

CHARNOQUITOS EM MOÇAMBIQUE: SUGESTÃO PARA UMA DEFINIÇÃO DE BLOCOS COM BASE NA TECTÓNICA, GEOTERMOMETRIA E GEOBAROMETRIA

J. Renato Araújo *

RESUMO — Pretende-se, com dados de P e T calculados com base em análises químicas de minerais, conhecer as condições ambientais de formação dos charnoquitos félsicos. Conjugados os dados com informações estruturais emerge a possibilidade de caracterizar alguns blocos o que permitirá discutir a geologia de Moçambique na base da diferença dentro da uniformidade.

ABSTRACT — *Charnockites from Mozambique*. Based on geothermometry and geobarometry data for felsic charnockites V groups are described. These are the basis for suggesting some blocks in order to understand the geology of the territory.

Em Moçambique podem ser caracterizadas várias associações envolvendo charnoquitos félsicos os quais ocupam centenas de quilómetros quadrados dentro da mancha Précambrica (2/3 do território). Com base nas associações mineralógicas e em picos de metamorfismo característicos dos metassedimentos associados aos litotipos charnoquitos s. l. é possível inferir valores de P e T. Estes valores conjugados com dados estruturais servem de base para a definição de blocos, única base de entendimento da geologia do território (ver figura).

As associações são definidas e agrupadas em V grandes divisões que reflectem o ambiente de formação e relações com as rochas envolvidas:

I) Associadas a metassedimentos (pelitos, quartzitos e calcários) — Angónia e Milange: fácies granulítica com passagem a anfibólica; pelitos com silimanite e granada. *Mineralogia dos charnoquitos: ortop + clinop ± hornbl ± granada (projectão no campo monzosienítico).*

II) Associadas a anortositos, rochas básicas e metassedimentos — Tete: fácies anfibólica/granulítica. *Mineralogia: ortop ± clinop + hornbl ± granada (projectão no campo monzo/granodiorítico).*

III) Associadas a migmatitos e metassedimentos (pelitos, calcários e quartzitos) — Niassa, Zambézia: fácies

granulítica/anfibólica; pelitos com silimanite, granada e rara cordierite; presença constante de escapolite nos calcários. *Mineralogia: ortop ± clinop ± hornbl ± granada (projectão no campo sienítico a monzosienítico - mangerito).*

IV) Associadas a migmatitos, rochas básicas e metassedimentos — Tete, Barué, Zambézia: fácies anfibólica localmente granulítica. *Mineralogia: clinop ± ortop ± hornbl + granada (projectão no campo granodiorítico-opdalito).* Nesta divisão ocorre uma outra associação mineralógica em que a ortopiroxena está sempre presente e cuja projectão se situa no campo tonalítico-enderbitico

V) Associadas a gnaisses bandados, metassedimentos e raros migmatitos — Barué: fácies granulítica e anfibólica com os pelitos com granada, silimanite e distena. *Mineralogia: ortop ± hornbl (secundária) ± granada (projectão no campo granodiorítico).*

Informações detalhadas sobre ocorrência mineralógica, textura e composição química podem ser encontradas em vários documentos do Instituto Nacional de Geologia de Moçambique preparadas por diversas entidades nomeadamente pelo BRGM (1976, 1985) e Hunting (1984).

Publicações de Assunção (1942, 1954), P. Coelho (1942, 1948, 1952), Araújo (1966, 1972, 1977) e

* Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, 3800 AVEIRO

Afonso (1976, 1977) constituem a base dos dados utilizados.

Em anexo apresenta-se mais um conjunto de análises, ainda não publicadas, referentes a charnoquitos s. l. obtidos em diferentes laboratórios.

Geotermometria/Geobarometria

Os valores encontrados para P e T reflectem o material existente — análises químicas e lâminas — sendo passíveis de correcção com melhoria de qualidade e número de análises.

Utilizou-se a análise dos pares orto/clinopiroxena e piroxena/granada: recorreu-se à informação dada pelos metassedimentos designadamente pelo conjunto silimanite/distena + plagioclase + granada. Foram considerados problemas de bipartição Fe/Mg, da expressão de Ca como Wo nas clinopiroxenas. Os dados de interpretação não dão conta quantitativamente da interferência de CO₂ na génese dos charnoquitos.

