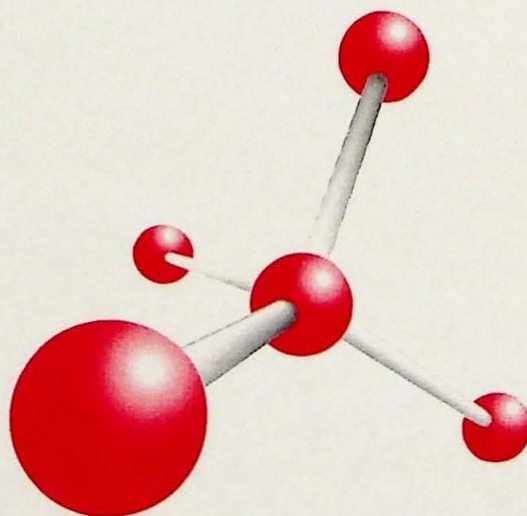


UNIVERSIDADE DO PORTO - FACULDADE DE CIÊNCIAS  
MUSEU E LABORATÓRIO MINERALÓGICO E GEOLÓGICO

MEMÓRIAS N.º 3

IX SEMANA DE GEOQUÍMICA  
E  
II CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES  
DE LÍNGUA PORTUGUESA  
PORTO, 14 - 20 DE NOVEMBRO DE 1993

FERNANDO NORONHA, M. MARQUES, P. NOGUEIRA, Editores



PORTO - 1993



## O COMPLEXO VULCÂNICO DO MONTE BAMBOUTO (LINHA DOS CAMARÕES): ASPECTOS PETROLÓGICOS E GEOQUÍMICOS

Bellieni, G. (1); Marzoli, A. (2); Melfi, A. J. (3); Montes-Lauar, C. R. (4); Nyobe, J. B. (5); Pacca, I. G. (3); Petrini, R. (2); Piccirillo, E. M. (2)

(1) Dep. di Miner. e Petrog., Univ. di Padova, Italia.

(2) Inst. di Miner. e Petrog., Univ. di Trieste, Italia.

(3) Dep. de Geof. e Núcleo de Pesquisa em Geol. e Geof. da Litosfera, Univ. de São Paulo, São Paulo, Brasil.

(4) Dep. de Geof. e Núcleo de Pesquisa em Geol. e Geof. da Litosfera e ORSTOM, Univ. de São Paulo, São Paulo, Brasil.

(5) Centre de Rech. Géol. et Minière, Garoua, Rep. Camarões.

### RESUMO

O Complexo Vulcânico do Bambouto foi estudado petrológica e geoquimicamente. A atividade vulcânica é do tipo bimodal básico-ácido. Os termos básicos comportam três séries distintas: basanita-tefrito, basalto alcalino-hawaíto-mugearito, basalto transicional-latibasalto-latandesito. Os termos ácidos apresentam traquitos e riolitos associados a ignimbritos. Dados geoquímicos sugerem que as lavas ácidas não poderiam ser derivadas dos magmas básicos por processos de cristalização simples ou fracionada. Entretanto, processos de cristalização fracionada poderiam justificar as variações de composição encontradas em cada uma das séries básicas. Dados preliminares de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , indicam que os magmas básicos seriam derivados de fontes radiogenicamente empobrecidas e heterogeneas, porém, processos de contaminação crustal não podem ser excluídos.

### INTRODUÇÃO

A linha magmática dos Camarões é caracterizada por intrusões de idade Paleocênica-Oligocênica (66-30 Ma; Cantagrel, 1978; Lassere, 1978; Jacquemin et al., 1982; Fitton, 1987) e por manifestações vulcânicas, cujas as idades variam de 36 Ma até o presente (Fitton & Dunlop, 1985). A atividade vulcânica mais antiga é Eocênica (51-46 Ma; Okeke, 1980; Dunlop, 1983) e representada por ignimbritos traquítico-riolíticos. A atividade magmática teve, no tempo, manifestações do tipo recorrente ao longo de toda extensão da Linha dos Camarões (ao redor de 1600 km) a qual inclui condições oceânicas (Príncipe, São Tomé, Pagalu) e continentais (por exemplo Mont Cameroun, Bambouto, Ngaoundere). Desta forma, a Linha dos Camarões não pode ser considerada evidência de magmatismo associado a um sistema clássico "mantle plume-hot spot" como foi sugerido por Fitton (1987).

