.	0,90	0,13	234,07
40	11	B	II	3	3,31	84,58	8,71	26,77	4,02	1,08	2,74	n.d.	1,60	0,27	0,69	n.d.	0,58	0,09	167,44
	Média	B	II		54,90	125,53	14,26	44,23	7,17	1,67	4,73	n.d.	2,74	0,47	1,13	n.d.	0,80	0,12	254,18
41	GN434B	C	I	2	51,92	107,14	n.d.	43,60	6,62	1,54	3,80	n.d.	2,05	0,39	0,99	n.d.	0,67	0,13	218,85
42	M1GX	C	I	5	22,68	40,67	5,67	16,42	4,02	0,88	2,23	n.d.	1,16	n.d.	0,47	n.d.	0,52	0,06	94,79
43	M6GX	C	I	5	43,40	70,15	10,03	30,97	6,54	1,59	5,28	n.d.	2,39	n.d.	1,36	n.d.	1,06	0,12	172,89
44	M10GX	C	I	5	53,90	102,92	14,33	45,33	9,02	2,00	6,53	n.d.	3,17	0,52	1,56	n.d.	1,10	0,14	240,52
	Média	C	I		42,98	80,22	10,01	34,08	6,55	1,50	4,46	n.d.	2,19	0,23	1,10	n.d.	0,84	0,11	181,76
45	GS316C	D	I	2	36,38	77,25	n.d.	33,51	5,76	1,34	3,30	n.d.	1,87	0,32	0,79	n.d.	0,57	0,10	161,17
46	J1GSA	D	I	5	30,37	60,24	6,49	25,55	5,05	1,30	3,59	n.d.	1,61	n.d.	0,69	n.d.	0,54	0,11	135,53
47	P1GSA	D	I	5	27,08	51,55	6,69	20,73	4,47	1,01	3,33	n.d.	1,41	n.d.	0,47	n.d.	0,55	0,10	117,40
48	R1GSA	E	I	5	23,18	45,57	5,68	17,08	3,45	0,93	2,73	n.d.	1,47	n.d.	0,59	n.d.	0,63	0,09	101,39
49	C1GSA	E	I	5	26,61	52,09	6,39	20,64	4,56	1,07	3,27	n.d.	1,51	n.d.	0,66	n.d.	0,63	0,10	117,53
	Média	D/E	I		28,72	57,34	6,31	23,50	4,66	1,13	3,25	n.d.	1,57	0,06	0,64	n.d.	0,58	0,10	126,60
50	I101GX	F	I	5	28,65	4,67	5,88	18,59	3,46	0,72	2,03	n.d.	0,75	n.d.	0,55	n.d.	0,25	0,05	107,62
51	JC1092C	F	I	2	47,79	96,25	n.d.	39,25	5,87	1,32	2,92	n.d.	1,30	0,17	0,48	n.d.	0,34	0,06	195,75