As equações seguidas para cálculo encontram-se em Dahl (1980), Perkins (1981), Newton (1982), Saxena (1979 e 1983), Harley (1982 e 1984), Wood (1975), Lindsley (1983), Harris (1982) e Bohlen (1981). Os valores reflectem variações com base nos métodos utilizados. Procurou-se ter em consideração alguns parâmetros: os valores de T para granadas são afectados por erros que podem ser $\pm 30^\circ\text{C}$; maior Al nas piroxenas pressupõe valores de T mais elevados; o grau de arrefecimento do material pode ser grande (Saxena, 1983); actividade de H₂O é baixa (1 a 0,5 - Martignoll, 1979); o ângulo de «shear» é importante na transformação orto/clino (Turner, 1960); presença de coronas e presença de magnetite.

Os dados calculados são:

I— P: 6 a 7 Kb	II** P: 5 a 8 Kb
T: 650 a 750°C	T: 800 a 900°C
III— P: 5 a 7 Kb	IV— P: 9 a 10 Kb
T: 600 a 700°C	T: 650 a 800°C
V— P: 7 a 9 Kb	
T: $\pm 850^\circ\text{C}$	

Caracterização de blocos

O grupo V define um bloco com certa clareza. Os charnoquitos apresentam-se em domos de diâmetro não superior à dezena de Kms; metamorfismo retrógrado bem evidente relacionado com o metamorfismo Unkondo (fácies anfibólica) associado a granulitos básicos e a

piroxenitos. Ambiente bem sêco com piroxenas pouco ricas em Al. A génese destas rochas é entendida em acordo com os modelos de Martignole (1979).

A idade destas rochas oscila pelos 2600 MA.

O grupo II constitui um bloco na base da sua associação com anortositos e gabros. Intrusão de anortositos e gabros com fusão parcial de rochas granulíticas pode ser o modelo genético. Os maciços charnoquíticos são de certa expressão e as granadas ricas em Ca. A idade destes charnoquitos situa-se pelos 1050 MA.

O grupo III define-se pelo seu carácter mais alcalino, intercalação de charnoquitos com litotipos de fácies granulítica e anfibolítica com passagens laterais graduais. Intenso dobramento. Dobras de grande amplitude e zona de contacto cisalhada com extensão de dezenas de Kms e largura que pode atingir 5 a 6 Km. É um bloco alóctone cuja raiz se desconhece. A idade dos charnoquitos é cerca de 1000 MA. Temporalmente é possível ligar o grupo II ao grupo III.

O grupo IV traduz-se no aparecimento de afloramentos de grandes dimensões (diâmetro de dezenas de Kms) a par de pequenos afloramentos intercalados em litotipos de fácies anfibólica. Transição gradual. Intrusão controlada pela tectónica. Contacto com granulitos por zonas de cisalhamento pouco expressivas. Importância dos fluidos na génese. O modelo mais aceite aponta para uma origem infracrustal com cavalgamentos (upthrusting). Existem grandes dificuldades em caracterizar um bloco cujas idades são de 900 a 650 MA.