Os estudos, até agora realizados (Fitton & Hughes, 1977; Dunlop & Fitton, 1979; Fitton, 1980, 1983, 1987; Fitton et al., 1982; Fitton & Dunlop, 1985; Liotard et al., 1982; Jacquemin et al., 1982; Parsons et al., 1986) têm levado em consideração somente os aspectos magmáticos e geodinâmicos gerais. O presente trabalho, parte de um amplo projeto multidisciplinar (geoquímica, paleomagnetismo, geocrologia, etc.), visa o estudo detalhado dos principais complexos da Linha Vulcânica dos Camarões. Esta primeira contribuição refere-se ao Complexo Vulcânico do Bambouto e analisa os aspectos petrológicos e geoquímicos.



## CONTEXTO GEOLÓGICO

A área estudada (fig. 1) localiza-se na parte continental sudoeste da Linha dos Camarões. É caracterizada por horsts e grabens delimitados por falhas com direção NE-SW (Gèze, 1953; Deruelle et al., 1982). Esta área sofreu um rápido soerguimento tectônico e colapso de cratera (Complexo do Bambouto) com formação sucessiva de duas depressões caldéricas (Thorpe & Smith, 1974; Burke & Whiteman, 1973; Nni et al., 1986; Nyobe, 1987).

A atividade vulcânica do **Complexo do Bambouto** é caracterizada de maneira geral, por: **a)** atividade pré-caldérica com emissão de ignimbritos e fluxos de lavas ácido-básico; **b)** atividade sin-post caldérica caracterizada por manifestações do tipo estromboliano e freático-magmático e pela colocação de "plugs" traquítico-fonolíticos.

A sucessão vulcânica na área estudada é constituída por ignimbritos riolíticos sobrepostos ao embasamento granítico, seguidos por fluxos de lavas, predominantemente, traquíticas e por basaltos do tipo estratóide; diques básicos cortam os derrames ácidos.

Idades K-Ar, efetuadas em rocha total (Fitton & Dunlop, 1985), indicam que a atividade pré-caldérica, mais antiga, é representada pelos produtos ácidos (23-15Ma), enquanto que a mais recente é constituída por basaltos estratóides (14-13Ma).

## PETROGRAFIA E MINERALOGIA

As rochas analisadas compreendem lavas, ignimbritos e raros diques. Globalmente, observa-se um nítido padrão bimodal básico-ácido. Nos **termos básicos** foram identificados três séries distintas: 1) série basanita-tefrito (**série Bs-Tf**), fortemente alcalina, com nefelina normativa maior que 6% ( $Ne=6-14\%$ ); 2) série basalto alcalino-hawaiito-mugearito (**série BA-Mug**), moderadamente alcalina (nefelina normativa menor que 6%) a hiperstênio normativo ( $Ol/Hy$  menor que 3,26); 3) série basalto-transicional-latibasalto-latíandesito (**série BT-La**) que compreendem rochas com hiperstênio e quartzo normativo ( $Ol/Hy=0,49-2,99$  e  $Q=3,18-11,27\%$ ). Observa-se que os termos de composição intermediária são, praticamente, ausentes.

A textura desses termos básicos é geralmente microporfirítica. Os fenocristais presentes são de olivinas, clinopiroxênios e raros plagioclásicos, os quais são ausentes na série basanita-tefrito. A olivina ( $Fo=66-86\%$ ) pode permanecer quimicamente em equilíbrio com a rocha total, assumindo, um  $Kd$  da ordem de 0,30 (Roeder & Emslie, 1970). Os clinopiroxênios foram originados em condições de baixa pressão sendo enriquecidos em  $Al(IV)$  e ions trivalentes. Os plagioclásios, raros como fenocristais, variam em composição desde labradorita a oligoclásio. Na matriz encontram-se, além dos fenocristais mencionados, magnetita e apatita como acessório.