Tabela 1- Continuação
Table 1-

	Amostra	Granito	Análise	Fonte	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Soma
	Média	F	I		38,22	71,46	5,88	28,92	4,67	1,02	2,47	n.d.	1,03	0,09	0,52	n.d.	0,30	0,06	151,69
52	143	G	I	4	94,90	229,00	15,20	59,60	8,61	1,28	6,70	n.d.	6,04	1,12	3,16	n.d.	3,30	0,45	429,36
53	147	G	I	4	53,50	133,00	10,50	34,00	4,38	0,85	4,15	n.d.	4,22	0,79	2,17	n.d.	2,45	0,33	250,34
54	154	G	I	4	69,60	174,00	14,30	48,00	6,30	1,20	5,40	n.d.	5,31	1,04	2,78	n.d.	2,81	0,38	331,12
55	164	G	I	4	64,70	162,00	12,40	41,80	5,26	1,00	4,99	n.d.	5,24	0,96	2,58	n.d.	2,58	0,35	303,86
56	68	G	I	1	86,66	14,40	n.d.	63,15	10,90	1,92	7,84	n.d.	6,21	1,24	3,68	n.d.	3,50	0,53	350,03
57	70	G	I	1	81,48	143,70	n.d.	50,14	8,32	1,38	6,17	n.d.	5,15	0,98	3,04	n.d.	3,13	0,44	303,93
58	40	G	I	1	71,96	138,40	n.d.	51,55	8,70	1,30	6,29	n.d.	5,16	0,99	3,05	n.d.	3,15	0,42	290,97
59	38	G	I	1	69,56	127,80	n.d.	47,03	7,99	1,22	6,20	n.d.	5,29	1,08	3,35	n.d.	3,43	0,50	273,45
60	GI74	G	I	1	71,08	132,70	n.d.	49,64	8,14	0,34	5,32	n.d.	3,69	0,66	2,01	n.d.	2,03	0,30	275,91
61	GI72	G	I	1	68,55	138,80	n.d.	57,35	10,60	0,77	7,71	n.d.	6,13	1,09	3,30	n.d.	2,93	0,40	297,63
	Média	G	I		73,20	154,38	13,10	50,23	7,92	1,13	6,08	n.d.	5,24	1,00	2,91	n.d.	2,93	0,41	318,52
62	U101	H	VI	5	1,78	4,68	0,34	2,24	0,77	0,05	0,79	n.d.	0,72	n.d.	0,34	n.d.	n.d.	0,06	11,78
63	U102	H	VI	5	3,01	6,41	n.d.	2,25	n.d.	n.d.	1,38	n.d.	1,01	n.d.	0,47	n.d.	0,70	0,12	15,34
64	U401	H	VI	5	1,23	3,68	n.d.	1,36	n.d.	n.d.	0,63	n.d.	0,44	n.d.	0,29	n.d.	0,26	0,03	7,92
65	U402	H	VI	5	0,50	2,48	n.d.	1,13	n.d.	n.d.	0,78	n.d.	0,51	n.d.	0,81	n.d.	0,61	0,08	6,90
66	U403	H	VI	5	1,68	3,66	n.d.	1,94	n.d.	n.d.	0,81	n.d.	0,72	n.d.	0,44	n.d.	0,50	0,07	9,80
67	JC77A2	H	VI	2	6,85	11,54	n.d.	4,80	1,76	0,13	2,28	n.d.	3,53	0,58	1,40	n.d.	1,31	0,15	34,32
	Média	H	VI		2,51	5,41	0,34	2,29	1,26	0,09	1,11	n.d.	1,15	0,58	0,62	n.d.	0,56	0,08	14,18
68	U313GNX	H	VII	5	4,32	10,60	n.d.	3,94	2,30	0,05	1,78	n.d.	1,96	n.d.	1,27	0,31	1,15	0,16	27,84
69	U106GNX	H	VII	5	18,37	38,62	5,36	15,72	4,67	0,07	4,73	0,79	3,64	0,37	2,11	0,47	1,97	0,23	97,12
70	U110GNX	H	VII	5	14,29	21,84	3,33	6,44	n.d.	0,04	1,48	n.d.	1,34	n.d.	0,79	0,31	0,94	0,12	50,92
	Média	H	VII		12,33	23,69	4,35	8,70	3,49	0,05	2,66	0,79	2,31	0,37	1,39	0,36	1,35	0,17	60,85
71	U312GMX	H	VIII	5	1,74	9,93	n.d.	1,07	n.d.	n.d.	0,70	n.d.	0,83	n.d.	0,42	n.d.	0,55	0,08	15,32
72	U108GMX	H	VIII	5	2,19	4,80	n.d.	1,74	n.d.	n.d.	0,73	n.d.	0,83	n.d.	0,39	0,30	0,52	0,05	11,55
	Média	H	VIII		1,97	7,37	n.d.	1,41	n.d.	n.d.	0,72	n.d.	0,83	n.d.	0,41	0,30	0,54	0,07	13,29
73	U107GLX	H	IX	5	0,96	1,52	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,78	n.d.	0,39	n.d.	0,28	0,21	0,22	0,03	4,39
74	U314GLX	H	IX	5	3,45	6,35	n.d.	2,49	n.d.	0,16	1,20	0,56	1,53	n.d.	1,01	0,32	0,92	0,13	19,12
	Média	H	IX		2,21	3,94	n.d.	2,49	n.d.	0,16	0,99	0,56	0,96	n.d.	0,65	0,27	0,57	0,08	9,65

