



## Litogeoquímica do granitóide de Serrinha e encraves máficos associados, centro-leste do maciço São José de Campestre, nordeste do Brasil

L.G.S. Dias, A.C. Galindo & Z.S. Souza

Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG)/UFRN, Rua Dr. Sebastião Zuza de Matos, Bl.26, Apto.202, Neópolis, CEP 59080-470, Natal-RN, Brasil, e-mail: luigo@terra.com.br, galindo@geologia.ufrn.br, zorano@geologia.ufrn.br.

**Abstract** The Serrinha porphyritic granitoid is located in extreme northeast of the Borborema Province, in the domains of the MSJC. The body occurs inserted in the rocks of the gneissic-migmatitic complex of paleoproterozoic age, with stretched shape, associated the shear zone of E-W direction. With the objective of characterizing geochemically the Serrinha granitoid, chemical analyses were made in total rock for major elements, trace and REE, giving emphasis to the majority facies of the body (porphyritic granites and dioritic enclaves), aiming at to analyze those rocks chemically and to position them in the magmatic series context. The porphyritic granites comprehend the dominant lito-types of the Serrinha body, presenting typical texture, medium- to coarse-grained, marked by the presence of milimetric to centimetric alkali feldspar fenocrysts, immersed in a mass formed mainly by quartz, feldspar and biotite, with subordinate proportions of amphibole. Magmas mixture is observed commonly, where the interaction between acid magma with basic magma it is verified by the presence of alkali feldspar fenocrysts immersed in dioritic enclaves, denoting process of mechanical mixture of magmas. The granites are hololeucocratic to leucocratic, with composition predominantly monzogranitic. Already the mafic enclaves are melanocratic to leucocratic, with composition varying of dioritic/quartz dioritic to tonalitic/granodioritic. The litogeochemistry data suggest that the porphyritic granites and mafic enclaves don't present genetic correlation, with each one presenting a magmatic evolutionary distinct. The porphyritic granites show subalkaline/calcium-alkaline of high K affinity, common to all the Itaporanga-type granites of the Borborema Province and the mafic enclaves show shoshonitic affinity.

**Keywords:** geochemistry, porphyritic granites, mafic enclaves, Neoproterozoic, Borborema Province.

**INTRODUÇÃO** O granitóide de Serrinha está localizado no extremo nordeste do Brasil, mais especificamente na porção sudeste do estado do Rio Grande do Norte. No âmbito geológico regional, o *plúton* encontra-se inserido no extremo nordeste da Província Borborema, nos domínios do Maciço São José de Campestre (*MSJC*), um bloco gnáissico-migmatítico na porção leste da Faixa Seridó (Fig. 1). O *MSJC* é composto por um núcleo gnáissico com idades arqueanas (>2,7 Ga; Dantas 1997), circundado por terrenos paleoproterozóicos (2,3 a 2,15 Ga; Dantas 1997) e diversas intrusões granitóides do final do Neoproterozóico (600-550 Ma). Um numeroso acervo de intrusões graníticas ocorre, principalmente, encaixado nos gnaisses e migmatitos paleoproterozóicos, a exemplo do *Plúton* Serrinha que ocorre de forma alongada, associado a uma zona de cisalhamento de direção aproximadamente E-W (Zona de Cisalhamento Rio Jacu), sendo correlacionado aos clássicos granitóides porfiríticos tipo *Itaporanga* de Almeida *et al.* (1967).

Visando caracterizar geoquimicamente o Granitóide Serrinha, foram realizadas análises

químicas em rocha total para elementos maiores, traço e ETR, dando ênfase aos fácies majoritários do *plúton* (granito porfirítico e encraves máficos associados), objetivando analisar quimicamente essas rochas e situá-las no contexto de séries magmáticas.

### SÍNTESE GEOLÓGICA DO GRANITÓIDE SERRINHA

O corpo granítico de Serrinha é caracterizado por uma suíte de rochas plutônicas, de idade neoproterozóica, composto por granitos porfiríticos com encraves dioríticos associados, além de granodioritos porfiríticos, granitos microporfiríticos e inúmeros diques e *sheets* leucograníticos (Dias *et al.* 2005). O granitóide apresenta feições deformacionais diferenciadas, onde as porções centrais do corpo são caracteriza-se pela não orientação dos fenocristais ou, quando orientados, o *fabric* é estritamente de origem magmática. Já em direção as bordas do *plúton*, os cristais adquirem uma orientação muito pronunciada, desenvolvendo caudas de recristalização e/ou sobras de pressão, com o quartzo fortemente estirado (*ribbons*), denotando deformação em estado sólido (Dias *et al.* 2005).

