

## ***Caracterização Petrográfica de Granulitos Ortoderivados do Complexo de Granja (NW Ceará, Brasil)***

*Petrographic Characterization of Metagneous Granulites from the Granja Complex  
(NW Ceará, Brazil)*

A. J. F. Silva<sup>1\*</sup>, M. R. Azevedo<sup>1</sup>, J. A. Nogueira Neto<sup>2</sup>, B. Valle Aguado<sup>1</sup>, I. F. Praxedes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências, GeoBioTec, Campus Universitário de Santiago, 3810-193, Aveiro, Portugal

<sup>2</sup> Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geologia, Recursos Minerais e Geodinâmica, Campus do Pici, Bloco 912, 60.455-760, Fortaleza - CE, Brasil

<sup>3</sup> Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Campus Universitário Darcy Ribeiro ICC - Ala Central 70.910-900, Brasília - DF, Brasil

\* [antoniojsilva@ua.pt](mailto:antoniojsilva@ua.pt)

**Resumo:** O Complexo de Granja, localizado no Domínio Médio Coreaú (NW Ceará, Brasil), corresponde a um cinturão metamórfico de médio a alto grau, composto por três unidades principais: (1) ortognaisses migmatizados de afinidade TTG; (2) paragnaisses com granada, silimanite e distena migmatizados e (3) granulitos ortoderivados. De acordo com o conteúdo em minerais máficos, os granulitos ortoderivados podem ser subdivididos em dois grandes grupos: granulitos máficos (> 30% de minerais máficos) e enderbites / charnoenderbites (< 30% de minerais máficos). Apresentam texturas variando de isotrópicas a gnáissicas e distinguem-se entre si por variações nas proporções modais da mesma associação mineralógica (ortopiroxena + clinopiroxena + plagioclase + granada + biotite + quartzo ± anfíbola ± apatite ± zircão + opacos), o que poderá estar relacionado com diferenças na composição dos protólitos ígneos que lhes deram origem.

**Palavras-chave:** Domínio do Médio Coreaú, Complexo de Granja, Petrografia, Granulitos

**Abstract:** The Granja Complex, located in the Médio Coreaú Domain (NW Ceará, Brazil) corresponds to a medium to high grade metamorphic belt consisting of three main units: (1) tonalite-thronhjemite-granodiorite orthogneisses – TTG, showing evidence of migmatization; (2) migmatized paragneisses with garnet, sillimanite and kyanite and (3) igneous derived granulites. According to their contents in mafic minerals, the metagneous granulites can be subdivided into two main groups: mafic granulites (> 30% mafic minerals) and enderbites / charnoenderbites (< 30% mafic minerals). Both types show textures ranging from isotropic to gneissic and can be distinguished by variations in the modal proportions of the same mineral assemblage (orthopyroxene + clinopyroxene + plagioclase + garnet + biotite + quartz ± amphibole ± apatite ± zircon + opaque minerals), reflecting differences in the composition of their igneous protoliths.

**Key-words:** Médio Coreaú Domain, Granja Complex, Petrography, Granulites

## INTRODUÇÃO

O Complexo de Granja (CG) localiza-se no Domínio do Médio Coreaú (DMC), também conhecido por Domínio do Noroeste do Ceará (NWC), no sector setentrional da Província Borborema (PB) (Fig. 1). De acordo com os dados geocronológicos actualmente disponíveis, o CG representa um fragmento do soco Paleoproterozóico, intensamente afectado por deformação, metamorfismo e plutonismo durante a orogenia Brasileira/Pan-Africana, no final do Proterozóico (e.g. Nogueira Neto, 2000; Santos *et al.*, 2009; Amaral *et al.*, 2012). É constituído pelas seguintes unidades principais: (1) ortognaisses de afinidade TTG (tonalitos-trondhjemitos-granodioritos) migmatizados; (2) paragnaisses com granada, silimanite e distena, mostrando evidências de migmatização e (3) granulitos ortoderivados.

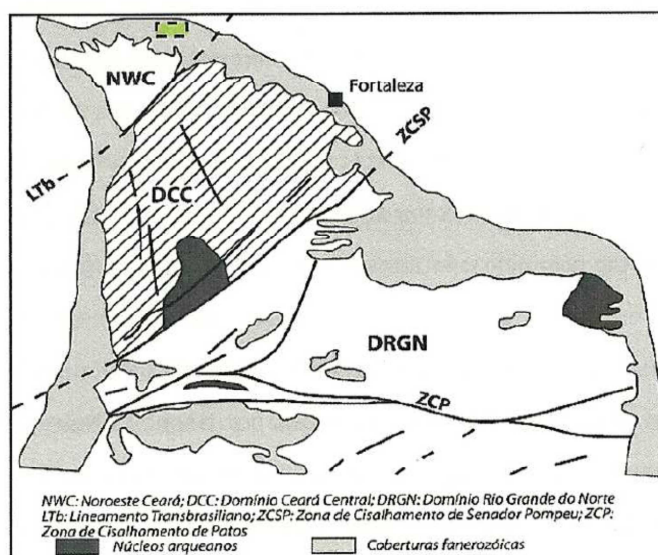


Figura 1. Domínios Geotectónicos da parte setentrional da Província Borborema, mostrando a localização do Domínio NWC (Fetter, 1999) e do Complexo de Granja ( ).