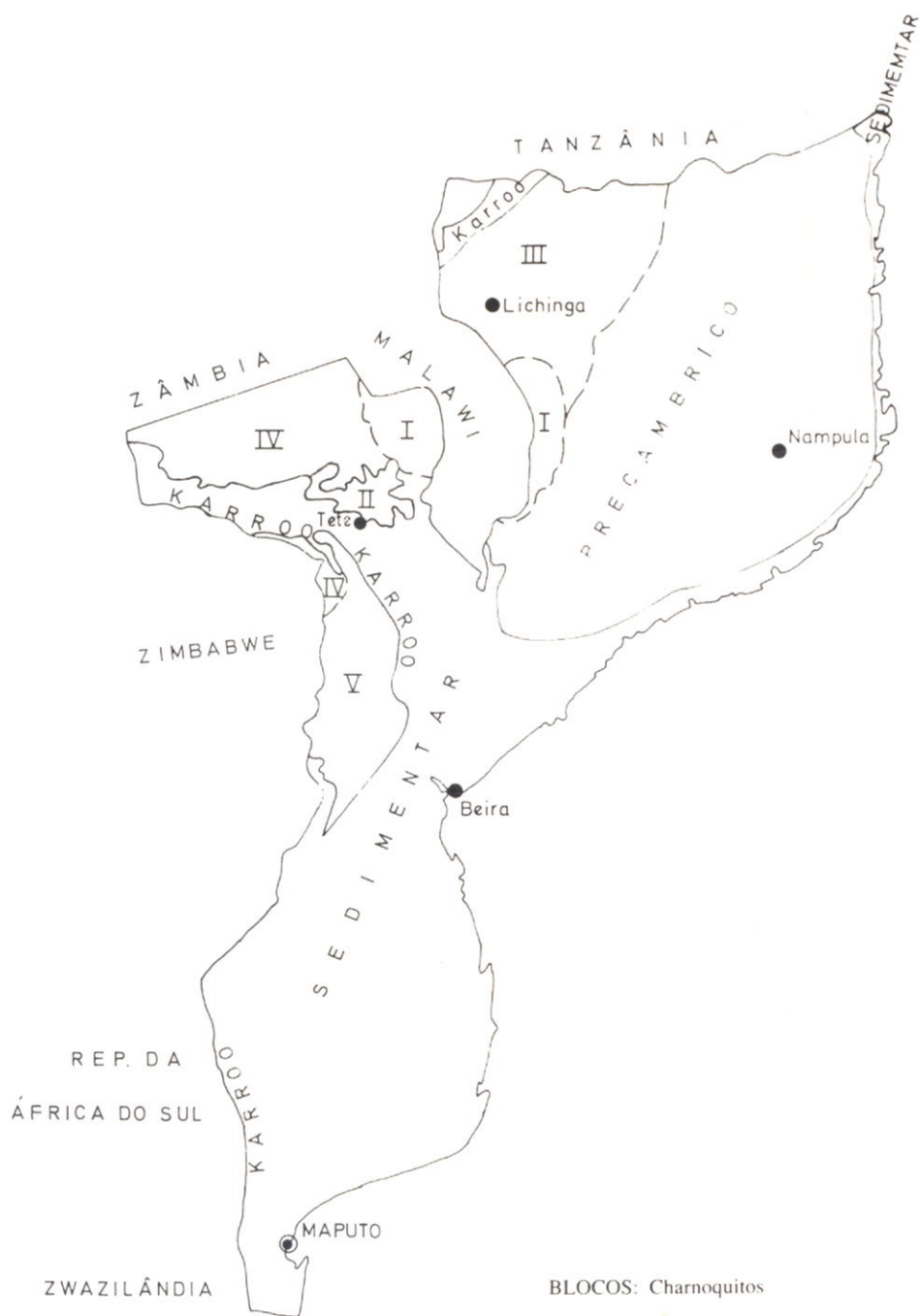
O grupo I apresenta intercalações de charnoquitos com outros litotipos com passagens graduais a par de zonas de cisalhamento. O bloco define-se na base desses cisalhamentos e dobramentos apertados. A concomitância da formação de charnoquitos com o pico do metamorfismo ligado a fácies granulítica é o modelo definido.

Parece evidente que existe um bloco bem definido pelo grupo V, um outro definido pelo grupo II ao qual se aliará o grupo III. O bloco abrangendo o grupo I parece razoavelmente estabelecido havendo dúvidas sobre o grupo de charnoquitos agrupados como IV.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos são devidos aos Professores Portugal Ferreira, J. Vail e G. Hornung bem como aos técnicos dos respectivos laboratórios, Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra, Departamento de Geologia da Politécnica de Porstmouth, Departamento de Ciências da Terra de Leeds. No cálculo dos valores contou-se com a colaboração de docentes da Universidade de Aveiro.

* * Interferência de CO₂ deve ser grande.



