

## GEOQUÍMICA DE PARTE DO COMPLEXO GRANULÍTICO DE SANTA CATARINA, BRASIL MERIDIONAL: UMA SUÍTE CÁLCIO-ALCALINA ANTIGA FORMADA POR DIFERENCIAÇÃO DE BASALTO ALUMINOSO

M.C.H.Figueiredo (*in memoriam*)<sup>1</sup>, I.McReath<sup>1</sup>, M.A.S.Basei<sup>1</sup>, M.S.M.Mantovani<sup>2</sup>

O complexo granulítico de Santa Catarina é composto por várias séries (Lameyre & Bowden, 1982) de metaígneas toleítica a cálcio-alcálicas. Idades radiométricas calculadas pelo método K-Ar em minerais da paragênese de alto grau, pelas isócronas Rb-Sr em rocha total (Hartmann et al., 1979; Basei, 1985; Siga Jr., 1995) e por idades U-Pb em zircão (Basei, 1985) recaem na faixa de 2,83 a 2,4 Ga, e representam idades mínimas para a formação dos protólitos. Razões (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr) iniciais variam desde 0,701 a 0,704, e atestam para a natureza primitiva de algumas das rochas. Idades transamazônicas (2,3 - 1,9 Ga) também foram obtidas pelos métodos K-Ar (mineral), U-Pb (zircão), e por isócronas Rb-Sr (rocha total) e Pb-Pb (rocha total), e foram interpretadas como as idades do último evento de metamorfismo de grau elevado, associado à uma fase de migmatização.

Foram obtidos novos dados geoquímicos para uma associação norítico-tonalítico-granodiorítico que porta enclaves de norito e piroxenito, e aflora entre as cidades de Luiz Alves e Barra Velha. Embora amostras já analisadas (Moreira & Marimon, 1980; Hartmann, 1981, 1988; Marques, 1988; Siga Jr., 1995) possam não ser cogenéticas com as rochas da região Luiz Alves - Barra Velha, é possível que fossem produzidas por processos genéticos semelhantes.

Clinopiroxenitos e websteritos (asteriscos e cruces diagonais para dados novos e já publicados, respectivamente) possuem as características geoquímicas de *cumulatos* praticamente puros, formados ao longo da cristalização fracionada de um magma máfico. A suíte de noritos a charnockitos conforma-se às tendências ígneas de Beswick & Soucie (1978), e define arranjos lineares em muitos diagramas *Harker*. Definimos, assim, a tendência principal da suíte, talvez uma linha de ascendência líquida, que inclui noritos com teores altos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (~17%). Por outro lado, alguns exemplos de noritos apresentam elevados teores de Fe, ficando em desconformidade com a tendência principal. Tais rochas podem ser *cumulatos* de minerais ferromagnesianos. Algumas análises já publicadas apresentam teores muito altos de Al, condizentes com uma origem através da acumulação de plagioclásio. A separação física de fases *cumuláticas* de densidades diferentes, ambas derivadas de um magma basáltico, é possível sob altas pressões, correspondentes às da base da crosta continental. Nota-se que algumas outras rochas possuem baixos teores de Al, relativo à tendência principal, embora não sejam notadamente mais ricas em Fe. Tais rochas podem representar a contraparte das de teores muito altos de Al.

No diagrama R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub> (La Roche et al., 1980), as rochas são classificadas como gabro, tonalito e granodiorito, constituindo-se em uma suíte semelhante à série cálcio-alcálica pré-colisional moderna (Batchelor & Bowden, 1985). No diagrama FMA algumas rochas máficas

<sup>1</sup>DGG, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

<sup>2</sup>Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo.

aparentam ser toleíticas, embora tal característica seja essencial para *cumulatos* associados à série cálcio-alcálica, para que haja evolução da parte intermediária-félsica da suíte sem enriquecimento em Fe.

As rochas da tendência principal têm teores baixos de Rb, Th, U, Nb e Ta, e teores altos de Sr, Ba, LREE e Nd. No diagrama Nb-Y as rochas mais félsicas ocupam o campo dos granitóides de arcos vulcânicos modernos. Diagramas multi-elementos, com normalização para o manto primitivo revelam empobrecimento de Ta, Nb e Ti, uma característica comum, porém não exclusiva, de rochas cálcio-alcálicas modernas, uma vez que foi encontrada, também, em rochas arqueanas lewisianas. As rochas lewisianas apresentam, também, empobrecimento de Rb, Th, U e K, relativo a rochas cálcio-alcálicas modernas.

