

ASSOCIAÇÕES MINERALÓGICAS DAS ROCHAS DO COMPLEXO ALCALINO PONTA DO MORRO - MT

M.Z.A. SOUSA¹ & E. RUBERTI²

1. jgoulart@nufecnet.com.br - Depto. de Recursos Minerais, ICET-UFMT

2. Depto. de Mineralogia e Petrologia, IG-USP

O Complexo Ponta do Morro é constituído por uma típica associação de granitóides alcalinos, anorogênicos, do tipo A, que configura elevações em forma de meia lua, ressaltadas na Planície do Pantanal Mato-grossense, localizadas no Distrito de Mimoso, Estado de Mato Grosso. Dispõe-se em uma área de 7 Km², em afloramentos não contínuos, apresentando em suas bordas ocidental e oriental, respectivamente, enclaves microgranulares e diques de composição traquítica e riolítica. Seus litotipos classificam-se, de acordo com o diagrama QAP, como álcali-feldspato granito, quartzo álcali-feldspato sienito, álcali-feldspato sienito, quartzo sienito e sienito (Sousa & Ruberti, 1996).

Os termos mais ácidos, ricos em quartzo, possuem predominantemente textura gráfica e granofírica e representam as rochas mais abundantes do complexo, correspondendo às composições peraluminosas (biotita-granito) até peralcalinas (egirina-riebeckita granito), passando por termos metaluminosos (ferro-barroisita granito). Os sienitos, no entanto, exibem uma intensa variação textural e mineralógica, indo de termos menos diferenciados, sem quartzo (microsienito, mela-sienito, sienito médio, sienito fluidal), correspondendo às composições metaluminosas, cujos máficos estão representados por anfibólios e piroxênios cálcicos e hortonolita; até aqueles considerados como mais evoluídos (fayalita sienito, sienito grosso, arfvedsonita sienito, riebeckita sienito) de composições peralcalinas, que se caracterizam por possuir uma ampla diversidade de anfibólios e piroxênios alcalinos, enigmatita e fayalita (Sousa & Ruberti, 1997).

Os feldspatos estão presentes em todas as variedades litológicas estudadas, constituindo a fase mineral mais importante do ponto de vista quantitativo, sendo representados predominantemente por feldspatos alcalinos, mas também por plagioclásios (labradorita - bytownita) em alguns sienitos considerados como menos diferenciados. De acordo com os feldspatos alcalinos, as rochas deste complexo podem ser classificadas como granitóides *hypersolvus* e *subsolvus*. Os primeiros caracterizados por uma única variedade de feldspato alcalino (pertitas a mesopertitas); e os segundos por duas variedades, correspondentes a um feldspato potássico pertítico e à albita ou oligoclásio (Sousa, 1997).

Os anfibólios são os constituintes máficos mais comuns das rochas do Complexo Alcalino Ponta do Morro, sendo encontrados em todos os litotipos, tanto como fase primária, como de cristalização tardia. Ocorrem como microfenocristais isolados ou participando das texturas glomeroporfíricas; também como grãos e ripas das mesóstases; e comumente substituindo parcial ou totalmente os clinopiroxênios.

Apresentam uma extensa variação composicional, reconhecendo-se com a diferenciação, uma

sucessão de termos cálcicos (actinolita, ferro-actinolita, ferro-hornblenda, magnésio-hornblenda, tschermakita-hornblenda e tschermakita), sódicos-cálcicos (ferro-winchita, ferro-barroisita e barroisita) até sódicos (arfvedsonita e riebeckita).

A variação composicional dos anfibólios foi estudada no diagrama Mg-Ca-Fe' (Fe' = Fe²⁺ + Fe³⁺ + Mn) percebendo-se um *trend* com pronunciado aumento de Fe' para uma razão Ca/Mg praticamente constante e no diagrama Al^{IV}+Ca versus Si+Na+K expressos, respectivamente como TAL+CCA+BCa e TSi + BNa + ANa + AK (Figura A), onde os anfibólios seguem um *trend* similar aos das rochas alcalinas saturadas em SiO₂ (Giret *et al.*, 1980; Conceição *et al.*, 1991), com um esquema principal de substituição de Ca+Al^{IV} por Si+Na.

Do estudo petrográfico e químico, ficaram definidos portanto, dois grupos de anfibólios: um constituído por termos ricos em (Ca+Al^{IV}) e pobres em (Si+Na+K) cristalizados num estágio magmático precoce, comumente mais cedo do que o plagioclásio; e um segundo grupo de anfibólios pobres em (Ca+Al^{IV}) e ricos em (Si+Na+K), tais como arfvedsonita e riebeckita, desenvolvidos tardiamente, frequentemente depois do álcali-feldspato, algumas vezes depois do quartzo, num estágio magmático tardio ou possivelmente hidrotermal. Estudos experimentais, a 1 kb de pressão, indicam para a solução sólida arfvedsonita-riebeckita, cristalização sob baixas fugacidades de oxigênio e temperaturas de 695°C, no tampão IW (ferro-wustita) (Ernest, 1962 *in*: O'Halloran, 1985). Conclui-se que o papel do anfibólio no processo da diferenciação foi fundamental, com o fracionamento precoce de anfibólios ricos em Ca e pobres em Si induzindo ao aumento de Si no magma, contribuindo para produção de líquidos diferenciados ricos em sílica, como aqueles de composição granítica.

