

# **Origem da granada em granitos anatéticos: caracterização textural macro e microscópica**

**Geovane Moreira Roque & Lucelene Martins**

*Universidade de São Paulo/Instituto de Geociências*

*geovane.roque@usp.br*

## **Resumo**

A granada é um mineral fundamental na compreensão da dinâmica de fusão da crosta continental, processo chamado de anatexia. Em rochas metapelíticas, este mineral pode ter sua origem durante o metamorfismo progressivo, pelo aumento de pressão e temperatura na crosta, sendo inclusive preservado e ou gerado durante as reações de fusão parcial dessas rochas. Diferentes gerações de granada podem estar registradas em uma única rocha ou grão (sobrecrescimento). A descrição da textura desse mineral é fundamental para a reconstituição das condições metamórficas (trajetórias P-T) do protólito (rocha original), das reações de fusão parcial e da formação de granitos anatéticos. O granito Carlos Chagas é produto da fusão parcial de material crustal. Ele aflora no domínio oriental da Faixa Araçuaí, no norte do estado do Espírito Santo. Este granito tem chamado a atenção por apresentar em destaque cristais de granada de dimensão e cores variadas e provável origem diversa. Foi realizada a descrição macro e microscópica da textura da rocha, visando reconhecer padrões para caracterizar supostas gerações de granadas e avaliar as implicações da sua presença para a evolução do sistema granítico. Nossa estudo revelou que alguns cristais de granada foram possivelmente preservados desde o metamorfismo progressivo e outros são produtos peritécticos ou magmáticos das reações de fusão relacionadas à quebra da biotita.

**Palavras Chaves:** Granito, granada, textura, anatexia

## **Abstract**

Garnet is a key mineral in understanding the dynamics of continental crust melting, a process called anatexis. In metapelitic rocks, this mineral may be formed during progressive metamorphism, by increasing pressure and temperature at the continental crust, being preserved and or produced during partial melting reactions of these rocks. Different garnet generations may be recorded in a single rock or crystal (overgrowth). The texture description of this mineral is essential to reconstruct the metamorphic conditions (P-T paths) of the protolith (original rock), partial melting reactions and the formation of anatetic granites. Carlos Chagas Granite is the product of partial melting of crustal material. It outcrops in the eastern area of the Araçuaí Belt in northern Espírito Santo state. This granite has drawn attention by presenting prominent garnet crystals with various size, colors and origins. Macro and microscopic description of the textures of the Carlos Chagas granite was performed to recognize patterns in order to better characterize different garnet generations and its implications to the evolution of granitic system. Our study revealed that some garnet crystals were possibly preserved during the progressive metamorphism. Other garnet crystals were also peritectic or magmatic product of the biotite breakdown during dehydration melting.

**Key words:** Granite, garnet, texture, anatexis

## **Introdução**

A investigação dos processos anatéticos (fusão parcial de material crustal) é fundamental para o entendimento da dinâmica da gênese de granitos, portanto para a dinâmica da própria crosta continental. As áreas com o registro de fusão parcial *in situ* de rochas fornecem as melhores condições de estudo da série de reações e processos físico-químicos envolvidos na geração e migração de material fundido diferenciado, que quando segregados e acumulados, levam a formação de corpos graníticos típicos. Muitas vezes em tais áreas estão expostos migmatitos, rochas consideradas híbridas e que melhor representam a interface metamorfismo/magmatismo, imprimindo uma série de estruturas e texturas (trama mineral) que permitem o estudo da dinâmica da geração e o deslocamento desses materiais fundidos diferenciados, como os magmas graníticos.

A granada é gerada durante o metamorfismo progressivo, podendo ser preservada durante a fusão parcial, mostrando comportamento refratário por possuir um coeficiente de difusão de cátions muito baixo e temperatura de fusão superior às temperaturas comuns envolvidas na formação de um sistema granítico (por volta de 700 a 800°C). A presença local de granada também pode se dar pela assimilação de enclaves portadores desse mineral pelo magma granítico. Desse modo a granada presente em rochas graníticas pode ter uma origem magmática ou mesmo residual, peritética, produto da assimilação de material da rocha fonte pelo fundido granítico (e.g., Chappell et al., 1987). A granada presente em magmas graníticos de origem ígnea é produto de cristalização do fundido granítico saturado nesta fase, mesmo que em baixa quantidade (e.g., Erdmann et al., 2009).

A granada não apresenta uma fácil nucleação, sendo comum sobrecrescimento da fase em diferentes eventos, preservando gerações distintas do mineral em um único grão. Caracterizar a gênese da granada é um importante meio para indicar quais fases participaram da fusão, as condições de fusão e se a evolução do sistema magmático ocorreu em sistema aberto ou fechado para a entrada de material sólido e até mesmo articular a dinâmica do líquido gerado (fundido) com prováveis fases sólidas carregadas.

A investigação da textura mineral é fundamental para o reconhecimento do protólito, da reconstituição da história de fusão parcial, da geração de material fundido e das condições e ambiente de formação dos granitos anatéticos. Neste sentido, o presente trabalho se propôs a investigar a gênese da granada presente no granito Carlos Chagas, um típico granito anatético, que aflora no Espírito Santo, no Domínio Oriental da Faixa Araçuaí, porção norte da Faixa Ribeira, e que mostra em simples observação macroscópica a presença desse mineral com textura variada, indicando provável origem diversa.