Figure 1. Geological map of the northern block of the Borborema Province, showing the three main tectonic domains (Fetter, 1999) and the location of the Granja Complex ( ).

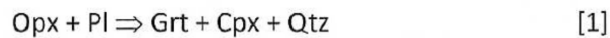
## GRANULITOS ORTODERIVADOS

Os granulitos ortoderivados constituem corpos lenticulares, de dimensões métricas a decamétricas, intercalados na sequência paraderivada, o que dificulta bastante a sua individualização cartográfica. São rochas maciças de cor escura, com textura isotrópica ou finamente bandada, granularidade fina a média e composições variando entre granulitos máficos (> 30% de minerais máficos) e enderbitos / charnoenderbitos (< 30% de minerais máficos). Os dois litótipos ocorrem em íntima associação espacial e podem ser distinguidos, à escala do afloramento, pela coloração mais escura dos termos mais máficos.

## PETROGRAFIA DOS GRANULITOS MÁFICOS

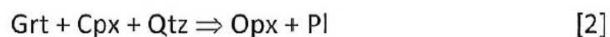
Os granulitos máficos são compostos por ortopiroxena (Opx), clinopiroxena (Cpx), plagioclase (Pl), quartzo (Qtz), granada (Grt), biotite (Bt), anfíbola (Amp), apatite (Ap), zircão (Zrn) e opacos (Opq). A textura isotrópica (granoblástica poligonal) é predominante, embora algumas amostras mostrem um bandado composicional, de espessura milimétrica, conferido pela alternância de níveis ricos em minerais ferromagnesianos (Opx + Cpx + Grt ± Bt ± Amp) e bandas quartzo-feldspáticas.

A ortopiroxena constitui cristais de cor rosada a levemente acastanhada, fortemente pleocróicos, anédricos a subédricos, com birrefringência baixa e extinção recta, enquanto a clinopiroxena (diópsido) apresenta um leve pleocroísmo em tons de bege, cores de polarização mais altas e extinção oblíqua. Os cristais de ambas as piroxenas, a plagioclase e a biotite tendem a definir mosaicos granulares, sugerindo condições de cristalização em equilíbrio na fácies granulítica, a pressões inferiores a 7 kbar (Bucher & Frey, 2002). No entanto, também se observaram alguns porfiroblastos de ortopiroxena envolvidos por intercrescimentos simplectíticos de granada-clinopiroxena-quartzo. O desenvolvimento destas texturas simplectíticas aponta para a ocorrência de processos de destabilização da ortopiroxena através da reacção [1] e indica que durante a evolução prógrada do metamorfismo granulítico foram atingidas pressões superiores a 7 kbar (Bucher & Frey, 2002).



Com efeito, os cálculos termobarométricos efectuados por Nogueira Neto (2000) em amostras com associações minerais semelhantes às descritas sugerem que o pico do metamorfismo tenha ocorrido a pressões superiores a 8 kbar e temperaturas de cerca de 800° C.

O quartzo está presente em pequenas proporções, constituindo pequenos grãos, com hábito xenomórfico, extinção ondulante e subgranulação. A granada não é muito abundante nestes litótipos. Apresenta hábito anédrico, cor rosada, composição almandínica e está frequentemente em desequilíbrio com os restantes constituintes minerais. A existência de intercrescimentos globulares (simplectites) entre ortopiroxena e plagioclase nos bordos da granada sugere que a destabilização da granada foi controlada pela reacção [2], numa fase descompressiva posterior ao pico metamórfico (Harley, 1992).



A plagioclase ocorre em grãos essencialmente subidiomórficos, com a macla polissintética da albite, embora também possa formar intercrescimentos vermiculares com piroxena nos bordos dos cristais de granada. A composição dos cristais de maiores dimensões varia de labradorite a bitaunite (An<sub>51</sub> – An<sub>79</sub>) (Nogueira Neto, 2000), demonstrando que estas rochas derivaram de protólitos ígneos com composição básica (gabros / dioritos).

A associação mineralógica anidra está frequentemente substituída por fases hidratadas (anfíbola e biotite tardias), testemunhando a retrogradação da fácies granulítica para a fácies anfibolítica.