Os piroxênios constituem a segunda fase máfica mais importante das rochas estudadas, ocorrendo como fenocristais, microfenocristais, grãos ou ripas das mesóstases, associados aos anfibólios e como pequenos cristais inclusos em feldspatos pertíticos. Os seus produtos de alteração são os anfibólios, biotita e opacos, encontrando-se comumente uralitizados nas bordas. Os fenocristais de composição mais cálcica (salita) encontram-se, às vezes, totalmente substituídos por actinolita disposta de maneira fibro-radial e opacos; os de composição mais sódica (egirina) se apresentam alterados para agregados de riebeckita de hábito fibroso.

Esses minerais são encontrados na maioria dos litotipos estudados, exibindo uma extensa variação composicional, indo de termos essencialmente cálcicos até sódicos, passando por termos cálcico-sódicos. Nas rochas mais primitivas, eles possuem composição mais cálcica, correspondentes às salitas, ferrosalitas e augitas; ser-



piroxênios mais precoces, cristalizados contemporaneamente ou depois da fayalita, antes dos plagioclásios e das mesoperititas, sob condições de baixa atividade de sílica. Os piroxênios cálcico-sódicos se cristalizaram depois dos cálcicos, contemporaneamente aos anfibólios sódico-cálcicos; enquanto que, o piroxênio sódico (egirina), que caracteriza os litotipos mais diferenciados, é tardio e se cristaliza junto com quartzo e anfibólios sódicos, evidenciando a composição alcalina do líquido residual.

A evolução composicional dos piroxênios pode ser ilustrada no diagrama triangular Na-Mg-Fe* [$Fe^* = Fe^{2+} + Mn + (Fe^{3+} - Na)$] da Figura B, onde observa-se um *trend* caracterizado por um acentuado empobrecimento em Mg à medida em que crescem os teores de (Fe+Mn) até ocorrer um pequeno hiato composicional, quando sofre uma pronunciada inflexão para a esquerda, aumentando consideravelmente os conteúdos de Na para valores muito baixos de Mg. Ressalte-se que os piroxênios das rochas mais primitivas, localizados no campo ferro-magnésiano, apresentam teores de Na praticamente desprezíveis. Segundo Bonin & Ciret (1985) esse esquema de substituição MgPFe é típico de rochas alcalinas metaluminosas saturadas em sílica.

Zonações composicionais são comuns em alguns fenocristais e quando detectadas, correspondem sempre a uma diminuição de Ca associada a um aumento de Fe e Na do núcleo para as bordas. Nas salitas, augitas e ferrosalitas é mais comum o incremento de Fe, enquanto que nos piroxênios da série egirina-augita corresponde ao Na. Dois tipos de substituição podem ser detectados: de $MgPFe^{2+}$ e de $CaFe^{2+}PNaFe^{3+}$, que sugerem o esquema de substituição $Ca(Mg+Fe^{2+})PNa+Fe^{3+}$ das rochas mais primitivas para as mais evoluídas.

As olivinas ocorrem em três litotipos do Complexo Alcalino Ponta do Morro, no fayalita sienito, no microssienito porfirítico e no mela-sienito, constituindo uma fase mineral importante, em proporções modais (5,1%) apenas no primeiro. Apresentam-se, geralmente, em grãos anédricos arredondados a subarredondados, bem desenvolvidos (0,5 até 2 mm), que mostram alteração variável para serpentina, no microssienito, ou para magnetita associada a produtos criptocristalinos amarelo-alaranjados, provavelmente iddingsita, no fayalita sienito. Os cristais encontram-se, em maior ou menor grau, pseudomorfizados pelos referidos materiais de alteração, podendo estar contornados por anfibólios.

O diagrama bivalente que utiliza as razões $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$ e $Mg/(Fe^{2+}+Mg)$ classifica as olivinas do litotipo mais evoluído portador de quartzo modal, como fayalita (Fa_{96-97}); dos mela-sienito como ferrohortonolita (Fa_{72}); enquanto que no microssienito porfirítico (termo considerado como primitivo, sem quartzo livre) elas se encontram num intervalo composicional mais amplo, variando de ferrohortonolita (Fa_{81-82}) até hortonolita (Fa_{54-61}).