Tabela 1 - Continuação
Table 1-

	Amostra	Granito	Análise	Fonte	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Soma
75	10		III	1	21,73	49,95	5,41	18,48	4,05	0,49	2,96	n.d.	2,03	0,25	0,58	n.d.	0,56	0,11	106,61
76	101A	A	III	1	15,80	36,10	4,35	16,40	3,33	0,56	2,78	n.d.	2,53	0,43	1,12	n.d.	0,83	0,15	84,38
77	104A	A	III	1	17,70	39,10	4,62	16,60	3,65	0,60	3,11	n.d.	2,22	0,40	0,96	n.d.	0,69	0,10	89,75
78	103A	A	III	1	20,90	46,80	5,43	20,80	4,00	0,66	3,67	n.d.	2,54	0,42	1,01	n.d.	0,81	0,14	107,18
79	114B	A	III	1	15,40	35,20	3,90	14,50	2,86	0,48	2,88	n.d.	2,42	0,41	1,04	n.d.	0,76	0,12	79,97
80	106A	A	III	1	13,60	32,20	3,74	14,50	2,79	0,48	3,37	n.d.	2,27	0,39	0,95	n.d.	0,75	0,13	75,17
81	102A	A	III	1	11,70	26,00	3,19	11,40	2,29	0,45	2,55	n.d.	2,20	0,38	0,93	n.d.	0,81	0,15	62,05
82	105A	A	III	1	12,60	28,30	3,39	13,20	2,90	0,48	3,00	n.d.	2,39	0,40	0,96	n.d.	0,79	0,10	68,51
	Média	A	III		16,18	36,71	4,25	15,73	3,23	0,52	3,04	n.d.	2,33	0,39	0,94	n.d.	0,75	0,13	84,20
83	81E	B	III	3	6,80	15,89	1,73	5,60	1,54	0,27	1,85	n.d.	2,15	0,37	0,99	n.d.	0,92	0,14	38,26
84	144E	B	III	3	2,54	6,91	n.d.	3,58	1,12	0,12	1,12	n.d.	1,29	0,24	0,69	n.d.	0,70	0,11	18,42
	Média	B	III		4,67	11,40	1,73	4,59	1,33	0,20	1,48	n.d.	1,72	0,31	0,84	n.d.	0,81	0,13	27,47
85	P5ASA	D	III	5	5,00	10,39	n.d.	4,30	1,64	0,25	1,36	n.d.	1,27	n.d.	0,72	n.d.	0,84	0,12	25,89
86	P6PSA	D	IV	5	5,13	11,46	n.d.	4,24	1,16	0,30	1,27	n.d.	0,75	n.d.	0,45	n.d.	0,42	0,06	25,24
87	P10AXS	D	III	5	4,55	9,72	n.d.	4,16	1,11	0,19	2,09	n.d.	2,52	n.d.	1,83	n.d.	1,61	0,21	27,99
88	R4PSA	E	IV	5	5,55	10,38	n.d.	4,19	n.d.	0,15	1,52	n.d.	0,70	n.d.	0,35	n.d.	0,26	0,03	23,13
89	C5PSA	E	IV	5	2,06	5,42	n.d.	1,93	n.d.	0,10	0,97	n.d.	0,71	n.d.	0,33	n.d.	0,18	n.d.	11,70
	Média	D/E	III/IV		4,46	9,47	n.d.	3,76	1,30	0,20	1,44	n.d.	1,19	n.d.	0,74	n.d.	0,66	0,08	22,79
90	U126PSA	H	IV	5	1,95	4,15	n.d.	2,57	n.d.	n.d.	1,06	n.d.	0,90	n.d.	0,47	n.d.	0,37	0,04	11,51
91	U418PSA	H	IV	5	4,66	7,49	n.d.	3,61	n.d.	0,21	0,90	n.d.	0,88	n.d.	0,45	n.d.	0,32	0,04	18,75
92	U301PFSA	H	IV	5	1,15	1,82	n.d.	1,69	n.d.	n.d.	0,75	n.d.	0,70	n.d.	0,36	n.d.	0,26	n.d.	6,73
	Média	H	IV		2,59	4,49	n.d.	2,62	n.d.	0,21	0,90	n.d.	0,83	n.d.	0,43	n.d.	0,32	0,04	12,20
93	135M	A	M	1	87,71	215,95	n.d.	69,88	11,61	2,86	8,02	n.d.	5,77	0,94	2,22	n.d.	1,87	0,22	407,05
94	129M	A	M	1	115,87	306,94	n.d.	100,52	16,57	3,97	12,09	n.d.	8,21	1,44	3,41	n.d.	2,66	0,30	572,00
95	133M	A	M	1	86,93	218,62	n.d.	68,27	11,14	2,71	8,00	n.d.	5,53	0,93	2,13	n.d.	1,87	0,23	406,36
96	136M	A	M	1	93,23	218,52	n.d.	65,15	10,04	2,37	6,669	n.d.	4,72	0,82	1,83	n.d.	1,59	0,19	405,15
97	130M	A	M	1	129,53	341,66	n.d.	107,09	18,26	4,15	12,44	n.d.	8,51	1,35	3,25	n.d.	2,78	0,30	629,30
98	134M	A	M	1	85,71	202,02	n.d.	63,05	10,51	2,47	7,36	n.d.	4,96	0,79	1,90	n.d.	1,61	0,21	380,58
99	137M	A	M	1	83,81	206,46	n.d.	64,70	11,55	2,67	7,77	n.d.	5,35	0,81	1,86	n.d.	1,61	0,19	386,77
100	138M	A	M	1	49,16	114,24	n.d.	34,48	5,94	1,44	4,19	n.d.	2,79	0,46	1,15	n.d.	0,94	0,13	214,92
101	140M	A	M	1	53,73	132,29	n.d.	42,64	6,83	1,72	5,02	n.d.	3,31	0,48	1,09	n.d.	1,09	0,14	248,33
102	141M	A	M	1	50,44	112,87	n.d.	36,20	5,64	1,47	4,29	n.d.	2,88	0,45	1,06	n.d.	0,92	0,12	216,34