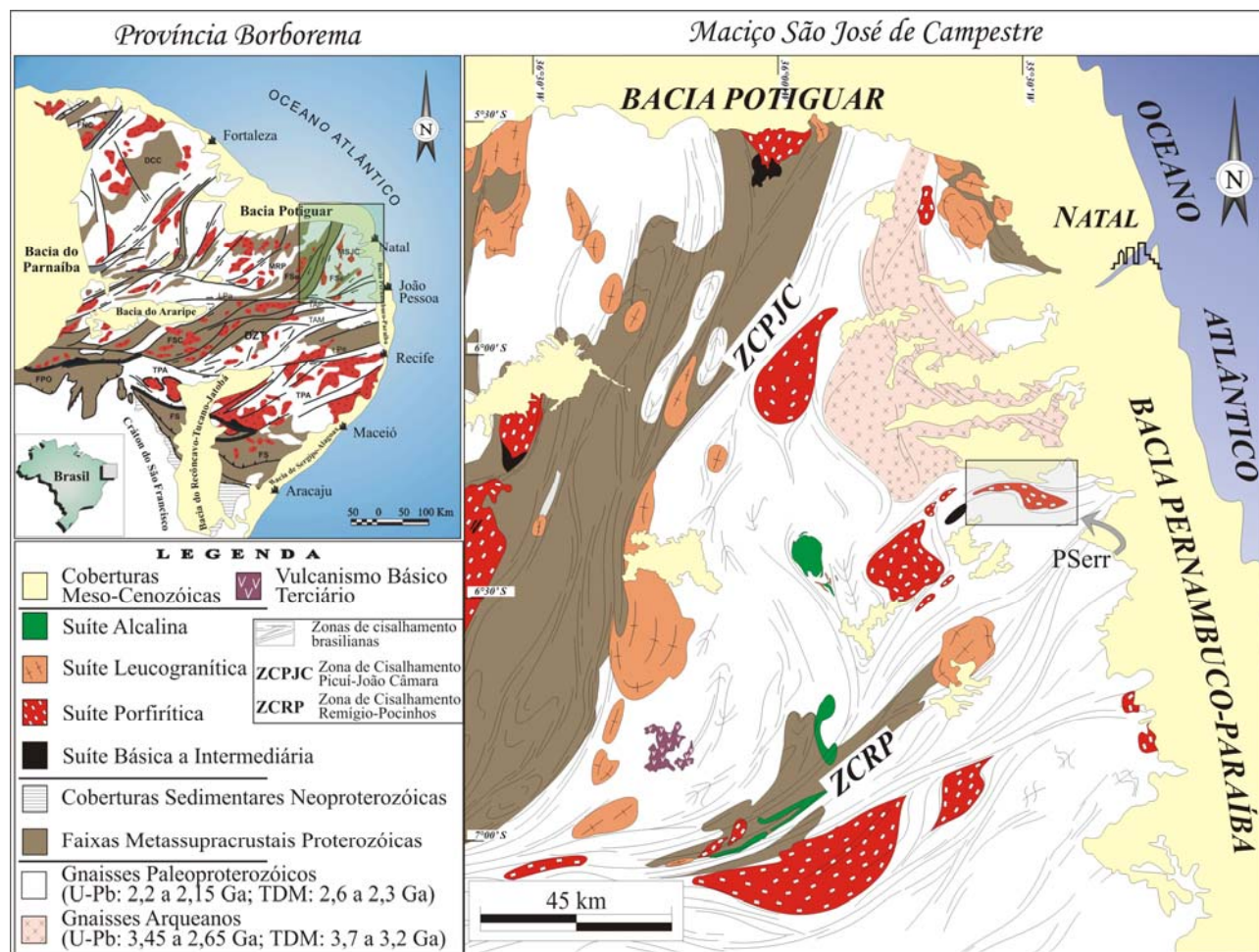


Figura 1. Mapa geológico da Província Borborema e do Maciço São José de Campestre, com destaque para o Plúton Serrinha-PSerr (Modificado de Jardim de Sá 1994, Dantas 1997, Amaro 1998, Nascimento et al. 2000)

Os granitos porfíricos compreendem os litotipos dominantes, apresentando textura típica média a muito grosso, inequigranular, marcada pela presença de fenocristais milimétrico a centimétrico de feldspato potássico, imersos numa matriz formada principalmente por quartzo, feldspatos e biotita, com proporções subordinadas de anfibólio.