## **Objetivos**

O principal objetivo deste trabalho foi apresentar os primeiros resultados das análises macro e microscópica das texturas presentes no granito anatético Carlos Chagas. As interpretações preliminares, em conjunto com a revisão bibliográfica, buscaram estabelecer alguns parâmetros para auxiliar na reconstituição da história evolutiva do magma, tendo a granada como chave do estudo.

## **Materiais e Métodos**

O estudo foi realizado no granito Carlos Chagas, típico granito anatético, que foi escolhido como rocha ornamental do pátio central do Instituto de Geociências da USP (IGc-USP). Para a análise petrográfica foram escolhidas placas de rocha polida, peças de reposição do piso do pátio, que ainda não haviam sido utilizadas. Essas placas evidenciaram toda a complexidade de um sistema anatético e a possível presença de mais de uma geração de granada, reconhecidas por mudanças na coloração, forma e dimensão dos cristais, que orientaram a escolha do objeto de estudo.

A placa de 40x40x1,5 cm do granito Carlos Chagas foi fotografada em detalhe para orientar a descrição macroscópica e selecionar os locais para realização das seções petrográficas (Fig. 1). A placa foi cortada em nove partes, numeradas de 1 a 9. Foram escolhidas porções dessas nove partes para a confecção das seções delgadas polidas. Foram confeccionadas 12 seções, na espessura de 50 $\mu$ m, representativas da superfície total placa. No entanto, houve uma predominância pela escolha de porções da placa, para confeccionar as seções, que apresentassem maiores concentrações de granada, principal alvo deste estudo. As seções foram nomeadas de acordo o número da parte correspondente, seguido de uma letra.

Desse modo tivemos as seguinte seções: 1A, 2B, 3C, 4D, 5E, 5F, 6G, 6H, 7I, 8J, 9K, 9L. As seções delgadas foram caracterizadas mineralógica e texturalmente, utilizando microscópio petrográfico Olympus BXP-40 da sala de petrografia do IGc-USP. A documentação fotomicroscópica foi feita no microscópico modelo Zeiss AXIO Imager.Azm associado a uma câmera, instalado na sala de óptica do IGc-USP.

Foi realizada a revisão da literatura buscando melhor compreender as reações metamórficas, os processos de fusão parcial, a cristalização de fases peritéticas e o desenvolvimento de texturas ígneas e metamórficas, fundamentais para as conclusões do trabalho e a interpretação das texturas observadas.

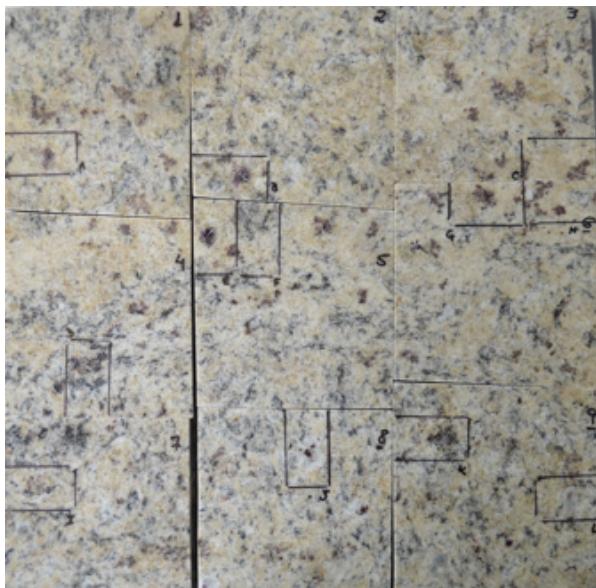


Figura 1. Placa polida do granito Carlos Chagas utilizada como ornamentação do piso do pátio do IGc-USP. Foram realizados nove cortes na placa para a escolha das áreas para a confecção das seções delgadas (retângulos de contorno preto, numerados de 1 a 9). As áreas das seções delgadas foram escolhidas considerando as texturas importantes para o desenvolvimento da pesquisa. A denominação das seções foi realizada pelo número do quadrado e uma letra correspondente em ordem crescente (e.g. 9K). As granadas são os pontos marrom-avermelhados da placa.

## Resultados

O granito Carlos Chagas é um sillimanita-biotita-granada sienogranito, estruturalmente heterogêneo, podendo ser considerado também um diatexito, por estar próximo à interface metamorfismo/magmatismo. Nas placas utilizadas para desenvolver a pesquisa foi possível identificar venulações mais leucocráticas e bolsões de minerais máficos que reconstituem o contexto da gênese do granito, a mobilização do fundido gerado, destruindo localmente as estruturas metamórficas (e.g. Foliação regional). A rocha apresenta granulometria média a grossa média, com feldspato alcalino, quartzo, biotita, granada, plagioclásio e sillimanita (usualmente fibrolita), opacos, cordierita e acessórios. De maneira geral, a rocha apresenta texturas mistas, variando de porções granoblásticas a magmática granular xenomórfica.

