

FUGACIDADES DE ESPÉCIES VOLÁTEIS E EVOLUÇÃO DE MAGMAS GRANÍTICOS: INFERÊNCIAS A PARTIR DOS EQUILÍBRIOS ENTRE FASES MINERAIS MÁFICAS PARA O MAGMATISMO MORUNGABA E OCORRÊNCIAS ASSOCIADAS DO CINTURÃO ITU, ESTADO DE SÃO PAULO

SILVIO ROBERTO FARIAS VLACH, HORSTPETER HEGBERTO GUSTAVO JOSÉ ULBRICH
DMP INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, USP, CX. POSTAL 20.899 - CEP 01498-970

INTRODUÇÃO

Os equilíbrios que se estabelecem durante a cristalização de magmas graníticos, com destaque para os que envolvem os minerais máficos (minerais AFM, opacos e acessórios), e as variações no quimismo destas fases permitem rastrear o comportamento das principais fases fluídas durante a evolução magmática, com importantes consequências petrológicas e metalogenéticas. Dados representativos para os granitóides da região de Morungaba (Leste do Estado de São Paulo) e implicações preliminares são discutidos a seguir.

FUGACIDADES DE VOLÁTEIS E EVOLUÇÃO DO MAGMATISMO MORUNGABA

O magmatismo Morungaba (Vlach, 1993), com idades entre 590 e 610 (± 10) Ma, reúne quatro associações principais, agrupadas em diversas unidades estratigráficas, quais sejam: 1) uma associação cálcio-alcálica potássica, com quartzo-monzonitos, monzo- e sienogranitos (Complexo Ouro Verde e Pluton Jaguari); 2) outra alcalina potássica, com predomínio de monzogranitos (Plutons Meridional, Oriental e Itatiba), ambas marginalmente peraluminosas e, em parte, transicionais entre si; 3) uma associação de monzogranitos francamente peraluminosos (Pluton Areia Branca e Ocorrências Meridionais) e 4) uma associação de rochas dioríticas (quartzo-(micro)-dioritos e (micro) monzodioritos potássicos, com certas afinidades lamprofíricas), em associação contrastada com as rochas graníticas.

As paragéneses minerais presentes nas rochas da associação cálcio-alcálica acentuam ambientes oxidantes, comuns às rochas graníticas potássicas. Nas facies mais máficas se observam biotita+hornblenda+titanita+magnetita $\pm$ ilmenita que, em direção aos termos mais diferenciados dão lugar a biotita+titanita+magnetita+ilmenita e, após, a biotita+ilmenita+magnetita+muscovita. As texturas indicam que a biotita ($0,55 < \text{mg} < 0,45$) inicia a sua cristalização a partir de reação peritética entre líquido magmático e hornblenda (ferroedenita/hornblenda edenítica; $0,55 < \text{mg} < 0,45$), paralelizada por uma reação peritética entre titanita, ilmenita e líquido, como resumido pelo equilíbrio hornblenda+ilmenita+líquido = biotita+titanita+magnetita+quartzo+K-feldspato+Ca-feldspato+líquido₂, indicando valores f_{O_2} compatíveis com os do tampão TMQAI (Wones, 1989).

Os dados existentes para o referido equilíbrio (Noyes et al., 1983) aliados ao quimismo das fases minerais envolvidas indicam valores $\Delta_{\text{NNO}(760)}$ próximos a 2,0 (-0,5; +1,0). O quimismo e as variações composicionais das biotitas ($0,55 < X_{\text{ilmen}} < 0,30$; $0,20 < \text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+}) < 0,30$) e das ilmenitas ($0,05 < X_{\text{hem}} < 0,15$; $0,10 < X_{\text{pyrr}} < 0,20$) indicam, adicionalmente, que a evolução destas unidades se dá segundo trajetórias de cristalização oxidantes quando comparadas com as trajetórias das reações-tampão padrões (e.g., QFM, NNO, etc.) em diagramas f_{O_2} vs T. Este aumento relativo do grau de oxidação é paralelizado e tamponado pela $f_{\text{H}_2\text{O}}$, de acordo com a reação $2 \text{anita} + \text{O}_2 = 2 \text{K-feldspato} + 2 \text{magnetita} + 2 \text{H}_2\text{O}$ (Wones & Eugster, 1965).