Feições de mistura de magmas são comumente observadas, onde a interação entre o magma ácido (granítico) com o magma básico (diorítico) é relatada pela presença de fenocristais de feldspato potássico imersos em encraves dioríticos, denotando processo de mistura mecânica de magmas (mistura do tipo *mingling*).

Os granitóides porfíricos apresentam composições predominantemente monzograníticas, com sienogranitos, quartzo monzonitos e quartzo monzodioritos/granodioritos subordinados, com a mineralogia máfica não ultrapassando 40%, classificando essas rochas como sendo hololeucocráticas a leucocráticas (Fig. 2). São

formados essencialmente por quartzo, plagioclásio e feldspato potássico. Biotita, hornblenda, titanita e opacos representam as fases máficas principais, com epídoto, allanita, apatita e zircão compondo os minerais acessórios. São bastante comuns os processos de alteração em estado *subsolidus*, com saussuritização e carbonatação de plagioclásios e cloritização de biotitas.

Os encraves máficos apresentam composições variando de dioritos/quartzo dioritos a tonalitos/granodioritos, com algumas amostras plotando como quartzo monzodioritos (Fig. 2). Os encraves têm como minerais máficos principais anfibólio e biotita, chegando a atingir 24,5% nas rochas mais diferenciadas e 72,2% nas menos evoluídas. O que caracteriza essas rochas, em termos de índice de cor, como sendo melanocráticas a leucocráticas (Fig. 2). Apresentam-se com textura fanerítica, equigranulares a inequigranulares, fina a média, compostas por plagioclásio, quartzo, anfibólio e biotita como minerais essenciais, e feldspato

potássico aparecendo subordinadamente. A mineralogia acessória compreende titanita, opacos, epidoto, allanita, apatita e zircão. A mineralogia secundária é formada por saussurita (produto de alteração dos plagioclásios), mica branca (alteração dos K-feldspatos) e clorita (alteração das biotitas).

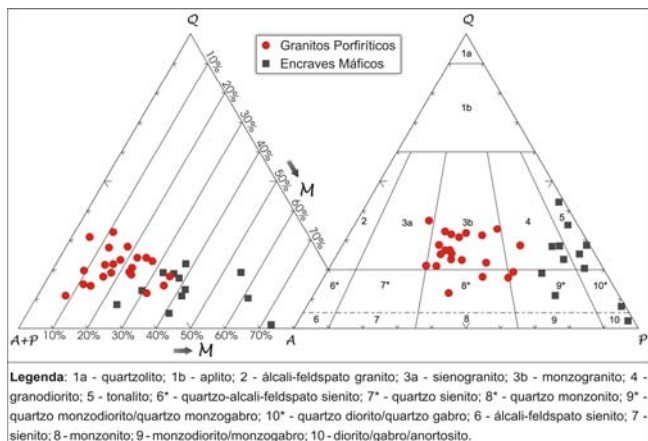


Figura 2. Diagramas de classificação de rochas plutônicas Q-A-P e Q-(A+P)-M para os granitóides porfiríticos e encraves máficos do Plúton Serrinha (Streckeisen 1976)

**LITOGEOQUÍMICA** Os dados litogeoquímicos mostram que os granitos porfiríticos apresentam teores de  $\text{SiO}_2$  variando de 73% a 67% (rochas evoluídas), com os encraves máficos apresentando teores de  $\text{SiO}_2$  de 59% a 51% (rochas menos evoluídas). Além disso, os encraves apresentam baixos teores de  $\text{K}_2\text{O}$  e teores mais elevados em  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$  em relação aos granitos porfiríticos. Analisando-se o total de álcalis ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) dessas rochas, observa-se que os encraves máficos ocorrem com teores de álcalis mais baixos (8,1%-6,1%) em relação aos granitos porfiríticos (9,2%-7,7%). As razões  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  são quase sempre inferiores a 1 para os granitos e superiores a 1 para os encraves. A partir de diagramas de variação do tipo Harker, utilizando  $\text{SiO}_2$  como índice de diferenciação (Fig. 3), pode-se comprovar que os granitos porfiríticos e os encraves máficos associados, não apresentam correlação genética, com cada um apresentando uma história magmática evolutiva distinta. Apesar da estreita associação, em afloramento dos fácies graníticos porfiríticos e