A enigmatita foi detectada apenas no fayalita sienito, ocorrendo associada aos cristais de anfibólio, exibindo ao microscópio, coloração extremamente escura indo do marrom-escuro avermelhado até preto avermelhado, podendo, às vezes, ser confundida com minerais opacos. O estudo dos cristais de enigmatita revela que não existe uma variação química

muito importante entre eles ou entre núcleo e borda; constatando-se, no entanto, pequenas diminuições dos teores de FeO e TiO_2 nas periferias.

As micas estão presentes em quase todos os litotipos do Complexo Alcalino Ponta do Morro, constituindo, na maioria deles, uma fase quantitativamente subordinada, sendo modalmente importante em algumas amostras de granito peraluminoso e no microgranito porfirítico onde representa a única fase máfica, que ocorre em agregados de finos cristais lamelares intersticiais. Na maioria dos litotipos, ocorrem como produto de reação deutérica com piroxênios e anfibólios; no entanto, são também comuns como minerais intersticiais na matriz podendo, às vezes, apresentar-se como microfenocristais ou em intercrescimento simplectítico com opacos e anfibólios, estando sempre caracterizadas por pleocroísmo típico em tons marrom-escuro a castanho-amarelado.

Apresentam proporções catiônicas Mg:Fe inferiores a 2, correspondendo quimicamente à biotita. O estudo do seu quimismo evidencia uma tendência de empobrecimento em Al, com a diferenciação. Algumas biotitas, comumente de litotipos mais primitivos (microssienito, mela-sienito, enclave félsico e granito), possuem teores de Ti superiores a 0,5 *afu* o que permite caracterizá-las como Ti-biotitas, segundo nomenclatura proposta por Rock (1982), no entanto o conteúdo de Ti de muitas delas, é baixo ou quase nulo.

Os óxidos de Fe e Ti constituem uma fase mineral comum na maioria das rochas estudadas, estando representados por magnetitas e ilmenitas, que ocorrem em pequenos cristais das mesóstases ou como fenocristais; ainda como inclusões em feldspatos, piroxênio, anfibólio, olivina e biotita; ou como produto de reação de máficos, estando geralmente associados aos fenômenos de pseudomorfismo dos piroxênios e das olivinas. As magnetitas se distribuem no diagrama $FeO-Fe_2O_3-TiO_2$, adaptado por Haggerty (1976), em um *trend* paralelo a $Fe_3O_4 - Fe_2TiO_4$ (série magnetita - ulvoespínélio), enquanto que as ilmenitas se concentram próximas ao polo da pseudobroquita. As locações desses pontos nesse diagrama indicam para os óxidos da série ulvoespínélio-magnetita temperaturas de cristalização entre 500 e 600°C, com baixas fugacidades de oxigênio; e para as ilmenitas, temperaturas e fugacidade de oxigênio mais altas.

A paragénesis encontrada no estudo das rochas do Complexo Alcalino Ponta do Morro sugere que as mesmas iniciaram sua cristalização por volta de 900-800°C, sob baixa atividade de SiO_2 , com fO_2 entre os tampões QFM e MW, isto é, sob condições redutoras, como também evidenciado pelo baixo valor de $mg\#$ dos minerais ferromagnesianos primários. A cristalização de arfvedsonita-riebeckita, egirina e astrofilita pode ter ocorrido a 695°C; enquanto que, a associação mineralógica tardia (ferro-actinolita, biotita, magnetita) deve ter sido desenvolvida abaixo de 550°C, sob condições de também baixa fO_2 .

O mais provável esquema de cristalização dessas rochas, envolve a formação precoce de piroxênios e anfibólios cálcicos + enigmatita + fayalita + plagioclásio, seguida pela cristalização de piroxênios e anfibólios cálcico-sódicos e uma posterior solidificação de feldspatos alcalinos + quartzo +

anfibólios e piroxênios sódicos + astrofilita (possivelmente) + biotita. Com uma assembléia de cristaliza-

ção tardia constituída principalmente por ferro-actinolita, óxidos, quartzo e sericita.

