

KAERSUTITA-ÓXIDO-APATITA CLINOPIROXENITOS DO MACIÇO ALCALINO MÁFICO-ULTRAMÁFICO PONTE NOVA (SP)

Rogério Guitarrari Azzone, Excelso Ruberti & Celso de Barros Gomes

Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Rua do Lago, 562, São Paulo, Brasil. E-mail: rgazzone@usp.br

ABSTRACT

Kaersutite-oxide-apatite clinopyroxenites found in the Ponte Nova alkaline mafic-ultramafic massif show very especial petrographic and geochemical compositions and their origin seems to be related to late stage volatile-rich fluids, which are responsible for the redistribution of the different chemical elements.

Keywords: kaersutite-oxide-apatite clinopyroxenites; late stage fluids; ultramafic alkaline rocks.

INTRODUÇÃO

O maciço Ponte Nova, multi-intrusivo, é caracterizado pela presença de rochas de composição máfica-ultramáfica, de tendência alcalina, em sua maioria cumuláticas. Algumas dessas rochas, de ocorrência restrita, apresentam características texturais, petrográficas e geoquímicas pouco comuns, principalmente o enriquecimento em determinadas fases minerais, que levam à sua classificação como kaersutita-óxido-apatita clinopyroxenitos.

Diversas explicações são sugeridas na literatura para a gênese de litotipos com feições similares, como a ação de processos de imiscibilidade líquida, de acumulação, de migração de fluidos exsolvidos durante os estágios finais de cristalização, ou mesmo de atividade hidrotermal.

O objetivo deste trabalho visa uma melhor caracterização dessas litologias, bem como discutir a sua formação e as possíveis implicações relacionadas à petrologia do maciço.

CONTEXTO GEOLÓGICO

O maciço Ponte Nova situa-se na zona limítrofe entre os estados de São Paulo e Minas Gerais, mais especificamente entre as localidades de Sapucaí-Mirim e Santo Antônio do Pinhal, e não muito distante da cidade de Campos do Jordão.

No contexto regional, o maciço está incluído no Setor Norte da Província Alcalina Serra do Mar (cf. Riccomini et al., 2005), que reúne ocorrências alcalinas do Cretáceo Superior, com o seu desenvolvimento se dando na região continental da borda oeste da Bacia de Santos. Essas ocorrências estão relacionadas a um regime extensional e condicionadas tectonicamente à reativação de antigas zonas de fraqueza, particularmente as de cisalhamento de idade Proterozóica paralelas à atual linha costeira.

O maciço apresenta duas áreas de exposição: uma principal, maior (~5,5 km²), de forma elíptica e com grande variedade de litotipos, e uma menor (~1 km²), localizada a sul da primeira, estando ambas separadas por rochas do embasamento pré-cambriano.

A evolução geológica do maciço pode ser assim resumida: 1) pulso principal consistindo em uma *seqüência inferior*, cumulática, caracterizada pela presença de cumulos ultramáficos e melagábricos (e.g. olivina piroxenitos e melagabros com olivina – fácies UMFc, MLGc e MLGc-C), e uma *seqüência superior*, com rochas gábricas e monzogábricas porfiríticas (GBPf), equigranulares (GBEq) e bandadas (GB-Bnd). As rochas de matriz fina presentes no extremo sul e sudeste da área principal (GB-MF) são interpretadas como sendo uma fácies de borda desse pulso. Já a área satélite a sul, separada pelo embasamento, guarda identificação com as rochas da seqüência superior (GB-Sul) e mesmo com tipos petrográficos ainda mais evoluídos (MZ-Sul), sugerindo, assim, uma continuidade desse mesmo pulso; 2) pulsos satélites a norte (Gb-PN) e leste (Gb-PL) mostrando diferentes feições em relação ao principal; 3) brecha magmática (BRCH), posterior às diversas fácies anteriormente descritas e 4) diques máficos e félsicos cortando as demais rochas do maciço.

Os kaersutita-óxido-apatita clinopyroxenitos (Umf-PO) estão intimamente relacionados com as rochas do pulso principal, mais especificamente com as cumuláticas da seqüência inferior.

CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA

Esses clinopyroxenitos estão presentes na porção oeste do maciço associados com variedades melagábricas (fácies MLGc), que são típicas da região sudoeste. A sua ocorrência está limitada a uma área subcircular de aproximadamente 16 km², que inclui um pequeno morro de topografia mais acentuada em relação às rochas melanocráticas ao redor. No topo desse morro estão os principais afloramentos.

Eles se distinguem pela concentração elevada de anfibólio poiquilítico (com biotita subordinada), opacos (óxidos de Fe-Ti e sulfetos) e apatita, sendo plagioclásio o único félsico presente. A forma da ocorrência, a densidade maior dessas

rochas quando comparadas aos demais tipos petrográficos do maciço e as características texturais são sugestivas de sua natureza peculiar de formação.

PETROGRAFIA E QUÍMICA MINERAL

De modo especial, chama a atenção a proporção modal dos minerais presentes nesses clinopiroxenitos: 39% de clinopiroxênio, 32% de anfibólio e biotita, 17% de opacos (óxidos de Fe-Ti e sulfetos subordinados), 7% de apatita e 5% de plagioclásio.

O clinopiroxênio é um diopsídio zonado, com as bordas dos grãos correspondendo a uma titanoaugita. Os cristais são subédricos a euédricos, de granulação fina a média, e ocasionalmente corroídos por anfibólio e biotita. Não foi registrada a presença de olivina ou mesmo de qualquer indício de sua presença.

Os óxidos de Fe-Ti são titanomagnetita e ilmenita. Estes minerais possuem granulação fina, com cristais de dimensões submilimétricas a milimétricas, formas euédricas a subédricas, e por vezes estão envolvendo grãos de apatita. As composições químicas das ilmenitas variam entre Hem₀₁-Ilm₉₉ e Hem₁₅-Ilm₈₅ e das titanomagnetitas, obtidas em amostras sem evidências de exsolução, entre Mt₇₉-Ulv₂₁ e Mt₆₁-Ulv₃₉. Estas últimas são mais ricas na molécula Fe₃O₄ em relação às rochas cumuláticas do pulso principal, indicando, assim, uma maior fugacidade de O₂ para a formação dos minerais pós-cumulus. Disseminados na matriz estão ainda presentes microcristais de sulfetos, principalmente de Fe. Quando comparados às demais rochas do maciço, esses clinopiroxenitos apresentam maior riqueza em sulfetos, exceção feita a uma fácies igualmente restrita que envolve a interação entre diferentes pulsos. A apatita mostra também granulação fina, submilimétrica, sendo os cristais predominantemente euédricos ou mesmo arredondados.

O anfibólio presente é uma kaersutita poiquilítica, definida quimicamente como uma kaersutita com K segundo Leake (1997). A biotita, uma fase poiquilítica subordinada, é enriquecida em TiO₂. As composições desses minerais estão situadas dentro dos campos de variação definidos para as rochas do pulso principal do maciço.

O único félsico presente, ainda que em proporção muito pequena, é o plagioclásio que forma, na maioria dos casos, grãos anédricos incluídos nos cristais de biotita e anfibólio. O seu teor de anortita é variado, An₆₇₋₇₄, porém, dentro do intervalo obtido para as rochas da suíte do pulso principal.

LITOGEOQUÍMICA

As diferenças modais apresentadas refletem a composição química desses clinopiroxenitos, caracterizada pelas baixas concentrações de SiO₂ (~34%), as menores de todo o maciço, e elevadas de TiO₂ (~8%), FeO_T (~19%) e MnO (acima de 0,2%), as maiores de todo o maciço (Fig. 1). Os teores de P₂O₅ não ultrapassam 1,5% e estão associados à presença de apatita. O Mg# dessas rochas, ainda que ultramáficas, é de ~45,5, indicando que elas são mais evoluídas que os litotipos ultramáficos e melanocráticos do maciço.

