

QUÍMICA MINERAL POR MEV-EDS DE GRANADA DE GONDITOS DO CINTURÃO MINEIRO: PROPOSTA DE UM NOVO CAMPO DE CLASSIFICAÇÃO

MINERAL CHEMISTRY OF GARNET IN GONDITES FROM MINEIRO BELT BY SEM-EDS: PROPOSAL OF A NEW FIELD OF CLASSIFICATION

Mariana Barcellos da Silva

Aluna de Graduação do curso de Geologia 9º período, UFRJ

Período PIBIC: setembro de 2025 a novembro de 2026

mbarcellos64@gmail.com

Reiner Neumann

Orientador, geólogo, D.Sc.

rneumann@cetem.gov.br

Matheus Lamas Machado

Coorientador, geólogo, M.Sc.

mattlamachado@gmail.com

Ciro Alexandre Ávila

Orientador, geólogo, D.Sc.

avila@mn.ufrj.br

RESUMO

Granada é considerada um componente comum em assembleias de minerais pesados, sendo bastante utilizada em estudos de proveniência sedimentar. Porém, os diagramas propostos raramente utilizam os *end members* de grãos de granada de gonditos em seu banco de dados. No presente trabalho foram analisados grãos de granada de gonditos por MEV-EDS para a obtenção da composição química e dos *end members*, visando utilizá-los nos diagramas de classificação já existentes. Os resultados obtidos apontam que a composição dos *end-members* dos gonditos é diferente daquele de grãos de granada de pegmatitos e de anfibolitos, apresentando variações na proporção de almandina e grossulária. A partir dos resultados obtidos foi proposto um novo campo para granada associada a gonditos nos diagramas já existentes.

Palavras chave: Granada; MEV-EDS; spessartina; gondito; anfibolito; pegmatito.

ABSTRACT

Garnet is considered a common component of heavy mineral assemblages, being widely used in sedimentary provenance studies. However, the proposed diagrams rarely use the end-members of gondite garnet grains in their database. In the present study, gondite garnet grains were analyzed by SEM-EDS to obtain its chemical composition and end-members, aiming to use them in existing classification diagrams. The results indicate that the end-member composition of gondites differs from that of garnet grains from pegmatites and amphibolites, showing variations in the proportion of almandine and grossular. Based on the obtained results, a new field was proposed for garnet associated with gondites in the existing diagrams.

Keywords: Garnet; SEM-EDS; spessartine; gondite; amphibolite; pegmatite.

1. INTRODUÇÃO

Granada é comum em rochas ígneas, sedimentares e metamórficas, sendo considerada como um mineral resistido, pois apresenta alta densidade, elevada dureza, não se parte facilmente e é parcialmente estável em condições específicas de intemperismo/diagênese (Parfenoff et al., 1970). No contexto do Cinturão Mineiro, a granada é um componente muito comum em anfibolitos e pegmatitos, bem como em gnditos, que corresponde a uma rocha proveniente do metamorfismo de material sedimentar rico em Mn e SiO₂.

Os principais componentes do grupo da granada (do supergrupo da granada com sítio Z ocupado por Si₃, Grew et al, 2013) apresentam solução sólida com variação dos elementos que ocupam os sítios X e Y na sua estrutura: spessartina (Mn₃Al₂Si₃O₁₂), almandina (Fe₃Al₂Si₃O₁₂), piropo (Mg₃Al₂Si₃O₁₂), grossulária (Ca₃Al₂Si₃O₁₂), andradita (Ca₃Fe₂Si₃O₁₂) e uvarovita (Ca₃Cr₂Si₃O₁₂). Por estes aspectos, e por exibir grande variedade composicional, a granada é amplamente utilizada em estudos de proveniência sedimentar através do uso de diagramas ternários, como os de Mange & Morton (2007) e Costa & Remus (2016). Esses diagramas estabeleceram uma correlação entre a composição química dos *end members* da granada e sua rocha fonte. No entanto, ainda são escassos os estudos que exploram a composição química de granada de ocorrências manganíferas, no caso, os gnditos. De igual modo, os diagramas de classificação desenvolvidos não abordam especificamente a composição química de granada de gnditos, principalmente por esse mineral apresentar semelhança com a granada de granitos e pegmatitos (Costa & Remus, 2016).

2. OBJETIVOS

Os objetivos desse trabalho são: (i) comparar os membros finais da química mineral da granada de gnditos com aqueles de anfibolitos e pegmatitos do Cinturão Mineiro, bem como com grãos de outros depósitos de gnditos do mundo; (ii) estabelecer mudança no diagrama elaborado por (Costa & Remus, 2016), que inclui gnditos para proveniência sedimentar.

3. PREPARAÇÃO E ANÁLISE POR MEV-EDS

A amostragem dos gnditos ocorreu em duas pequenas minerações de manganês (Monte Azul e EMFX) e em diversas minas desativadas e cavas abandonadas situadas entre os municípios de Ritópolis e Nazareno, Minas Gerais.