Tabela 1- Continuação
Table 1-

	Amostra	Granito	Análise	Fonte	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Soma
103	139M	A	M	1	60,06	152,18	n.d.	49,20	8,36	1,93	5,82	n.d.	3,92	0,66	1,59	n.d.	1,31	0,17	285,20
	Média	A	M		81,47	201,98	n.d.	63,74	10,59	2,52	7,43	n.d.	5,08	0,83	1,95	n.d.	1,66	0,20	377,46
104	159	G	M	1	164,00	405,00	n.d.	126,00	11,00	1,40	12,90	n.d.	12,30	2,41	7,14	n.d.	6,83	0,70	782,18
105	162	G	M	1	38n.d.	946,00	n.d.	247,00	26,90	2,70	26,50	n.d.	26,70	5,39	15,30	n.d.	14,80	1,60	1767,79
	Média	G	M		272	675,50	n.d.	186,50	18,95	2,05	19,50	n.d.	19,50	3,90	11,22	n.d.	10,82	1,15	1274,99
106	150D	A	X	1	49,72	125,59	n.d.	40,74	6,97	1,59	4,96	n.d.	3,22	0,51	1,22	n.d.	1,09	0,14	235,76
107	149D	A	X	1	55,21	137,26	n.d.	44,03	7,35	1,73	4,87	n.d.	3,48	0,58	1,30	n.d.	1,13	0,15	257,09
108	11	A	X	1	23,32	53,35	6,09	21,79	3,98	0,78	2,93	n.d.	2,00	0,32	0,87	n.d.	0,69	0,11	116,22
109	148D	A	X	1	43,01	110,84	n.d.	36,30	6,34	1,39	4,36	n.d.	3,28	0,49	1,16	n.d.	1,00	0,12	208,30
110	147D	A	X	1	31,64	80,28	n.d.	27,78	4,97	1,15	3,53	n.d.	2,16	0,35	0,77	n.d.	0,65	0,10	153,38
	Média	A	X		40,58	101,46	6,09	34,13	5,92	1,33	4,13	n.d.	2,83	0,45	1,06	n.d.	0,91	0,13	194,15
111	a7	G	Zi	4	n.d.	320n.d.	526,00	1937,00	854,00	12,00	449,00	53,00	227,00	45,00	159,00	27,00	226,00	41,00	7756,00
112	c2	G	Zi	4	n.d.	2952,00	493,00	1819,00	801,00	11,00	419,00	n.d.	186,00	35,00	122,00	2n.d.	154,00	27,00	7039,00
113	c2m1	G	Zi	4	n.d.	6685,00	1068,00	4037,00	1778,00	9,00	871,00	91,00	29n.d.	53,00	166,00	29,00	245,00	45,00	15367,00
114	c2m2	G	Zi	4	n.d.	2149,00	346,00	1332,00	583,00	8,00	30n.d.	34,00	154,00	n.d.	115,00	2n.d.	16n.d.	28,00	5229,00
115	c3	G	Zi	4	n.d.	1895,00	313,00	1164,00	518,00	32,00	342,00	43,00	174,00	33,00	117,00	25,00	208,00	37,00	4901,00
	Média	G	Zi		n.d.	3376,00	549,20	2057,80	906,80	14,40	476,20	55,25	206,20	41,50	135,80	24,20	198,00	35,60	8058,40
116	cb46	A	Zi	4	n.d.	1016,00	149,00	548,00	215,00	4,00	127,00	18,00	103,00	26,00	109,00	21,00	164,00	28,00	2528,00
117	cb66	A	Zi	4	n.d.	1102,00	169,00	637,00	263,00	2,00	135,00	16,00	69,00	13,00	5n.d.	1n.d.	66,00	12,00	2544,00
118	sr177a	A	Zi	4	n.d.	835,00	126,00	439,00	164,00	3,00	103,00	16,00	109,00	3n.d.	132,00	26,00	208,00	36,00	2227,00
119	sr177b	A	Zi	4	n.d.	714,00	98,00	285,00	11n.d.	3,00	85,00	14,00	109,00	36,00	169,00	35,00	295,00	51,00	2004,00