Os **termos ácidos** são predominantemente lavas, com ignimbritos subordinados. Estão presentes traquitos e riolitos, por vezes peralcalinos. As amostras peralcalinas são, predominantemente, traquitos comendíticos e comenditos, segundo classificação de Macdonald (1974).

As lavas ácidas apresentam textura porfirítica. O feldspato alcalino é, em geral, o fenocristal predominante e mostra um conteúdo de Or entre 30 e 40%. Fenocristais de plagioclásio (An menor que 30%) e clinopiroxênio são mais raros. Este último apresenta composição desde Fe-augítica a Fe-hedbergítica, assumindo a característica química própria de clinopiroxênios pertencentes a séries com baixa fugacidade de oxigênio. Na matriz, além dos minerais acima citados, encontram-se clinopiroxênio com forte componente acmítica ( $Ac$  máxima=83%). Salienta-se a presença de Fe-olivina ( $Fa$  máxima=87%) nos traquitos com conteúdo de  $SiO_2$  inferior a 62% (tipo Fongo Tongo).



## ASPECTOS GEOQUÍMICOS

Observando-se o comportamento dos elementos maiores e traços em função do Zr e do número de magnésio ( $mg = Mg/Mg+Fe$ ;  $Fe^3+Fe^{2+} = 0,18$ ), verifica-se, em geral, que as variações de mg são contínuas, exceto no pequeno intervalo entre 0,24 e 0,19. Neste intervalo, que corresponde a passagem básico-ácido, estão associadas importantes variações nas concentrações de muitos elementos, como por exemplo:  $SiO_2 = 57-62\%$ ,  $K_2O = 2,5-4,5\%$ ,  $P_2O_5 = 0,90-0,10\%$ . Alguns elementos incompatíveis mostram aumentos de teores contínuos e regulares para valores de mg compreendidos entre 0,66 e 0,24, isto é, para os termos básicos. Os termos com mg inferiores a 0,19 (traquitos e riolitos) têm, ao contrário, concentrações muito variáveis de elementos incompatíveis em relação aos valores de mg e não parecem consistentes com uma origem derivada dos termos básicos, através de um processo de cristalização simples. O La, por exemplo, varia de cerca de 80ppm para as rochas básicas a valores entre 80 e 400ppm para as ácidas; da mesma forma, o Zr varia de 400ppm para as rochas básicas a valores entre 400 e 2000ppm para as rochas ácidas. O mesmo comportamento é observado para Rb, Nb, Ce, Nd e Y. Com relação ao comportamento dos elementos em função do Zr, verifica-se que as rochas ácidas apresentam valores de elementos incompatíveis geralmente diferentes das rochas básicas (Zr/Nb: ácido=5,3-14,2 e básico=1,4-5,3; Zr/Y: ácido=9,4-27,8 e básico=3,3-9,4).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O balanço de massa (elementos maiores) e o cálculo dos elementos traços mostram que os produtos ácidos não são compatíveis com um processo de cristalização fracionada a partir dos produtos básicos associados.

Para os termos básicos, o padrão de distribuição dos elementos incompatíveis em relação as amostras pouco evoluídas ( $mg = 0,61-0,58$ ) das três séries (i.e. basanita, basalto alcalino, basalto transicional) são similares. Em geral, todas as rochas básicas mostram anomalia positiva de Ba e de Nb. Anomalia positiva de Sr e uma menos pronunciada de P são encontradas em cerca de 30% das rochas básicas, enquanto uma anomalia negativa de Zr é observada somente no basanita. Salienta-se que a anomalia positiva de Sr foi obtida em amostras africanas. Os elementos terras raras são mais fracionados nos basanitos ( $(La/Lu)_n$  valor médio=18,9) que nos basaltos transicionais ( $(La/Lu)_n$  valor médio=15,8) e basaltos alcalinos ( $(La/Lu)_n$  valor médio=14,8). Uma leve anomalia positiva de Eu é observada ( $Eu/Eu^*$  valor máximo=1,15; valor médio=1,06), sendo mais evidente na série basanita-tefrito. Os dados obtidos mostram que processos de cristalização fracionada podem justificar a variação de composição dentro de uma mesma série. É importante, entretanto, salientar que os magmas parentais das três séries não podem ter sido originados por um processo de fusão em equilíbrio de uma mesma fonte peridotítica. Balanços de massa indicam graus de fusão variáveis, a partir de um granada peridotito, para gerar os magmas basaníticos (cerca de 2,2%) e basálticos (cerca de 4%). Com base nos graus de fusão calculados têm-se que o material fonte dos magmas basaníticos e basálticos deveria ser quimicamente heterogeneo.