Ocorre o predomínio de feldspato alcalino, geralmente anédrico, micropertítico e na variedade microclínio, podendo alcançar tamanhos de até 1,1 cm. O quartzo é anédrico, de tamanhos variáveis, com frequentemente extinção ondulante e formação de micromosaicos. O plagioclásio, oligoclásio, varia de anédrico a subédrico, com tamanhos de 1 a 2 mm e ocorre nos domínios granoblásticos. Quando na interface com o feldspato alcalino, o plagioclásio apresenta quartzo goticular intersticial (mirmequita). Esta textura está supostamente relacionada a modificações em estado subsólido entre os líquidos finais da cristalização e o plagioclásio, o que gera, por exemplo, texturas como filmes de fundido na superfície dos minerais ou *string of beads*, feição frequente nas lâminas.

A biotita pode ser separada em dois grupos opticamente distintos. Um grupo de cristais arredondados ou goticulares, de cor vermelho-acastanhado pouco pleocrómico e de birrefringência anômala e um outro grupo, de cristais bem desenvolvidos, com forte pleocrósmo de verde claro a vermelho acastanhado e birrefringência característica. As diferenças ópticas, entre esses dois grupos, provavelmente estão relacionadas com a quantidade de Ti nesta fase, sendo o primeiro grupo mais rico em Ti, e podem indicar duas gerações da fase. A biotita presente nos núcleos de granada ou relacionadas com esta representa provavelmente uma fase relacionada ao metamorfismo, remanescente do processo de fusão, reequilibrada neste novo sistema. Neste caso seria uma fase remanescente da fusão, estando presente como reagente em excesso (localmente) ou devido a insuficiência de condições físico-químicas para a sua quebra total (e.g. temperatura não alcançou valores superiores a 800 °C).

A granada, principal alvo deste estudo, apresenta uma heterogeneidade textural muito grande e como era esperado, não segue apenas um padrão de cristalização. Os cristais maiores, de até 1,2 cm, apresentam inclusões elípticas, principalmente de quartzo e alguma biotita, indicando uma textura preservada desde o metamorfismo progressivo, representando provavelmente núcleos poiquilíticos herdados do protólito. Ao redor desses núcleos (que nem sempre estão no centro do grão) pode existir uma granada límpida, livre de inclusões. Esses cristais são anédricos, arredondados e com bordas de reação, principalmente quando em contato com feldspato potássico, onde ocorre a formação de fibrolita. Granada com inclusões de ilmenita, biotita goticular e raros cristais de quartzo são menores e geralmente ocorrem nos bolsões ricos em biotita. Estes se mostram como grãos subeuédricos e algumas vezes esqueléticos. Os cristais menores de granada, geralmente subeuédricos a euédricos, algumas vezes límpidos, são pouco atacados pelo retrometamorfismo. Nenhuma granada é fortemente retrometamorfizada quando em contato apenas com quartzo. Granada com inclusões de ilmenita e/ou apatita sugere crescimento durante a quebra da biotita (Lackey et. al., 2012), sendo portanto a melhor candidata como geração peritética.

A fibrolita (variedade fina e acicular da sillimanita) origina as texturas mais controversas quando se fala em dinâmica de crescimento mineral. As agulhas de fibrolita, por vezes, ocorrem como agregados, concentrados nas bordas dos outros grãos (plagioclásio, feldspato alcalino e quartzo). Também ocorrem substituindo parcial ou completamente a granada, principalmente os cristais maiores de núcleo poiquilítico, e pertencem muito provavelmente a um metamorfismo progressivo contínuo que atingiu as condições de anatexia.

## Conclusões

A partir da análise petrográfica, foi possível caracterizar texturalmente pelo menos duas gerações de granada no granito Carlos Chagas: uma herdada do protólito, com núcleos poiquilíticos, com inclusões de quartzo, e outra rica em inclusões de biotita e ilmenita, indicando ser um produto peritético das reações de fusão a partir da quebra da biotita. A primeira geração do mineral está acomodada nos cristais maiores, evidenciada nas venulações mais félscicas, onde ocorre uma forte substituição desta por fibrolita nas bordas de reação. A segunda geração são cristais menores, a maior parte hospedados nas porções com maior índice de cor, associados a uma textura granoblástica. Não foi possível distinguir a granada peritética de outra que poderia ter sido gerada diretamente pela cristalização do fundido anatético, que mostraria características texturais similares.

## Referências Bibliográficas

- Chappell, B., White, A.J.R., Wyborn, D. 1987. The importance of residual source material (restite) in granite petrogenesis. *Journal of Petrology*, 28: 1111-1138.
- Erdmann S., Jamieson R.A., MacDonald M. 2009. Evaluating the origin of garnet, cordierite, and biotite in granitic rocks: A case study from the South Mountain Batholith: *Journal of Petrology*, 50: 1477–1503.
- Lackey J.S., Romero G.A., Bouvier AS, Valley J.W. 2012. Dynamic growth of garnet in granitic magmas. *Geology*. 40 (2): 171–174.