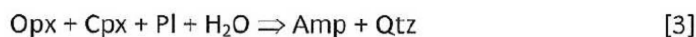
### PETROGRAFIA DOS ENDERBITOS / CHARNOENDERBITOS

Os enderbitos e charnoenderbitos do CG apresentam um bandado composicional bem definido e uma associação mineralógica composta por Pl + Opx + Cpx + Grt + Qtz + Bt + Amp ± Zrn ± Ap ± Opq. Em alguns locais, estas rochas exibem uma foliação milonítica.

A ortopiroxena é a fase máfica dominante nestes litótipos. Ocorre quer sob a forma de porfiroblastos, quer em agregados de pequenos grãos xenomórficos, dispostos segundo a foliação. Os porfiroblastos apresentam fracturação intensa, extinção ondulante, subgranulação e recristalização dinâmica, indicando deformação a alta temperatura. A clinopiroxena possui composição diopsídica e aparece em íntima associação com a ortopiroxena, embora em proporções pequenas. Tal como nos granulitos máficos, a ortopiroxena mostra evidências de destabilização por aumento de pressão, dando origem a granada. Por outro lado, a presença de simplectites de plagioclase - ortopiroxena - quartzo nos bordos de alguns porfiroblastos de granada sugere que estas rochas também registam o evento descompressivo subsequente ao pico metamórfico (reação 2).

A plagioclase aparece essencialmente nas bandas félsicas, em pequenos cristais anédricos a subédricos, mostrando localmente sinais de deformação (e.g. maclas encurvadas e em cunha, bordos de recristalização). Os grãos de maiores dimensões têm composições variando de andesina a oligoclase (An<sub>36</sub> – An<sub>30</sub>; Nogueira Neto, 2000), o que é consistente com uma derivação a partir de protólitos mais félsicos (tonalito / granodiorito) do que os dos granulitos máficos.

O episódio de retrogradação da fácies granulítica para fácies anfibolítica está marcado pela formação de anfíbola e biotite tardias, sintectónicas com a foliação milonítica. A anfíbola tardia terá resultado da reacção [3] (Spear, 1993), enquanto a biotite se poderá ter formado à custa da anfíbola.



### CONCLUSÕES

A integração dos dados bibliográficos com o estudo petrográfico realizado sugere que a evolução metamórfica registada nos granulitos ortoderivados do Complexo de Granja envolveu três estádios principais: (1) Um episódio metamórfico prógrado em que se atingiram pressões superiores a 8 kbar e temperaturas de cerca de 800° C (pico metamórfico); (2) Um episódio descompressivo, testemunhado pela destabilização da granada, (3) Um episódio retrógrado, contemporâneo do desenvolvimento do "fabric" milonítico, que deu origem à formação da associação mineral hidratada (Bt + Amp).

## AGRADECIMENTOS

PEst-C/CTE/UI4035/2011

### Bibliografia

- AMARAL, W. S., SANTOS, T. J. S., WERNICK, E., NOGUEIRA NETO, J. A., DANTAS, E. L. & MATTEINI, M. (2012) - High-pressure granulites from Cariré, Borborema Province, NE Brazil: Tectonic setting, metamorphic conditions and U–Pb, Lu–Hf and Sm–Nd geochronology. *Gondwana Research*, vol. 22: 892-909.
- BUCHER, K. & FREY, M. (2002) - *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*, Springer-Verlag, 341 pp.
- FETTER, A. H. (1999) - U/Pb and Sm/Nd Geochronological Constraints on the Crustal Framework and Geologic History of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the Assembly of Gondwana. *Tese de Doutorado*. Department of Geology, University of Kansas, Lawrence, Kansas, USA, 164 pp.
- HARLEY, S. L. (1992) - Proterozoic Granulite Terranes In: CONDIE, K. C. (Editor), *Proterozoic Crustal Evolution, Developments in Precambrian Geology*, Elsevier, vol. 10: 301-359.
- NOGUEIRA NETO, J. A. (2000) - Evolução Geodinâmica das Faixas Granulíticas de Granja e Cariré, Extremo Noroeste da Província Borborema. *Tese de Doutorado*, Universidade Estadual Paulista (IGCE-UNESP), Rio Claro, São Paulo, Brasil, 171 pp.
- SANTOS, T. J. S., FETTER, A. H., VAN SCHMUS, W. R. & HACKSPACHER, P. C. (2009) - Evidence for 2.35 to 2.30 Ga juvenile crustal growth in the northwest Borborema Province, NE Brazil In: REDDY, S. M., MAZUMDER, R., EVANS, D. A. D. & COLLINS, A. S. (Editores), *Palaeoproterozoic Supercontinents and Global Evolution*. Geological Society of London, Special Publications, vol. 323: 271-281.
- SPEAR, F. S. (1993) - Metamorphic phase equilibria and pressure–temperature–time paths. *Mineralogical Society of America Monograph Series*, 799 pp.