	Média	A	Zi		n.d.	916,75	135,00	477,25	188,00	3,00	112,50	16,00	97,50	26,25	115,00	23,00	183,25	31,75	2325,75
120	TITANI	E	Ti	5	773,20	2833,00	408,80	1649,00	375,30	97,98	306,60	39,64	183,60	31,96	67,42	n.d.	61,75	8,24	6836,49
121	TURM1	H	Tu	5	4,05	11,18	n.d.	4,62	2,14	0,11	4,07	1,06	6,37	1,05	3,62	0,52	3,87	0,53	43,19
122	TURM2	H	Tu	5	15,72	36,32	5,40	14,86	5,11	0,17	5,94	0,96	5,50	0,82	2,46	0,29	2,63	0,36	96,54
123	TURM3	H	Tu	5	6,59	17,64	3,09	7,86	3,17	0,10	4,68	0,72	5,75	0,79	2,84	0,40	3,09	0,45	57,17
	Média	H	Tu		8,79	21,71	4,24	9,11	3,47	0,13	4,90	0,91	5,87	0,89	2,97	0,40	3,20	0,45	65,63

titos desprovidos de titanita com as rochas porfiróides, inequigranulares e equigranulares hospedeiras portadoras deste mineral acessório.

6- O deslocamento dos padrões de ETR em rochas progressivamente diferenciadas para teores sucessivamente menores indica que, apesar da elevada viscosidade dos magmas granitóides e das pequenas expressão volumétrica e dimensões dos minerais acessórios, os mesmos participam do processo de cristalização fracionada. Este fato é confirmado, por exemplo, pela ocorrência de autólitos enriquecidos em minerais acessórios no granito Itaquí (Ferreira 1991).

7- Os padrões do mineral acessório zircão nas diferentes linhagens de granitóides mantêm o seu formato básico, mas os conteúdos em ETR variam, refletindo os maiores ou menores conteúdos de ETR nas rochas hospedeiras.

8- A comparação entre os valores médios-de ETR dos granitos crustais, cálcio-alcálicos e rapakivi mostra um incremento sucessivo segundo a sequência das linhagens 3,4a, 4b e 5.

9- Os aspectos acima expostos enfatizam que a compreensão petrológica dos padrões de ETR de rochas granitóides exige não só dados referentes às rochas, mas também dos principais minerais acessórios concentradores de ETR, bem como da sua participação modal nas rochas. Na ausência destes dados e considerando-se os escassos dados de ETR em minerais acessórios das diferentes linhagens de rochas granitóides existentes na literatura especializada, a interpretação de padrões de ETR de suítes diferenciadas de rochas granitóides deve ser feita em estrita correlação com índices de evolução magmática e com diagramas de variação dos elementos químicos que entram na composição dos minerais acessórios.