Dos elementos traços destaca-se o V (Fig. 1), cujos teores são os mais altos (superiores a 600 ppm) das rochas do maciço. Os teores de Sc (em torno de 40 ppm) são compatíveis com os das rochas melagábricas cumuláticas (MLGc) e sugestivos de seu controle pelo clinopiroxênio. Zn e Co estão também presentes em concentrações elevadas (153 e 55 ppm, respectivamente), provavelmente devido à grande presença de opacos nessas rochas.

A distribuição dos elementos traços nesses clinopiroxenitos assemelha-se em geral ao dos melagabros, com destaque para as anomalias positivas de Nb, Ti e P (Fig. 2A), explicadas pela grande concentração de opacos e apatita nas primeiras rochas.

Quanto às terras raras (Fig. 2B), verifica-se que os clinopiroxenitos, ao lado também do comportamento similar ao dos melagabros, exibem um padrão de enriquecimento maior para todos os elementos. A distribuição dos ETR normalizados em relação ao condrito C1 de McDonough & Sun (1995) indica ainda um maior enriquecimento dos elementos leves em relação aos pesados.

DISCUSSÃO

Do ponto de vista geoquímico, os kaersutita-óxido-apatita clinopiroxenitos de Ponte Nova são muito semelhantes aos óxido-apatita gabronoritos que aparecem associados a nelsonitos em maciços anortosíticos proterozóicos. Esses óxido-apatita gabronoritos foram interpretados por Dymek & Owens (2001) como sendo originados a partir da segregação (cumulatos) de magmas jotuníticos.

Contudo, apesar das semelhanças geoquímicas, as evidências petrográficas sugerem uma gênese diferente para as rochas de Ponte Nova, uma vez que os seus opacos e a apatita estão identificados com as fases mineralógicas intersticiais finais, além de incluídos poiquiliticamente em cristais de anfibólio e biotita. Parecem também confirmar essa sugestão a formação de outros minerais dos estágios finais de cristalização magmática, como carbonatos e analcima, que ocorrem na forma de inclusões em cristais poiquilíticos de anfibólio. Além disso, a presença de textura de corrosão associada à principal fase cumulus é indicativa da ação de fluidos pós-cumuláticos, ricos em voláteis, que teriam reagido com essas rochas.

Líquidos ricos em voláteis poderiam estar relacionados à existência de fluidos residuais tardi-magmáticos ou mesmo pós-magmáticos, em estágios hidrotermais. Meurer et al. (1999) associam a gênese de depósitos minerais ricos em sulfetos em intrusões acamadadas à ação de fluidos exsolvidos a partir da cristalização do líquido intersticial. Esses fluidos, enriquecidos em voláteis e formados durante os estágios finais de cristalização, seriam os agentes responsáveis pelo transporte tanto de metais de base quanto de sulfetos, com a sua migração para um determinado horizonte levando à redistribuição de uma série de elementos químicos. Nos kaersutita-óxido-apatita clinopiroxenitos do maciço, a presença de fase microgranulares de sulfetos disseminados nos cristais poiquilíticos de anfibólio e biotita parecem endossar essa interpretação.

Assim, esse processo deve ter ocorrido em várias regiões do maciço. Por exemplo, rochas ultramáficas cumuláticas (olivina-kaersutita clinopiroxenitos a biotita-kaersutita clinopiroxenitos com olivina) com alta concentração de anfibólio e biotita (anfibólio e biotita <20% modal) estão presentes na porção norte-nordeste do pulso principal. Embora elas não exibam características petrográficas e geoquímicas tão discrepantes quanto os karsutita-óxido-apatita clinopiroxenitos elas apresentam também concentração mais elevada em sulfetos associados às fases máficas hidratadas, indicando, assim, uma correlação entre a abundância destas últimas com os sulfetos.

A composição química dos minerais dos kaersutita-óxido-apatita clinopiroxenitos dentro do campo composicional obtido para as fases intersticiais das demais fácies do pulso principal é interpretada como uma evidência indicativa de que os clinopiroxenitos fazem parte do contexto geral associado ao magmatismo do maciço, o que dificultaria a aceitação de uma idéia relacionada com processos de alteração hidrotermal.