encraves dioríticos, incluído feições de mistura de magmas, os diagramas Harker comprovam que não existe uma relação de cogeneticidade entre os mesmos.

A utilização do Índice de Shand em sua forma modificada por Maniar & Piccoli (1989) mostra que os granitos porfiríticos apresentam caráter transicional de metaluminosos a ligeiramente peraluminosos. Esse caráter peraluminoso é creditado aos baixos valores de  $\text{CaO}$ , e não a um excesso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nessas rochas. Já os encraves máficos, são caracteristicamente metaluminosos (Fig. 4).

Diagramas classificatórios para definição de filiações magmáticas (Figs. 5a, b, c), demonstram a afinidade subalcalina das rochas analisadas, onde no diagrama catiônico R1-R2 definido por De La Roche *et al.* (1980) os granitos porfiríticos plotam segundo o *trend* subalcalino félsico e os encraves máficos na porção subalcalina máfica (Fig. 5a). No diagrama  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{K}_2\text{O}$  (Rickwood 1989) os granitos porfiríticos plotam no campo cálcio-alkalino alto-K e os encraves associam-se ao campo de rochas com afinidade shoshonítica (Fig. 5b). No diagrama de Frost *et al.* (2001), a tendência subalcalina é novamente confirmada, onde os granitos apresentam-se ao longo do *trend* álcali-cálcico correspondente ao subalcalino/calcio-alkalino potássico (Fig. 5c). Além disso, nesse mesmo diagrama, os granitos porfiríticos plotam na transição dos granitos tipo I, S e A, não sendo então, correlacionados a nenhum desses tipos clássicos, sendo considerados rochas evoluídas transicionais enriquecidas em álcalis.

Os padrões dos terras raras normalizados em relação ao condrito de Evensen *et al.* (1978), mostram que os granitos porfiríticos e os encraves dioríticos apresentam padrões de ETR's com enriquecimento relativo em relação ao condrito (Fig. 6), com moderado grau a elevado grau de fracionamento dos elementos terras raras leves (TRL) em relação aos elementos terras raras pesados (TRP). Os granitos porfiríticos têm como característica marcante uma anomalia negativa de Eu ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  variando de 0,54 a 0,59) e os encraves são facilmente diferenciados pela ausência dessa anomalia ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  variando de 0,97 a 0,98). A anomalia de Eu nos granitos porfiríticos está associada ao fracionamento de plagioclásio ao longo da diferenciação magmática (Fig. 6).