Determinações discretas para $f_{\text{H}_2\text{O}}$ para as variedades mais máficas desta associação resultam valores entre $10^{3,00}$ e $10^{3,05}$; nas rochas mais diferenciadas condições próximas à saturação em H_2O ($a_{\text{H}_2\text{O}} \cong 1,0$) são inferidas. As razões $f_{\text{H}_2\text{O}}/f_{\text{HF}}$, refletidas pelo quimismo das biotitas (e.g., Munoz, 1984) oscilam entre $10^{3,50}$ e $10^{4,00}$ e, nestas biotitas, as razões F/(F+Cl+OH) variam entre 0,10 e 0,25, os maiores valores ocorrendo nas facies mais máficas e mais félsicas respectivamente. As primeiras apresentam $10^{-0,30} < f_{\text{HF}} < 10^{-0,40}$.

Ambientes igualmente oxidantes ficam evidenciados também pela mineralogia e quimismo mineral das rochas dioríticas, que apresentam biotita ($0,55 < \text{mg} < 0,45$) + ferro-hornblenda ($0,70 < \text{mg} < 0,50$) + titanita + magnetita $\pm$ ilmenita. Nos granitos da associação alcalina a paragénesis biotita+magnetita+ilmenita $\pm$ titanita das rochas mais máficas é substituída por biotita+titanita+magnetita+ilmenita $\pm$ muscovita nos tipos mais diferenciados; raros microgranitos tardios apresentam granada como único máfico. As composições das biotitas ($0,55 < \text{mg} < 0,45$; $\text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+}) > 0,25$) e das ilmenitas ($0,15 < X_{\text{hem}} < 0,05$; $0,40 < X_{\text{pyrr}} < 0,10$) indicam valores para f_{O_2} e evolução da fase fluída similares aos obtidos para a associação cálcio-alcálica; as razões F/(F+Cl+OH), contudo, evidenciam magmas com a_{HF} inicial menor.

As facies monzograníticas da associação peraluminosa, com ferro-biotita ($0,18 < \text{mg} < 0,25$) $\pm$ muscovita $\pm$ granada ($\text{Alm}_{70-80}\text{Sp}_{24-16}\text{Py}_{3,5-2,5}$) $\pm$ magnetita $\pm$ ilmenita, evoluíram, por sua vez, em ambientes distintos, bem menos oxidantes. Avaliações da f_{O_2} com base no equilíbrio anita+almandina+ O_2 = muscovita + 2 magnetita + 2 quartzo (Zen, 1985), indicam valores máximos $D_{\text{NNO}(670)}$ próximos a zero. As razões F/(F+Cl+OH) das biotitas destas rochas são notadamente inferiores ($< 0,10$) e acentuam a_{HF} bem menor durante a cristalização dos respectivos magmas, cujas trajetórias evolutivas foram também oxidantes.

CONSIDERAÇÕES INTERPRETATIVAS

As condições de f_{O_2} e, em parte de $f_{\text{H}_2\text{O}}$ e f_{HF} , do magmatismo Morungaba são interpretadas como características em grande parte herdadas das áreas-fonte e dos mecanismos ligados a sua fusão parcial e, posteriormente, acentuadas

durante a evolução magmática. No caso das rochas dioríticas, os resultados são compatíveis com rochas-fonte no manto litosférico relativamente oxidadas e enriquecidas em voláteis. Já no caso das associações graníticas, os resultados mostram, por um lado, rochas-fonte e processos de fusão contrastados para os monzogranitos peraluminosos (e.g., fontes com H_2O/HF menores, menos oxidadas), quando comparadas com os ligados às rochas calcio-alcalinas e alcalinas e, por outro lado, reforçam as diferenças entre as rochas-fonte/processos de fusão que deram origem a estas duas últimas associações, justificando fontes comparativamente mais residuais para as variedades alcalinas. Tal interpretação é compatível com evidências genético-evolutivas extraídas de dados geoquímicos e isotópicos em rocha total (Vlach, 1993).