Em laboratório, fragmentos representativos dos gnditos foram britados abaixo de 1 mm, pulverizados para <300 micrômetros e encaminhados para análises por difração e fluorescência de raios X. Os contramoldes das amostras foram serrados, embutidos em resina epóxi e colocados para secar em temperatura ambiente. Posteriormente foram desbastadas com discos de diamantes em matriz metálica de 125, 40, 15, 9 e 6 µm, sendo o polimento realizado em suspensão de diamante com panos de 3 e 1 µm. Por fim, as seções foram encaminhadas para limpeza e ciclos de recobrimento com carbono. As análises foram realizadas em *MEV ZEISS Sigma 300* acoplado a dois *EDS Bruker 6160* e operado com abertura de 30 µm, 20 kV e distância de trabalho de 8 mm. Foram realizadas 1138 análises de grãos de granada de gnditos do Cinturão Mineiro. Como banco de dados foram utilizadas 554 análises de granadas de pegmatitos e 71 de anfibolitos do Cinturão Mineiro obtidas em projetos anteriores, bem como 36 análises de granada de gnditos de outras localidades.

4. RESULTADOS

O estudo das imagens obtidas em MEV possibilitou a identificação de diferentes aspectos texturais dos gnditos e dos grãos de granada (Figura 1), representados por: i) inclusões essencialmente de sulfetos de Fe-Ni-Cu-Zn e de quartzo nos grãos de granada; ii) textura granular com grãos subédricos a arredondados de granada, que exibem diferentes tamanhos; iii) zonamento composicional de alguns grãos de granada, onde a borda é mais rica em Ca, quando comparada com o núcleo, mais rico em Mn; iv) bandamento composicional com camadas ricas em granada e quartzo, intercaladas com camadas ricas em goethita e óxidos-hidróxidos de Mn;

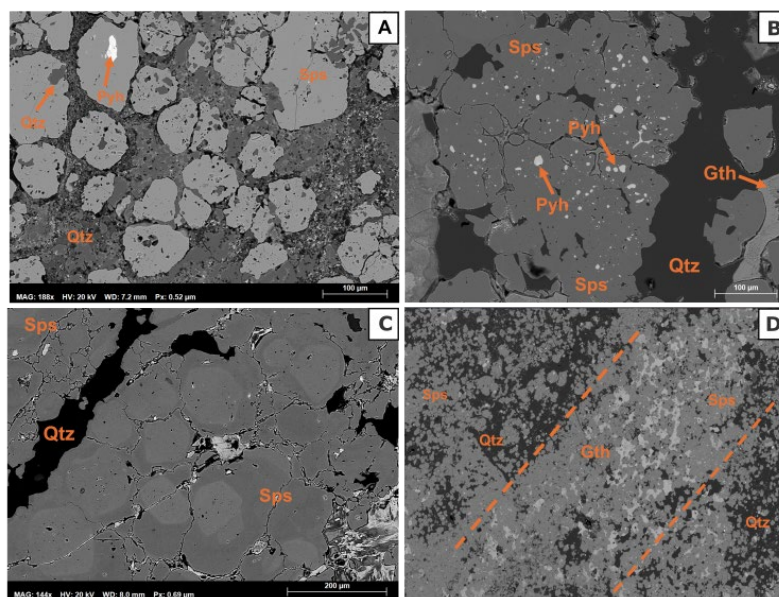


Figura 1: Imagens de elétrons retroespalhados de gonditos e de grãos de granada. A) Grãos desde subédricos até a arredondados de spessartina (Sps) separados por matriz rica em quartzo (Qtz) com de inclusão de pirrotita (Pyh) na spessartina. B) Diversas inclusões de pirrotita (Pyh) na spessartina e associação dessa com goethita (Gth) e quartzo (Qtz). C) Zonamento em grãos de granada com núcleo rico em Mn (mais claro) e borda rica em Ca (mais escuro) e o quartzo (Qtz) na cor preta). D) Mosaico mostrando bandamento composicional representado por camada rica em spessartina (Sps - cinza) e goethita (Gth - cinza claro) e por camadas ricas em spessartina (cinza) e quartzo (Qtz - preto).

A composição final da granada dos gonditos apresenta predomínio da molécula de spessartina (41-85%), seguido de grossulária (0-35%), almandina (0-29%), andradita (0-21%) e piropo (0-6%), enquanto nos pegmatitos predomina spessartina + almandina (67-95%) e nos anfíbolitos predomina almandina (54-75%), seguido de grossulária (9-38%). No diagrama de proveniência de Mange & Morton (2007), a granada de gonditos ocupa os campos Bi e Bii, juntamente com a de pegmatitos, enquanto a granada de anfíbolitos plota somente no campo Bii (Figura 2A). No diagrama de Costa & Remus (2016), as análises de granada de gondito concentram-se no vértice da spessartina (Sps) e ao longo do eixo desta com PGAU (piropo + grossulária + andradita + uvarovita), enquanto as análises de granada de pegmatitos plotam ao longo do eixo almandina – spessartina, variando muito na proporção entre ambas (Figura 2B). A granada de anfíbolitos é distinta das demais por ser muito pobre no componente spessartina (Figura 2B) e enriquecida na componente almandina. Por fim, a granada presente em outros depósitos mundiais de Mn plota nos campos Bi e Bii no diagrama de Mange & Morton (2007), ao passo que no diagrama de Costa & Remus (2016) essas plotam ao longo do campo E (Figura 2B). Contudo, algumas amostras excedem o limite desse campo, pois apresentam enriquecimento em PGAU (piropo + grossulária + andradita + uvarovita).