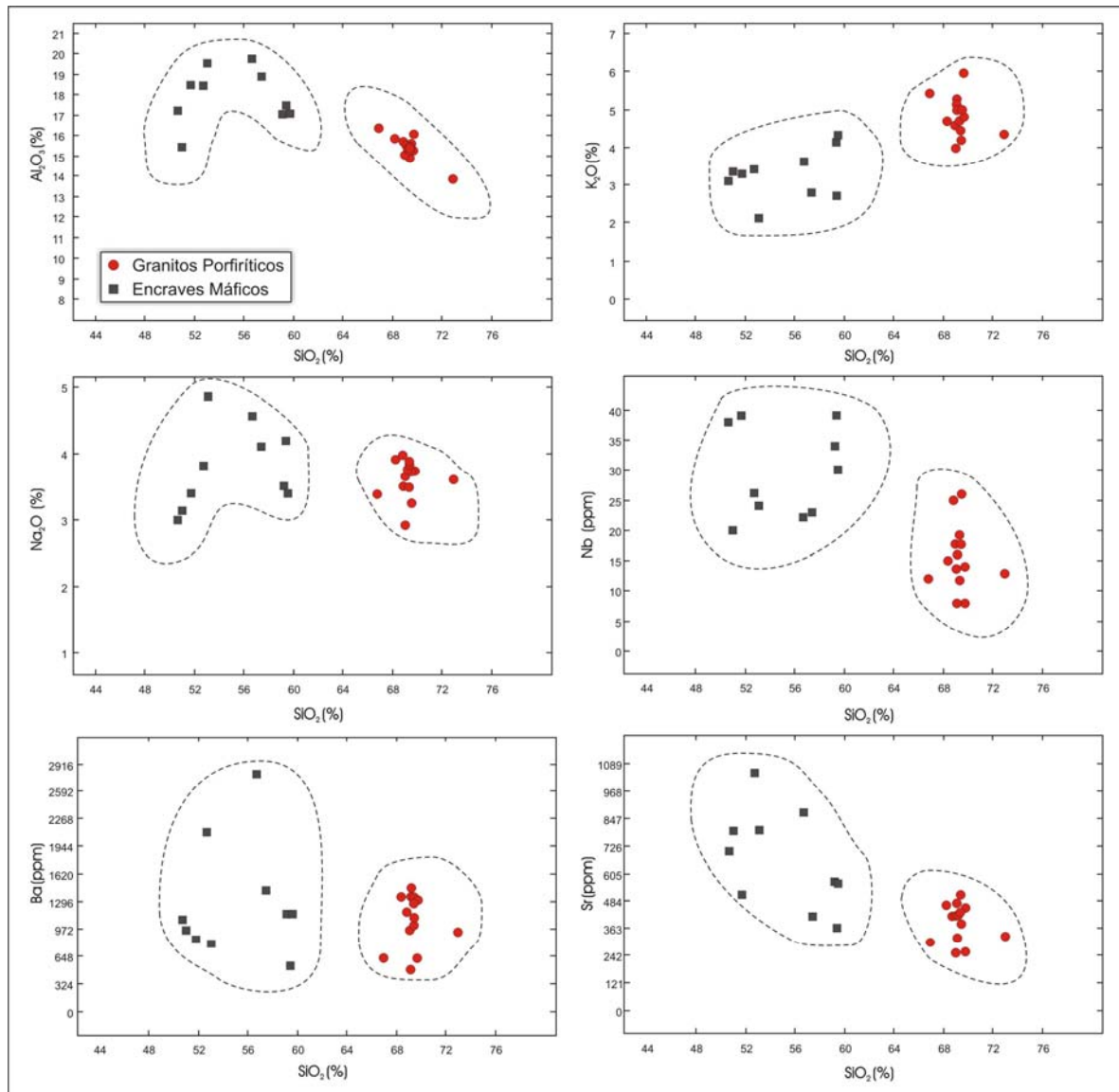


Figura 3. Diagramas de variação do tipo Harker para alguns elementos maiores e traços, utilizando SiO<sub>2</sub> como índice de diferenciação, com destaque para os trends descontínuos dos litotipos estudados. Indicando que esses não apresentam correlação genética

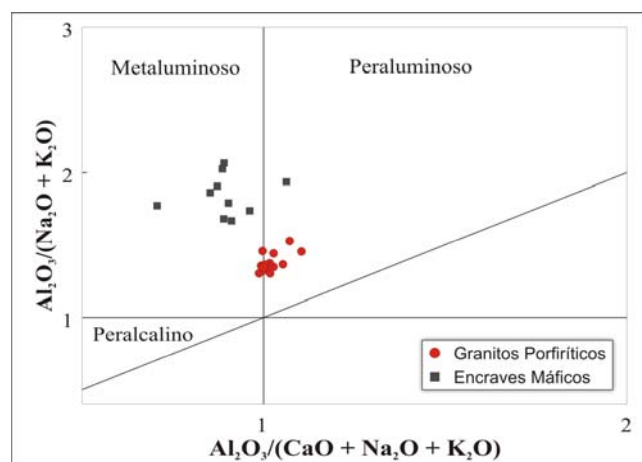


Figura 4. Representação das rochas estudadas segundo o Índice de Shand (Maniar & Piccoli 1989)