Através do comportamento contrastado de elementos compatíveis (por exemplo, Ni) e incompatíveis (por exemplo, Zr), demonstra-se que a cristalização fracionada de um magma máfico é o processo petrogenético mais provável para a formação da tendência principal, e que as composições dos piroxenitos convergem em direção à composição provável do magma progenitor, o que confirma sua origem como *cumulatos* cogenéticos. Modelamento por passos seqüenciais do processo por XLFRAC (Stormer Jr. & Nicholls, 1978) partiu da composição do progenitor e passou por etapas intermediárias, todas definidas a partir dos diagramas *Harker*. Composições apropriadas dos minerais fracionados foram escolhidas das apresentadas por Deer et al. (1963), simulando-se a tendência de Bowen para a evolução das composições. A partir de um basalto aluminoso, a separação inicial de olivina-gabro ou gabro-norito, esta com titanomagnetita acessória traz a composição do magma diferenciado à dos noritos mais félsicos. A seguir, a separação de leucogabro ou leucogabro-norito, ambos com minerais óxidos de Fe-Ti acessórios, leva o diferenciado até os enderbitos. O modelo prevê a produção de uma suíte predominantemente máfica (50-60% de peso), com 28-35% de peso de rochas com de ~54% até ~64% de SiO<sub>2</sub>. Essas proporções conformam-se às observações de campo na região, e assemelham-se às modeladas para a evolução, sob condições sub-saturadas em água, de rochas extrusivas cálcio-alcálicas modernas a partir de basalto de alto-Al (por exemplo, McReath, 1972).

Rochas intermediárias de suítes cálcio-alcálicas arqueanas podem ser formadas durante subducção pela fusão parcial de crosta oceânica enquanto, nas suítes modernas formam-se através da cristalização fracionada de magma basáltico gerado por um processo mais complexo. Exceções ocorrem quando a crosta oceânica nova e quente sofre fusão parcial durante subducção em algumas situações modernas (Defant & Drummond, 1990). Propomos que no Arqueano, um processo "moderno" de desidratação da placa em subducção, seguida por invasão do manto sobrejacente e fusão parcial deste com produção de magma basáltico, teria ocorrido. Este magma submetido à cristalização fracionada pode produzir uma suíte cálcio-alcálica dominada por termos máficos. Isso ocorreria se as bacias oceânicas formadas tivessem sido amplas o bastante para que a crosta oceânica se tornasse fria e hidratada.

Agradecemos a B.J.Fryer e a O. Siga Jr. pelas discussões proveitosas.

### Referências Bibliográficas

- BATCHELOR, R.A.; BOWDEN, P. (1985) Petrogenetic interpretation of granitic rocks series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, v.48, p.43-55.
- BASEI, M. (1985) *O cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina*. São Paulo, 190p. (Tese-Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- BESWICK, A.E.; SOUCIE, G. (1978) A correction procedure for metasomatism in an Archean greenstone belt. *Precambrian Research*, v.6, p.235-248.

- DEER, W.A.; HOWIE, R.; ZUSSMAN, J. (1963) **Rock Forming Minerals**, London, Longmans, v.1-5.
- DEFANT, M.J.; DRUMMOND, M.S. (1990) Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. *Nature*, v.347, p.662-665.
- HARTMANN, L. (1981) **Petrogênese dos granulitos e ultramafitos de Luiz Alves (SC)**. Porto Alegre, 104p. (Tese - Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- HARTMANN, L. (1988) Geoquímica de terras raras e geotermobarometria de granulitos de Dom Pedrito e Luiz Alves, no extremo sul do Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, v.2, p.1-14.
- HARTMANN, L.A.; SILVA, L.C.; ORLANDI, V. (1979) O Complexo Granulítico de Santa Catarina. *Acta Geologica Leopoldensia*, v.6, p.94-112.
- LAMEYRE, J.; BOWDEN, P. (1982) *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v.14, p.169-186.
- LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRANCLAUDE, P.; MARCHAL, M. (1980) A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagrams and major element analysers: its relationship with current nomenclature. *Chemical Geology*, v.29, p.183-210.
- MARQUES, L.S. (1988) **Caracterização geoquímica das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná: implicações petrogenéticas**. São Paulo, 175p. (Tese - Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- McREATH, I. (1972) **Petrogenesis in island arcs**. England, 110p. (Tese - Doutorado) - Leeds University.
- MOREIRA, M.L.O.; MARIMON, M.P. (1980) Ensaio petrográfico e petroquímico das rochas do fácies granulito. Complexo granulítico de Santa Catarina, Folha SC-22ZB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Camboriú, 1980. *Anais. Camboriú, SBG*, v.4, p.2119-2133.
- PEARCE, J.A.; HARRIS, N.B.W.; TINDLE, A.G. (1984) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, v.25, p.956-982.
- SIGA JR., O. (1995) **Domínios tectônicos do Sudeste do Paraná e Nordeste de Santa Catarina: Geocronologia e Evolução Crustal**. São Paulo, 212p. (Tese - Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- STORMER JR., J.; NICHOLLS, L. (1978) XLFRAC: a program for the interactive texting of magmatic differentiation models. *Computers & Geosciences*, v.4, p.143-159.