Agradecimentos E. Wernick agradece ao CNPq (processo 500.459/90-8 SU) e juntamente com C.J. Ferreira, à FAPESP (processo 94/1259-5) pelo suporte dado à realização do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. R. D. 1993. *Complexo granitóide São Roque, SP: petrografia, litoquímica e tipologia de zircão*. Dissertação de Mestrado, IGCE, UNESP, Rio Claro, 156 pp.
- ARTUR, A.C.; WERNICK, E.; ANDRADE, F.R.D. 1992. Turmalina granitos dos Grupos São Roque e Açungui, Estado de São Paulo. In: CONOR. BRAS. GEOL., 37, São Paulo, 1992. *Bol. Resumos Expandidos...* SBG, São Paulo, 1992. v. 1, p. 354-355.
- BUDZINSKI, H. & TISCHENDORF, G. 1989. Distribution of REE among minerals in the Hercynian post kinematic granites of Westerssgebirge-Vogtland, GDR. *Z. geol. Wiss.*, 17(11): 1019-1031.
- CARNEIRO, C.D.R. 1983. *Análise estrutural do Grupo São Roque na faixa entre o Pico do Jaraguá e a Serra dos Cristais, SP*. Tese de Doutorado. Inst. Geociências, USP, 155 pp, São Paulo, SP.
- CORREIA, P. B. 1994. *Paleomagnetismo e anisotropia de susceptibilidade magnética do Complexo Intrusivo Itaquí, Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado, IAG-USP, 115 pp, São Paulo, SP.
- CORDANI, U.G.; GOMES, C.de B.; GIRARDI, V.A.V. 1963. Rochas calciossilicatadas da região de Perus-SP. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, Rio de Janeiro, 35:361-372.
- COUTINHO, J.M.V. 1953. Petrologia da região de São Roque, São Paulo. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr.*, USP, São Paulo, (159): 1-80.
- COUTINHO, J.M.V. 1972. Petrologia do Pré-Cambriano de São Paulo e arredores. *Bol. IG.*, São Paulo, 3: 5-100.
- DANTAS, A.S.L. 1990. *Geologia da Faixa São Roque e intrusivas associadas entre São Paulo e Mairiporã, Norte de São Paulo, SP*. Dissertação de Mestrado. Inst. Geociências, USP, São Paulo, 199+21 pp.
- ELLERT, R. 1964. *Geologia da região de Mairiporã, SP*. Tese de Livre-Docência. Fac. Fil. Ciênc. Letr., USP, São Paulo, 76 pp.
- FERREIRA, C.J. 1991. *Geologia, petrografia e tipologia de zircão da Suíte Intrusiva Itaquí, Barueri (SP)*. Dissertação de Mestrado, IGCE, UNESP, Rio Claro, 253 pp.
- FERREIRA, C.J. & WERNICK, E. 1989. Granito Itaquí (SP): caracterização das fácies e relações temporais. In: SIMP. GEOL. SUDESTE, 1, Rio de Janeiro, 1989. *Atas...*Rio de Janeiro, SBG. p. 171-172.
- FERREIRA, C.J. & WERNICK, E. 1991. Petrografia da Suíte Intrusiva Itaquí (SP). In: SIMP. GEOL. SUDESTE, 2, São Paulo, 1991. *Atas...*SZ Paulo, SBG. p. 121-130.
- FERREIRA, C.J. & WERNICK, E. 1995. Gradientes da deformação magmática do granito poli-intrusivo Itaquí (SP) com base na razão axial de enclaves. In: SIMP. NAC. ESTUDOS TEC., 5, Gramado, 1995. *Bol. de Resumos Expandidos...*, SBG, Porto Alegre, p. 189-190.
- FERREIRA, C.J.; WERNICK, E.; HÖRMANN, P.K. 1992. Evolução magmática e tipologia de zircão no Complexo Granitóide Itaquí, SP. 330-331. In: CONGR. BRAS. GEOL., 37, São Paulo, 1992. *Bol. de Resumos Expandidos...* São Paulo, SBG. v.1, p. 330-331.