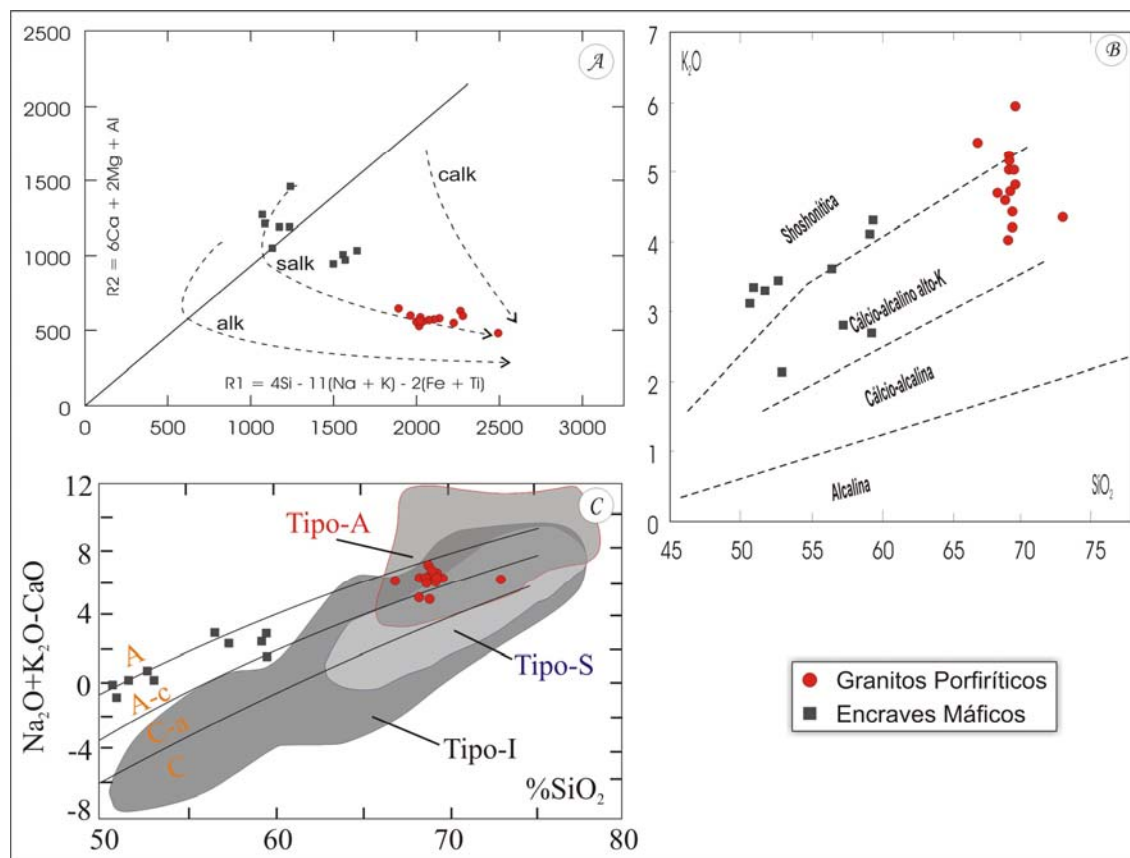


Figura 5. Diagramas para definição de séries magmáticas. (a) Diagrama  $R_1/R_2$  (alk = alcalino; salk = subalcalino; calk = cálcio-alcalino, De La Roche et al. 1980); (b) Diagrama  $\text{SiO}_2$  vs.  $\text{K}_2\text{O}$  (Rickwood 1989); (c) Diagrama  $\text{SiO}_2$  vs.  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$  (Frost et al. 2001). Maiores detalhes no texto

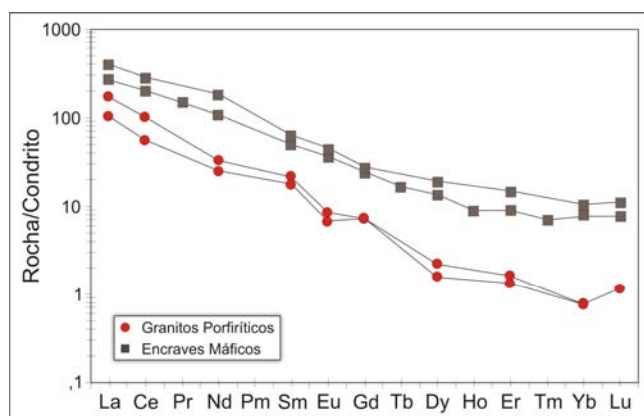


Figura 6. Espectro de elementos terras raras (ETR) para as rochas estudadas, sendo utilizado os valores de normalização segundo Evensen et al. (1978)

**CONCLUSÕES** Na região estudada chama a atenção para o volumoso e diversificado magmatismo de idade neoproterozóica, onde várias suítes plutônicas distintas ocorrem numa superfície relativamente pequena. Essas rochas afloram em estreita associação com zonas de cisalhamento transcorrentes / distensionais.