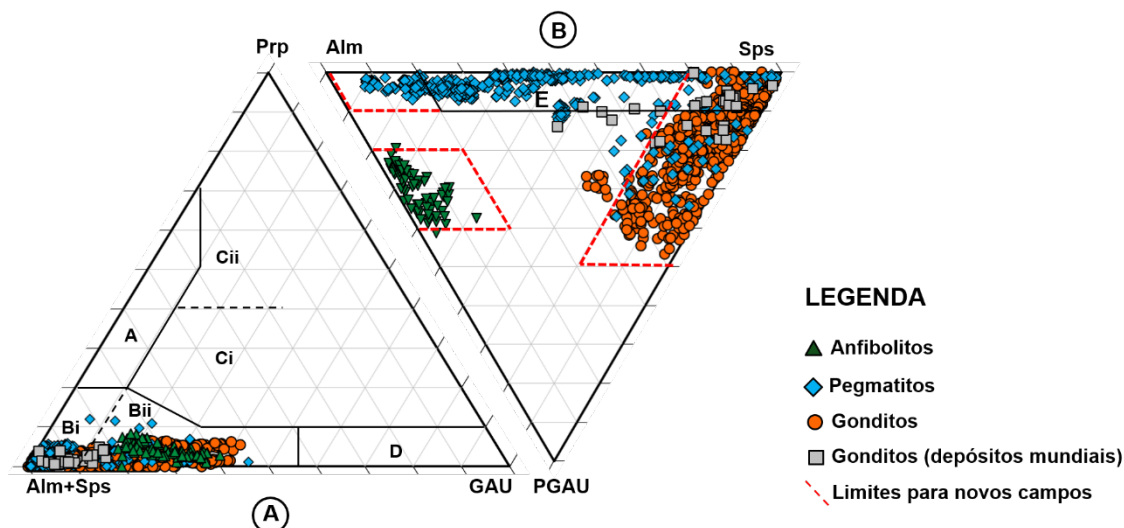


Figura 2: Diagramas de proveniência sedimentar de Mange & Morton (2007 – Figura 2A) e de Costa & Remus (2016 – Figura 2B). Abreviações: Alm (almandina), Sps (spessartina), Prp (piropo), GAU (grossulária + andradita + uvarovita) e PGAU (piropo + grossulária + andradita + uvarovita). Campos: A - rochas metassedimentares de alto grau metamórfico (paragnaisses, charnockitos e granulitos); Bi - granitoides e pegmatitos; Bii - rochas metassedimentares de baixo a médio grau metamórfico (fácies anfibolito); Ci - rochas metamórficas máficas (anfibolitos e gnaisses básicos); Cii - rochas ultramáficas, piroxenitos e peridotitos; D - rochas metacarbonáticas, calciossilicáticas e escarnitos; E - pegmatitos, aplitos graníticos e gonditos.

5. CONCLUSÕES

Pode-se inferir que os *end-members* da granada de gonditos não são semelhantes aos *end-members* da granada de pegmatitos e anfibolitos, pois a primeira é muito rica em spessartina e varia fortemente em relação a percentagem de piropo + grossulária + andradita + uvarovita. Os dados obtidos apontam para: (i) o diagrama de Mange & Morton (2007) não permite distinguir granada de gonditos, anfibolitos e pegmatitos claramente; (ii) o diagrama de Costa & Remus (2016) os separa, e um novo campo para a granada presente nos gonditos pode ser delimitado; (iii) um campo específico para a granada associada a anfibolitos pode ser proposto; e (iv) o campo da granada associada a pegmatitos deve ser ampliado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA, C.Z; REMUS, M.V.D. Proveniência dos arenitos da Bacia de Campos (Andar Alagoas) por meio da composição da granada. *Geologia USP - Serie Científica*, 2016. 16(2): 83-100.
- GREW, E.S., LOCOCK, A.J., MILLS, S.J., GALUSKINA, I.O., GALUSKIN, E.V., HALENIUS, U., Nomenclature of the garnet supergroup. *American Mineralogist*, 2013. 98(4), 785-811. doi.org/10.2138/am.2013.4201.
- MANGE, M.A; MORTON, A.C. Geochemistry of heavy minerals. In: MANGE, M.A & WRIGHT, D.T. (eds.). *Heavy minerals in use*. Elsevier, 2007. p. 345-391.
- PARFENOFF, A.; POMEROL, C.; TOURENQ, J. *Les minéraux en grains: méthodes d'étude et de détermination*. Paris: Masson et Cie, 1970. 578 p.