Dessa forma, entende-se que a formação dos kaersutita-óxido-clinopiroxenitos do maciço esteja ligada a fluidos tardi-magmáticos, ricos em voláteis, que teriam reagido com os cumulos de composição clinopiroxenítica cristalizados previamente.

AGRADECIMENTOS

Estes são devidos à Fapesp pelo auxílio financeiro (Procs. 03/00626-5 e 01/10714-3).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dymek R.F. & Owens B.E. 2001. Petrogenesis of apatite-rich rocks (nelsonites and oxide-apatite gabbro-norites) associated with massif anorthosites. *Economic Geology*, **96**:797–815.
- Leake B. E. 1997. Nomenclature of amphiboles, Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Minerals Names. *Eur. J. Mineral.*, **9**: 623-651.
- McDonough W. F. & Sun S. 1995. The composition of the Earth. *Chemical Geology*, **120**: 223-253.
- Meurer W.P., Willmore C.C. & Boudreau A.E. 1999. Metal redistribution during fluid exsolution and migration in the middle banded series of the Stillwater Complex, Montana. *Lithos*, **47**:143-156.
- Riccomini C., Velázquez V.F. & Gomes C.B. 2005. Tectonic controls of the Mesozoic and Cenozoic alkaline magmatism in the central-southeastern Brazilian Platform. In: P. Comin-Chiaramonti & C.B. Gomes (eds.) *Mesozoic to Cenozoic alkaline magmatism in the Brazilian Platform*. São Paulo, Edusp/Fapesp, pp. 31-56.