As principais associações petrográficas presentes na região de Morungaba afloram ao nível regional em diversas ocorrências com características e paragéneses minerais similares e constituem parte significativa do magmatismo brasileiro tardi- a pósorogênico representado pelo Cinturão Itu (Vlach et al., 1990; Janasi et al., 1993). Parece viável, portanto, estender os resultados gerais obtidos para a maior parte das rochas graníticas e dioríticas aí aflorantes que, como o magmatismo Morungaba, invadem encaixantes em graus médios a altos de metamorfismo; contudo, no caso das ocorrências que invadem terrenos de baixo grau (para SW do Estado), contribuições mais significativas adquiridas por interação com as encaixantes (e.g., assimilação de fases fluídas) são esperadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JANASI, V.A.; VLACH, S.R.F.; ULBRICH, H.H.G.J. - 1993 - Enriched-mantle contributions to the Itu Granitoid Belt, Southeastern Brazil: evidence from K-rich diorites and syenites. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 65(Supl. 1): 107-118.
- MUNHOZ, J.D. - 1984 - F-OH and Cl-OH exchange in micas with applications to hydrothermal ore deposits. In: Bailey, S.W. (Ed). *Micas. Rev. Mineral.*, 13: 469-493.
- NOYES, H.J.; WONES, D.R.; FREY, E.A. - 1983 - A tale or two plutons: petrographic and mineralogical constraints on the Red Lake and Eagle Peak plutons, Central Sierra Nevada, California. *J. Geol.*, 91: 353-379.
- VLACH, S.R.F. - 1993 - Geologia e petrologia dos granitóides de Morungaba, SP. Tese de Doutorado, IG-USP. São Paulo. 414 p.
- VLACH, S.R.F.; JANASI, V.A.; VASCONCELLOS, A.C.B.C. - 1990 - The Itu Belt: associated calc-alkaline and aluminous A-type late Brazilian granitoids in the states of São Paulo and Paraná, Southern Brazil. In: CONGR. BRAS. GEOL., 36 Rio Grande do Norte, 1990. SBG, 6: 1700-1711.
- WONES, D.R. - 1989 - Significance of the assemblage titanite + magnetite + quartz in granitic rocks. *Amer. Mineral.*, 74: 744-749.
- WONES, D.R. & EUGSTER, H.P. - 1965 - Stability of biotite: experiment, theory and application. *Amer. Mineral.*, 50: 1228-1272.
- ZEN, E.-AN - 1985 - An oxygen buffer for some peraluminous granites and metamorphic rocks. *Amer. Mineral.*, 70: 65-73.
- Trabalho realizado sob os auspícios da FAPESP (Proc. 90/0940-0) - FINEP (Proc. 42.86.091.00) e CNPQ (Proc. 40.4969/83)

GÊNESE E EVOLUÇÃO GEOLÓGICA DAS ROCHAS GRANITÓIDES DA REGIÃO SUL DE GOIÁS

JOFFRE VALM RIO DE LACERDA FILHO, CIPRIANO CAVALCANTE DE OLIVEIRA
CPRM/GO

A partir do levantamento geológico básico escala (1:100.000) realizado pela CPRM, na parte sul de Goiás aliado a uma integração tectono-geológica regional, pode-se individualizar e caracterizar as seguintes gerações de granitóides:

Granitóide AGama

Corresponde aos terrenos cratonizados amplamente distribuídos na parte oeste e centro-noroeste de Goiás, tido como a primeira geração de granitóides, de composição granodiorítica tonalítica e trondjemítica (TTG) onde se alojam comumente as supracrustais do tipo "greenstone belts".

Granitóide Gama 1

Constitui uma Associação Ortognaissica Migmatítica OLIVEIRA (1993), representada por granitóides de filiação calcialcalina de baixo potássio, compostos por tonalitos, metatonalitos peraluminosos (a granada e sillimanita) com variações para metagranitos, com restitos de rochas supracrustais granulitizadas. São oriundos de fusão crustal vinculados aos eventos tectono-termais, que levaram a granulitização das rochas do Complexo Anápolis-Itaçu. Exibe forte fracionamento dos elementos de terras raras, ETR, com enriquecimento em ETRL e depleção em ETRP, acompanhado geralmente de expressiva anomalias negativas de európio. Estes litótipos foram posicionados no Proterozóico Inferior baseados em duas isócronas Rb/Sr, obtidas na Folha Jaraguá, de 2000 ± 70 m.a., razão inicial 0,7007 e 2.160 ± 130 m.a. e razão inicial 0,719.

Suíte Intrusiva Itapuranga GAMA 2a

É representada por uma clã de rochas intrusivas subalcalinas potássicas (shoshonítica) a calcialcalinas, compostas essencialmente por metaquartzosienitos, metaquartzo monzonitos, metamonzo-dioritos alcali feldspatos granitos, granitos e subordinadamente granodioritos. O padrão subalcalino potássico (shoshonítico) dessa Suíte, foi evidenciado através de estudos litogeoquímicos realizados por SOUZA et alii (1993), destacando-se os seguintes parâmetros: Elevados percentuais de $Na_2O + K_2O$ (acima de 5%); altas razões K_2O/Na_2O (entre 1,07 a 4,52); elevadas razões Fe_2O_3/FeO (maiores que 0,5); baixo teor de TiO_2 (menor que 1,3%) e ainda altos teores de Sr, Ba e médios de Rb, Zr e Nb. A sua