Análises isotópicas preliminares de  $^{87}Sr/^{86}Sr$  (rocha total) sobre amostras básicas, indicam que os magmas são geralmente derivados de uma fonte radiogênica empobrecida e heterogenea ( $^{87}Sr/^{86}Sr = 0,7032-0,7034$ ). Valores mais elevado dos isótopos de Sr (0,7051) são encontrados somente nas amostras evoluídas ( $mg = 0,28$ ), desta forma, não podem ser excluídos processos de contaminação crustal.



## BIBLIOGRAPHIA

- BURKE, K. & WHITEMAN, A.J., 1973. Uplift, rifting and break-up of Africa. In: Tarling & Runcorn (eds.), *Implications of continental drift to the Earth Sciences*, 2: 735-755.
- CANTAGREL, J.M.; JAMOND, C.; LASSERRE, M., 1978. Le magmatisme alcalin de la Ligne du Cameroun au Tertiaire Inférieur: données géochronologiques K-Ar. *C.R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 6: 300-303.
- DEPARTMENT OF MINES AND GEOLOGY, 1979. Geological map of the United Republic of Cameroon.
- DERUELLE, B.; MOREAU, C.; NKONGUIN, N.E., 1982. La dernière éruption du Mont Cameroun, 1982 dans son contexte structural. *Rev. Géog. Cameroun, univ. Yaoundé*, 4: 39-46.
- DULONP, H.M. & FITTON, J.G., 1979. A K-Ar and Sr-isotopic study of the volcanic island of Principe, West Africa - evidence for mantle heterogeneity beneath the Gulf of Guinea. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 71: 125-131.
- DULONP, H.M., 1983. Strontium isotope geochemistry and potassium-argon studies on volcanic rocks from the Cameroon line, West Africa. Ph.D. Thesis, University of Edinburg (unpublished).
- FITTON, J.G. & HUGHES, D.J., 1977. Petrochemistry of the volcanic rocks of the island of Principe, Gulf of Guinea. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 64: 257-272.
- FITTON, J.G., 1980. The Benue trough and Cameroon line- a migrating rift system in West Africa. *Earth Planet. Sc. Lett.*, 51: 132-138.
- FITTON, J.G., 1983. Active versus passive rifting: evidence from the West African rift system. *Tectonophysics*, 94: 473-481.
- FITTON, J.G.; KILBURN, C.R.J.; THIRLWALL, M.F.; HUGHES, D.J., 1983. 1982 eruption of Mt. Cameroon, West Africa. *Nature, Lond.*; 306: 327-332.
- FITTON, J.G. & DUNLOP, H.M., 1985. The Cameroon line, West Africa, and its bearing on the origin of oceanic and continental alkali basalt. *Earth Planet. Sc. Lett.*, 72: 23-38.
- FITTON, J.G., 1987. The Cameroon line, West Africa: A comparison between oceanic and continental alkaline volcanism. In: J.G. Fitton & B.G.J. Upton (eds.), *Alkaline igneous rocks. Geological Society Special Publication*, 30, p. 273-291.
- GÈZE, B., 1953. Les volcans du Cameroun. *Bull. Volc.*, 2: 63-92.
- LASSERRE, M., 1978. Mise au point sur les granitoïdes dits "ultimes" du Cameroun: gisement, pétrographie et géochronologie. *Bull. BRGM 2 è série, section IV*, 2: 143-159.
- JACQUEMIN, H.; SHEPPARD, S.M.F.; VIDAL, P., 1982. Isotopic geochemistry (O, Sr, Pb) of the Gola Zuelva and Mboutou anarogenic complexes, North Cameroon: mantle origin with evidence for contamination. *Earth Planet. Sc. Lett.*, 61: 97-111.
- LIOTARD, J.M.; DUPUY, C.; DOSTAL, J.; CORNEN, G., 1982. Geochemistry of volcanic island of Annobon, Gulf of Guinea. *Chem. Geol.*, 35, 115-128.
- MacDONALD, R., 1974. Nomenclature and petrochemistry of the peralkaline oversaturated extrusive rocks. *Bull. Volc.*, 38: 498-516.
- NNI, J., BROUSSE, R., BONIN, B., 1986. Migration de l'activité magmatique de la Ligne du Cameroun: réactivation de segments de failles anciennes du socle Panafricain. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 302: 453-456.
- NYOBE, J.B., 1987. A geological and geochemical study of the Fongo-Tongo related bauxite deposits - Western Highlands. Republic of Cameroon. Th. Ph.D. Lehigh Univ.