- GALEMBECK, T.M.B. 1991. *Aspectos geológicos, petrográficos e geoquímicos da intrusão Cabreúva, complexo granitóide Itu (SP)*. Dissertação de Mestrado, IGCE, UNESP, Rio Claro, 195 pp.
- GALEMBECK, T.M.B.; WERNICK, E.; ARTUR, A.C. 1991. Estruturação faciológica e petrográfica da intrusão Cabreúva, complexo rapakivi Itu, SP. In: SIMP. GEOL. SUDESTE., 2, São Paulo, 1991. *Atas...*São Paulo, SBG. p. 113-120.
- GROMET, L.P. & SILVER, L.T. 1983. Rare earth element distribution among minerals in a granodiorite and their petrogenetic implications. *Geoch. Cosmoch. Acta*, 47: 925-939.
- HASUI, Y. 1963. Sobre os granitos turmalíferos de Perus, São Paulo (SP). *Bol. Soc. Bras. Geol.*, 12: 37-108.
- HASUI, Y.; PENAL VA, F.; HENNIES, W.T. 1969. Geologia do Grupo São Roque. In: CONGR. BRAS. GEOL., 23, Salvador, 1969, *Anais...* SBG, Salvador, p. 101-134.
- KÖHLER, U.C. 1990. *Der Itu-Batholith (Nordteil): ein Rapakivi Granit, Bundestaat São Paulo, Brasilien. Geologische Kartierung, Petrographie, Geochemie. Versuch einer Interpretation*. MS-thesis, Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie, Ludwig Maximilian Universität, München, Germany, 81 pp.
- LIPIN, B.R. & McKAY, G.A. (editores). 1989. *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements*. Reviews in Mineralogy, Vol. 21. Mineralogical Society of America, Washington, D.C., 348 pp.
- MORAES REGO, L.F. de & SOUZA SANTOS, T.D. de 1938. Contribuição para o estudo dos granitos da Serra da Cantareira. São Paulo, IPT, Bol. 18, 169pp.
- PASCHOLATI, E.M.; VLACH, S.R.F.; AMARAL, G. 1987. Contribuição ao conhecimento da Suíte Intrusiva Itu, São Paulo. In: SIMP. REG. GEOL., 6, Rio Claro, 1987. *Atas...*SZ Paulo, SBG. p.47-62.
- PRESSINOTI, P. C.; 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. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, 13 (2): 17-29.
- PUPIN, J.P. 1980. Zircon and granite petrology. *Contr. Min. Petrol.*, 73: 207-220.
- RUF, M. 1990. *Der Itu-Komplex, ein Teil des Magmatismus im südlichen Ribeira Mobile Belt, São Paulo/Brasilien. Geochemische und Petrographische Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung akzessorischer Zirkone*. MS-thesis, Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie, Ludwig Maximilian Universität, München, Germany, 93 pp.
- 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. Inst. de Geociências, USP, São Paulo, 236 pp.
- TASSINARI, C.C.G.; KAWASHITA, K.; SCHMUSS, R.V.; TAYLOR, P.N. 1988. A idade das rochas e dos eventos metamórficos da Região SE do Estado de São Paulo. In: CONGR. BRAS. GEOL., 35, Belém, PA, 1988. *Anais...*Belém, SBG. v.6, p. 2840-2853.
- TEUPPENHAYN, J.P. 1994. Der spätpräkambrische Granit-Pegmatit-Komplex bei Perus und umliegende Granitkörper im Bundestaat São Paulo/SE Brasiliens. *Münchner Geol. Hefte*, 14, 360 pp.