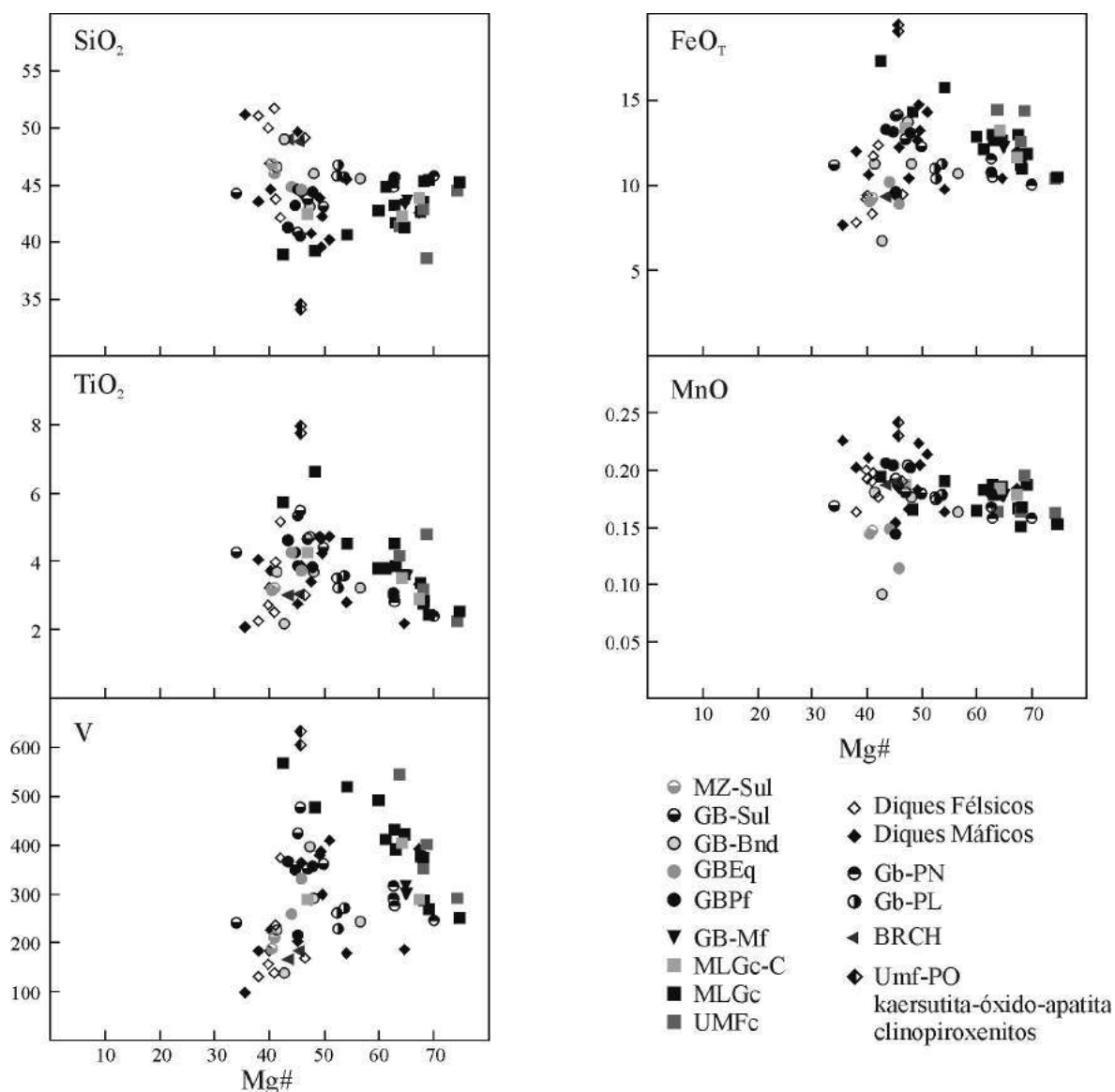


Figura 1. Diagramas Mg# {MgO*100/(MgO+FeO_T)} vs. elementos maiores, menores (% em peso) e traços (ppm) para as rochas do maciço Ponte Nova e diques associados.

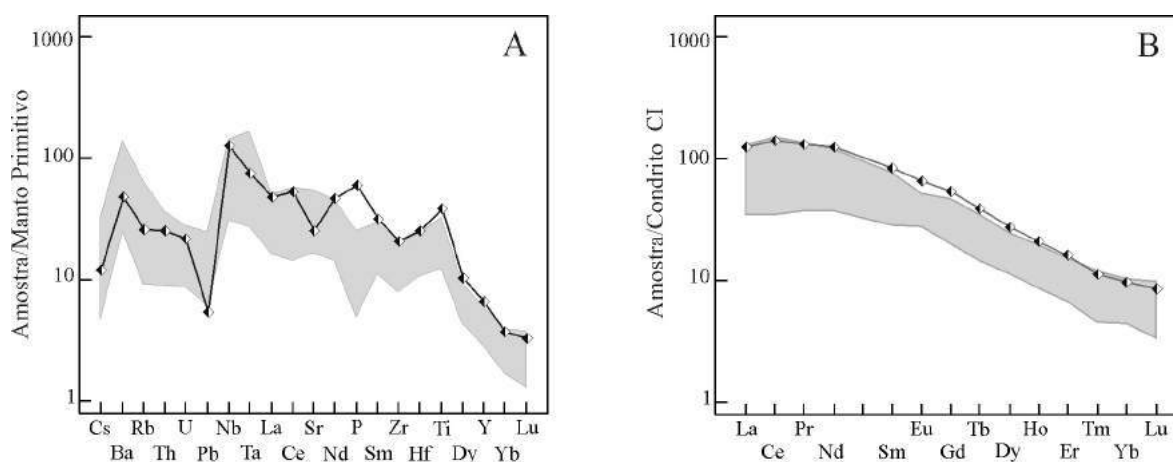


Figura 2. Diagrama multi-elementar para elementos traços dos kaersutita-óxido-apatita clinopiroxenitos do maciço Ponte Nova. A) Elementos normalizados segundo o manto pirolítico (Silicate Earth) de McDonough & Sun (1995). B) Elementos normalizados segundo o condrito CI de McDonough & Sun (1995). Para fins de comparação, o campo das rochas melagabrics cumuláticas (MLGc) é mostrado.