BLOCOS: Charnóquitos

- I — Associados a metassedimentos
- II — Associados as anortositos
- III — Associados a migmatitos e metassedimentos
- IV — Associados a migmatitos, basicas e metassedimentos
- V — Associados a gneisses bandados

ANÁLISES DE ROCHAS CHARNOQUITICAS

ANÁLISE DE MINERAIS DE CHARNOQUITOS FÉLSICOS

	Charnoenderbito			Enderbito		Charno básico			GRUPO V		GRUPO II					GRUPO I			GRUPO IV	
	15	3	8	5	7	19	9	4	Ortop	Ortop	Ortop	Clinop	Clinop	Granada	Granada	Clinop	Granada	Granada	Clinop	Granada
SiO ₂	65,41	64,42	63,44	56,15	56,01	49,70	46,22	45,53	48,60	49,52	50,30	49,25	50,50	37,85	40,05	49,85	40,20	39,60	48,08	39,85
TiO ₂	0,49	0,55	0,68	0,11	0,71	4,84	5,37	5,40	0,50	0,18	0,25	0,83	0,30	0,08	0,05	0,27	0,08	0,10	0,40	0,07
Al ₂ O ₃	16,58	17,51	17,90	17,34	19,30	10,75	11,38	10,87	1,50	1,45	2,00	2,76	3,40	22,00	20,64	2,80	21,03	24,75	2,02	22,63
Fe ₂ O ₃	1,71	1,83	1,18	2,24	2,45	3,90	3,32	4,99		2,57		2,98				3,05			1,10	
FeO	2,11	2,24	2,59	3,68	3,71	12,75	14,23	13,47	25,65	27,77	32,03	16,05	10,55	25,05	24,57	8,70	27,02	28,27	18,05	26,35
CaO	5,35	5,38	5,76	9,45	7,85	8,27	8,85	8,79	0,96	0,66	0,90	16,38	22,24	5,60	6,27	23,27	6,23	5,44	15,26	6,02
MgO	1,33	1,37	1,72	4,76	2,88	3,94	4,85	5,25	21,60	16,66	0,90	16,38	22,24	5,60	6,27	23,27	6,23	5,44	15,26	6,02
K ₂ O	1,14	0,88	1,06	5,20	1,00	2,19	1,20	0,92			13,97	10,77	11,08	8,25	6,90	12,24	6,07	4,30	16,00	4,85
Na ₂ O	4,98	5,17	5,21	0,34	5,38	2,42	3,00	3,00	0,03	0,35		0,05				0,12			0,15	
MnO	0,04	0,03	0,05	0,05	0,09	0,17	0,16	0,19	1,05	0,77	0,02	0,76	1,00	0,37	0,69	0,30	0,27	0,22	0,30	0,24
P ₂ O ₅	0,14	0,17	0,16	0,24	0,14	0,65	0,72	0,63			0,65	0,32	0,15	0,88	0,90	0,72	1,05	0,80	0,60	0,82
CO ₂	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00												
H ₂ O ⁺	0,49	0,42	0,33	0,58	0,51	0,29	0,57	0,72												
H ₂ O ⁻	0,15	0,19	0,17	0,13	0,07	0,19	0,12	0,15												
	99,92	100,15	100,25	100,27	100,10	100,06	99,99	99,91	99,89	99,93	100,12	100,15	99,22	100,08	100,07	101,32	101,95	103,48	101,96	100,83