- TEUPPENHAYN, J.P.; WERNICK, E.; SÖLLNER, F.; WEBER-DIEFENBACH, K. 1995. Relação temporal entre o granodiorito Cantareira e o granito Perus - SP. In: SIMP. GEOL. SUDESTE, 4, Águas de São Pedro, 1995. *Bol. de Resumos....* SBG, 1995, São Paulo, p. 142.
- VLACH, S.F.R.; JANASI, V.A.; VASCONCELLOS, A.C.B.C. 1990. The Itu-belt: associated calc-alkalic and aluminous A-type Late Brasiliano granitoids in the States of São Paulo and Parana, southern Brazil. In: CONOR. BRAS. GEOL, 36, Natal, 1990. *Anais....*Natal, SBG. v.4, p. 1700-1711.
- WERNICK, E. & FERREIRA, C.J. 1990. Tipologia de zircão e razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ em séries granitóides. *Geociências* (UNESP), 9:107-126.
- WERNICK, E. & FERREIRA, C.J. 1993. Estruturas, arquitetura e evolução do complexo granitóide Itaqui, SP. *Geociências* (UNESP), 12 (1): 89-109.
- WERNICK, E.; FERREIRA, C.J.; HÖRMANN, P.K. 1993a. Evolução das unidades magmáticas do Complexo Granitóide Itaqui (Pré-Cambriano Superior), Estado de São Paulo, Brasil: aspectos geológicos, petrográficos e geoquímicos (elementos maiores). *Rev. Bras. Geociências*, 23(3):274-288.
- WERNICK, E.; ARTUR, A.C.; FERREIRA, C.J. 1995a. Evolução magmática em complexos granitóides associados a zonas de cisalhamento no Estado de São Paulo, Brasil. *Geociências* (UNESP), 14(1):199-216.
- WERNICK, E.; TEUPPENHAYN, J.P.; WEBER-DIEFENBACH, K. 1996. As relações entre os magmas "Pirituba" e "Perus", São Paulo, SE Brasil. In: SIMP. GEOL. SUDESTE, 4, Águas de São Pedro, 1995. *Atas....* SBG, 1996, São Paulo. No prelo.
- WERNICK, E.; WEBER-DIEFENBACH, K.; CORREIA, P.R.; CERQUEIRA, L.C. da 1985. Os granitos Cantareira, Mairiporã e Perus, arredores de São Paulo: dados químicos, tipologia do zircão e uma interpretação preliminar. In: SIMP. REG. GEOL., 5, São Paulo, 1985. *Atas* São Paulo, SBG-SP, 1: 3-19.
- WERNICK, E.; FERREIRA, C.J.; HÖRMANN, P.K.; DUTRA, C.V. 1993b. Elementos terras raras no Complexo Granitóide Itaqui (Estado de São Paulo): evolução e aspectos físicos de magmas granitóides. *Rev. Bras. Geociências*, v.: 23 (2): 147-157.
- WERNICK, E.; GALEMBECK, T.M.B.; HÖRMANN, P.K.; FERREIRA, C.J. 1994. Fracionamento magmático por fluxo e compressão em magmas granitóides nos complexos São Roque e Itu, SP: aspectos geoquímicos. XXXVIII Congr. Bras. Geol., *Bol. Resumos Expandidos*, Balneário de Camboriú, SC, (SBG), 143-144.
- WERNICK, E.; GALEMBECK, T.M.B.; GODOY, A.M.; HÖRMANN, P.K. 1995b. Geochemical variability of the rapakivi Itu province, State of São Paulo, Brazil. In: SYMPOSIUM ON RAPAKIVI GRANITES AND RELATED ROCKS. In (R.Dall'Agnol, M.J.B. Macambira and H.T. Costi, ed.): *Abstract Volume*, 85, Belém, PA, Brasil.
- WERNICK, E.; GALEMBECK, T.M.B.; RIGO JUNIOR, L.; WEBER-DIEFENBACH, K.; ARTUR, A.C. 1988. Séries granitóides e tipologia de zircão. In: CONGR. LATINO-AMERICANO GEOL., 7, Belém, PA. *Anais....* SBG, Belém, p. 529-543.
- WERNICK, E.; RIGO JÚNIOR, L.; GALEMBECK, T.M.B.; ARTUR, A.C.; WEBER-DIEFENBACH, K. 1990. Razão Rb : Ba : Sr e tipologia de zircão em granitóides dos Estados de São Paulo, Paraná e Minas Gerais. *Geociências* (UNESP), 9: 87-106.
- ZIELENSKI, M. 1993. *Petrologie und Zirkontypologie der Granite von Itu und São Roque, Staat São Paulo (Brasilien)*. MS-thesis, Mineralogisch-Petrographisches Institut und Museum, Christian-Albrecht Universität, Kiel, Germany, 80 pp.

Manuscrito A913

Recebido em 22 de abril de 1997

Revisão dos autores em 10 de junho de 1997

Revisão aceita em 15 de junho de 1997