OKEKE, P.I., 1980. Petrology of igneous and metamorphic rocks in the area around Gwoza, northeast Nigeria. M. Phil. Thesis, University of Edinburgh (unpublished).

PARSONS, I.; BROWN, W.L.; JACQUEMIN, H., 1986. Mineral chemistry and crystallization conditions of the Mboutou layered gabbro -syenite-granite complex, north Cameroon. J. Petrol., 27: 1305-1330.

ROEDER, P.L. & EMSLIE, R.F., 1970. Olivine-liquid equilibrium. Contr. Mineral. Petrol., 29: 275-289.

THORPE, R.S. & SMITH, K., 1974. Distribution of Cenozoic volcanism in Africa. Earth Planet. Sc. Lett., 22: 91-95.

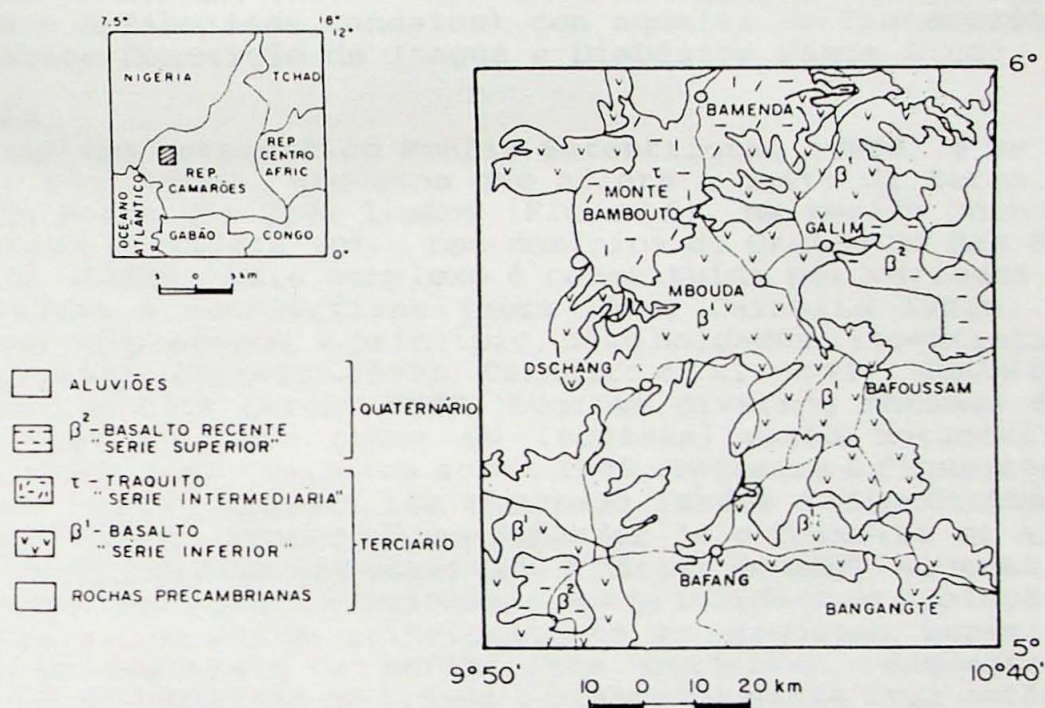


Fig. 1. Mapa geológico simplificado da área estudada - COMPLEXO VULCÂNICO DO BAMBOUTO. Fonte: Dep. of Mines and Geology (1979).