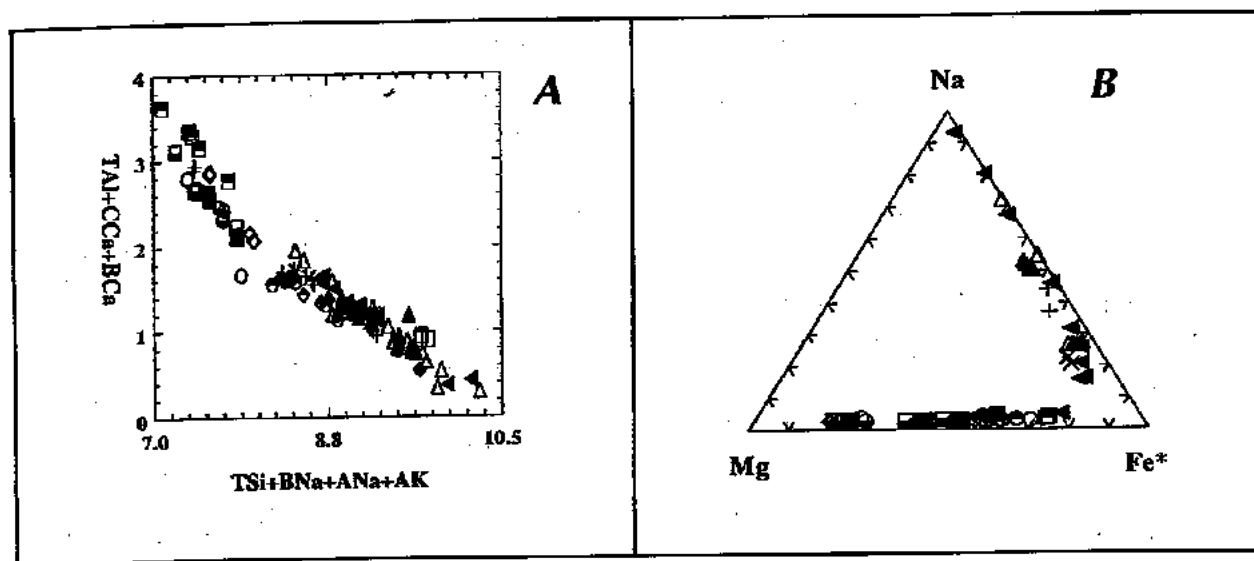


Figura A: Evolução composicional dos anfibólios das rochas do Complexo Alcalino Ponta do Morro no diagrama $Al^{IV}+Ca$ versus $Si+Na+K$ expressos, respectivamente como $TAl+CCa+BCa$ e $TSi+BNa+ANa+AK$.

Figura B: Evolução composicional dos piroxênios das rochas do Complexo Alcalino Ponta do Morro no diagrama $Na-Mg-Fe^*$ [onde $Fe^*=Fe^{2+}+Mn+(Fe^{3+}-Na)$].

Símbolos: enclave microgranular máfico, quadrados semi-cheios (metade superior cheia); enclave microgranular félsico, quadrados semi-cheios (metade inferior cheia); microssienito, círculos vazios e losangos vazios; mela-sienito, quadrados cheios; sienito fluidal, círculos semi-cheios (metade inferior cheia); sienito médio, círculos semi-cheios (metade superior cheia); sienito médio amarelo-esverdeado, losangos semi-cheios; arfvedsonita sienito, triângulos vazios; riebeckita sienito, triângulos cheios; sienito grosso, quadrados vazios; fayalita sienito, triângulos cheios deitados; traquito, losangos cheios; granito, cruces; microgranito, "x".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONIN, B. & GIRET, A. (1985) Clinopyroxene compositional trends in oversaturated and undersaturated alkaline ring complexes. *J. Afr. Earth Sci.*, **3**(1/2): 175-183.
- CONCEIÇÃO, H.; SABATÉ, P. & BONIN, B. (1991) The Itiúba alkaline syenite massif, Bahia State (Brazil): mineralogical, geochemical and petrological constraints - relation to the genesis of rapakivi magmatism. *Prec. Research*, **51**: 283-314.
- GIRET, A.; BONIN, B. & LEGER, J.M. (1980) Amphibole compositional trends in oversaturated and undersaturated alkaline plutonic ring-complexes. *Can. Mineral.*, **18**: 481-495.
- HAGGERTY, S.E. (1976) Opaque mineral oxides in terrestrial igneous rocks. In: D. Rumble, III ed. *Oxide minerals reviews in mineralogy*, **3**: 101-300.
- O'HALLORAN, D.A. (1985) Ras ed Dom migrating ring

complex: A-type granites and syenites from the Bayuda Desert, Sudan. *J. Afr. Earth Sci.*, **3**: 61-75.

ROCK, N.M.S. (1982) Chemical mineralogy of the Monchique alkaline complex, southern Portugal. *Contr. Mineral. Petrol.*, **81**: 64-78.

SOUZA, M. Z. A. & RUBERTI, E. (1996) Caracterização Petrográfica e Geocronológica do Complexo Intrusivas Ponta do Morro - MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador, 1996. Anais... Salvador, SBG, **2**: 80-82.

SOUZA, M.Z.A. (1997) Petrologia e Geoquímica do Complexo Alcalino Ponta do Morro - MT. São Paulo. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 168 p.

SOUZA, M.Z.A. & RUBERTI, E. (1997) Complexo Ponta do Morro: Um exemplo de associação alcalina Supersaturada - MT. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 6, Cuiabá, 1997. Anais... Cuiabá, SBG, p. 18-20.