Os dados litogeoquímicos sugerem que os granitos porfíricos e os encraves máficos associados não apresentam correlação genética, com cada um apresentando uma história magmática evolutiva distinta. Os granitóides porfíricos são tipicamente de afinidade subalcalina – cálcio-alcalina de alto K, comum a todos os granitos tipo-Itaporanga da Província Borborema e os encraves máficos apresentam características geoquímicas de rochas com afinidade shoshonítica.

## Referências

- ALMEIDA F.F.M., LEONARDOS Jr. O.H. & VALENÇA J. 1967. Review on granitic rocks of Northeast South América. In: *IUGS/UNESCO Symposium*, Recife, 41 p.
- AMARO V.E. 1998. *Análise conjunta de dados geológicos, geofísicos e de sensoriamento remoto do setor extremo nordeste da Província Borborema, nordeste do Brasil,*

- com ênfase nas zonas de cisalhamento dúcteis neoproterozóicas.* IG-USP, Tese de doutorado, São Paulo, 397 p.
- DANTAS E.L. 1997. *Geocronologia U-Pb e Sm-Nd de terrenos arqueanos e paleoproterozóicos do Maciço*



- Caldas Brandão, NE do Brasil*. Tese de doutorado, Unesp, Rio Claro, 206 p.
- DE LA ROCHE H., LETERRIER J., GRANCLAUDE P., MARCHAL M. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major element analyses. Its relationship with current nomenclature. *Chem. Geol.*, **29**: 183-210.
- DIAS L.G.S., SOUZA Z.S., GALINDO A.C., ALVES DA SILVA F.C. 2005. Feições Petrográficas e Estruturais da Suíte Plutônica Neoproterozóica de Serrinha, Porção Centro-Leste do Maciço São José de Campestre, Sudeste do RN. *XXI Simpósio de Geologia do Nordeste*, Recife-PE, p.138-142.
- EVENSEN N.M., HAMILTON P.J., O'NIONS R.K. 1978. Rare-Earth abundances in chondrite meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **42**: 1199-1212.
- FROST B.R., BARNES C.G., COLLINS W.J., ARCULUS R.J., ELLIS D.J., FROST C.D. 2001. A chemical classification for granitic rocks. *J. Petrol.* **42** (11): 2033-2048.
- GALINDO A.C., SOUZA Z.S., DANTAS E.L., ANTUNES A.F., DIAS L.G.S., ALVES DA SILVA F.C., LAUX J.H. 2005. Geocronologia U-Pb de Granitóides tipo Itaporanga (Monte das Gameleiras e Serrinha), Maciço São José de Campestre, NE do Brasil. *XXI Simpósio de Geologia do Nordeste*, Recife-PE, pág.150-152.
- JARDIM DE SÁ E.F. 1994. *A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasileira / Pan-Africana*. Tese de doutorado, IG-UnB, 803 p.
- MANIAR P.D. & PICCOLI P.M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **101**: 635-643.
- NASCIMENTO M.A.L., ANTUNES A.F., GALINDO A.C., JARDIM DE SÁ E.F., SOUZA Z.S. 2000. Geochemical signatures of the Brasiliano-age plutonism in the Seridó belt, Northeastern Borborema Province (NE Brazil). *Revista Brasileira de Geociências*, **30**: 161-164.
- RICKWOOD P.C. 1989. Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. Elsevier Science Publishers B.V. *Lithos*, **22**: 247-263.
- SANTOS E.J., BRITO NEVES B.B. 1984. Província Borborema. In: ALMEIDA F.F.M. & HASUI Y. (coords.) *O Pré-Cambriano do Brasil*. Edgar Blücher, São Paulo, p. 123-186.
- STRECKEISEN A.L. 1976. To Each Plutonic Rock its Proper Name. *Earth Sci. Rev.*, **12**: 1-33.