Fe 203 calculado como FeO

BIBLIOGRAFIA

- AFONSO, R. (1976) — A Geologia de Moçambique Serv. Geol. Minas 1 - 175.
- AFONSO, R. (1977) — Contribuição para o conhecimento tectónico de Moçambique, Serv. Geol. Minas, 1-39.
- ARAÚJO, J. R. (1966) — The Mozambique Belt in the Barué area. Leeds Ph. D. Thesis.
- ARAÚJO, J. R. (1972) — Short notes on «basic» rocks of Barué Moçambique. Fac. Ciências Lisboa, vol. 17, 279-301.
- ARAÚJO, J. R., AFONSO, R., PINTO, M. (1973) — Geologia da área de Morrumbala — Mutarara, Serv. Geol. Moçambique, Bol. 37, 1-76.
- ARAÚJO, R., PINTO, A. F., PINTO, M., AFONSO, R. (1977) — Geologia da área de Milange. Imprensa Nacional Moçambique, 1 - 178.
- ASSUNÇÃO C., COELHO A. (1954) — The rocks with charnockitic affinities in Mozambique. Pan Indian Ocean Sciences Cong: Sections, c. 29-33.
- ASSUNÇÃO C., COELHO A. (1942) — Notas para a Petrologia de Tete. Soc. P. Cienc. Naturais. Bol. vol. 13, 411-420.
- BRAK-LAMY, J., COELHO A. (1948) — Elementos para a Carta Geológica de Moçambique, J. In. Ultram. Anais, vol. 3, 270-280.
- BOHLEN, B., BOETCHER, A. (1981) — Experimental investigations and Geological application of orthopyroxene geochrometry. Am. Min. Vol. 66, 981-964.
- COELHO, A. P. (1942) — Observações sobre os granitos castanhos de Moçambique, Bol. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Lisboa, Bol. 3, 13-35.
- COELHO, A. P. (1945) — Breves Notas petrológicas referentes à região de Angónia. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Lisboa, Bol. 13, 85-79.
- COELHO, A. P. (1952) — Quelques aspects de la petrographie du Barué — Moçambique 19 Cong. Int. Geol. — Geol. Survey, vol. 1, 275-277.
- COELHO, A. P., BRAK-LAMY J. (1948) — Características gerais dos granitos castanhos de Moçambique, J. In. Ultram. Anais vol. III 259-271.
- DAHL, P. (1980) — The thermal compositional dependence of Fe^{2+} , Mg distribution between coexisting garnet and pyroxene: application to geothermometry. Am. Min. vol. 65, 852-866.
- ELLIS, D., GREEN, D. (1985) — Garnet-forming reactions in mafic granulites implication for geothermometry and geobarometry. J. Pet. vol. 26, 633-662.
- GROVER, J. (1980) — Thermodynamics of pyroxene in C. Prewitt. Reviews in mineralogy, vol. 7, 341-413.
- HARLEY, S. (1984) — An experimental study of the partitioning of Fe and Mg between garnet and pyroxene. Cont. Miner. Petro. vol. 38, 151-166.
- HARLEY, S. (1985) — Garnet orthopyroxene bearing granulites: metamorphic Pressure — Temperature — Time evolution — J. Petro. vol. 26, 814-888.
- HARLEY, S., GREEN, D. (1982) — Garnet orthopyroxene barometry for granulites and peridotites. Nature vol. 300 — 697-701.
- HARRIS, N., HOLT, R., DRURY, S., (1982) — Geobarometry, Geothermometry and late Archean Geothermings from the granulites facies Terrain of South India. J. Geology, vol. 90, 509-528.
- KRETZ, R. (1961) — Some applications of thermodynamics to coexisting minerals of variable composition. Examples: orthopyroxene — garnet, J. Geology vol. 69, 361-381.
- LINDSLEY, D. (1983) — Pyroxene thermometry: Am. Min. vol. 68, 474-493.
- MARTIGNOLE, J. (1979) — Charnokite genesis and the proterozoic Crust. Precambrian Res. 9, 303-310.
- NEWTON, R., HACKETT, H. (1981) — Thermodynamics of the garnet-plagioclase - Al_2O_3 - quartz geobarometer in Newton et al. ed. *Thermodynamics models of minerals and melts*. Springer Berlin, 125-145.
- NEWTON, R., PERKINS, D. (1982) — Thermodynamic calibration of geobarometers based on assemblages garnet-plagioclase-orthopyroxene (clinopyroxene) — quartz — Am. Min. vol. 67, 203-222.
- PERKINS, D., NEWTON, R. (1981) — Charnokite geobarometers based on coexisting garnet-pyroxene plagioclase-quartz-Nature vol. 292, 144-146.
- SAXENA, S. (1976) — Petrogenetic application of Mg- Fe^{3+} order-disorder in orthopyroxene to the cooling history of rocks. Bull. Min. vol. 106, 443-450.
- TURNER, F., HEARD, H., GRIGGS, D. (1960) — Experimental deformation of crustalite and accompanying inversion to clinopyroxene. 21.º Cong. Int. Geologia. — Copenhagen, vol. 18, 395-408.
- WENDLAND, R. (1981) — Influence of CO_2 on melting of model facies granulites. Am. Min. vol. 66, 1164-1174.
- WOOD, B., BANNO, S. (1973) — Garnet — orthopyroxene and orthopyroxene — clinopyroxene relationship in simple and complex system. Contr. Mineral and Petro. vol. 42, 109-124.

Manuscrito depositado em Dezembro de 1985