

# PHOSPHORUS IN MINERALS FROM GRANITIC ROCKS AND QUARTZ VEINS FROM SEGURA, CENTRAL PORTUGAL

## O FÓSFORO NOS MINERAIS DAS ROCHAS GRANÍTICAS E FILÕES DE QUARTZO DE SEGURA, CENTRO DE PORTUGAL

Antunes\*<sup>1</sup>, I.M.H.R., Neiva<sup>2</sup>, A.M.R. e Silva<sup>2</sup>, M.M.V.G.

<sup>1</sup>Instituto Politécnico de Castelo Branco, Quinta da Senhora Mércules, 6000 Castelo Branco, Portugal

<sup>2</sup>Departamento do Ciências da Terra, Largo Marquês de Pombal, 3000 Coimbra, Portugal

\*E-mail: imantunes@esa.ipcb.pt

### Abstract

At Segura, there are different minerals containing phosphorus in their compositions. K-feldspar of granitic rocks has higher  $P_2O_5$  than coexisting plagioclase. K-feldspar and albite of Li-bearing granitic pegmatite veins have higher  $P_2O_5$  content than those of respective feldspar from two-mica granite, probably due to fractional crystallization of the granite magma. Feldspars from muscovite granite and aplite veins have the highest  $P_2O_5$  contents and these rocks are related. Hydroxiapatite occurs in granitic rocks and quartz veins. Fluorapatite also occurs in two-mica granite and muscovite granite. Coexisting montebasite and natromontebasite were found in Li-bearing pegmatite vein. Gormanite occurs in the muscovite granite. Mimetite with unusual As/P ratio of 1.04 and kintoreite are alteration products of galena in quartz veins.

**Keywords:** phosphorus, feldspars, apatite, montebasite, natromontebasite, gormanite, mimetite, kintoreite.

### Resumo

Na região de Segura, ocorrem diversos minerais com fósforo na sua composição química. O feldspato potássico das rochas graníticas possui teores de  $P_2O_5$  mais elevados que a plagioclase coexistente. O feldspato potássico e a albite do pegmatito granítico contêm teores de  $P_2O_5$  superiores aos dos feldspatos respectivos do granito de duas micas, o que é provavelmente devido a cristalização fracionada do magma granítico. Os feldspatos do granito moscovítico e do aplito granítico são os mais ricos em  $P_2O_5$  e estas rochas estão relacionadas. A hidroxiapatite ocorre nas rochas graníticas e filões de quartzo. No granito de duas micas e no granito moscovítico há, também, fluorapatite. O pegmatito granítico litinífero possui montebasite e natromontebasite. Gormanite foi encontrada no granito moscovítico. Nos filões de quartzo, há mimetite com uma razão invulgar de As/P=1.04 e kintoreite, ambos resultantes da alteração da galena.

**Palavras chave:** fósforo, feldspatos, apatite, montebasite, natromontebasite, gormanite, mimetite, kintoreite.

### Geologia e petrografia

A região de Segura localiza-se na extremidade de Este da Zona Centro Ibérica representada em Portugal, marcando o seu prolongamento para Espanha (Fig. 1).

Os magmas graníticos, Hercínicos, intruíram o Complexo Xisto-Metagrauváquico, de idade Câmbrica, e produziram uma auréola de metamorfismo de contacto com espessura superior a 500 m. O granito de grão médio a grosseiro de duas micas é o dominante na região e passa lateralmente ao granito de grão médio a fino moscovítico (Fig. 1). Os filões de pórfiro granodio-

rítico, subverticais, cortam apenas o Complexo Xisto-Metagrauváquico, enquanto os filões aplíticos, filões pegmatíticos litiníferos e filões de quartzo cortam os granitos e o Complexo. Os filões aplíticos e filões de quartzo com cassiterite e volframite apresentam-se geralmente orientados segundo NW-SE a WNW-ESE, enquanto os filões pegmatíticos litiníferos orientam-se segundo NE-SW e os filões de quartzo com bariete, galena e blenda estão preferencialmente orientados segundo ENE-WSW a NNE-SSW.

Os granitos, aplito e pegmatito graníticos são constituídos, essencialmente, por quartzo, microclina, albite, muscovite, apatite, zircão, rútilo e ilmenite. O granito de duas micas possui, também, biotite, clorite, turmalina e silimanite. O granito moscovítico tem também ortoclase e gormanite. O aplito apresenta turmalina, enquanto que no pegmatito granítico são frequentes topázio, cassiterite, columbite, montebasite e natromontebasite.

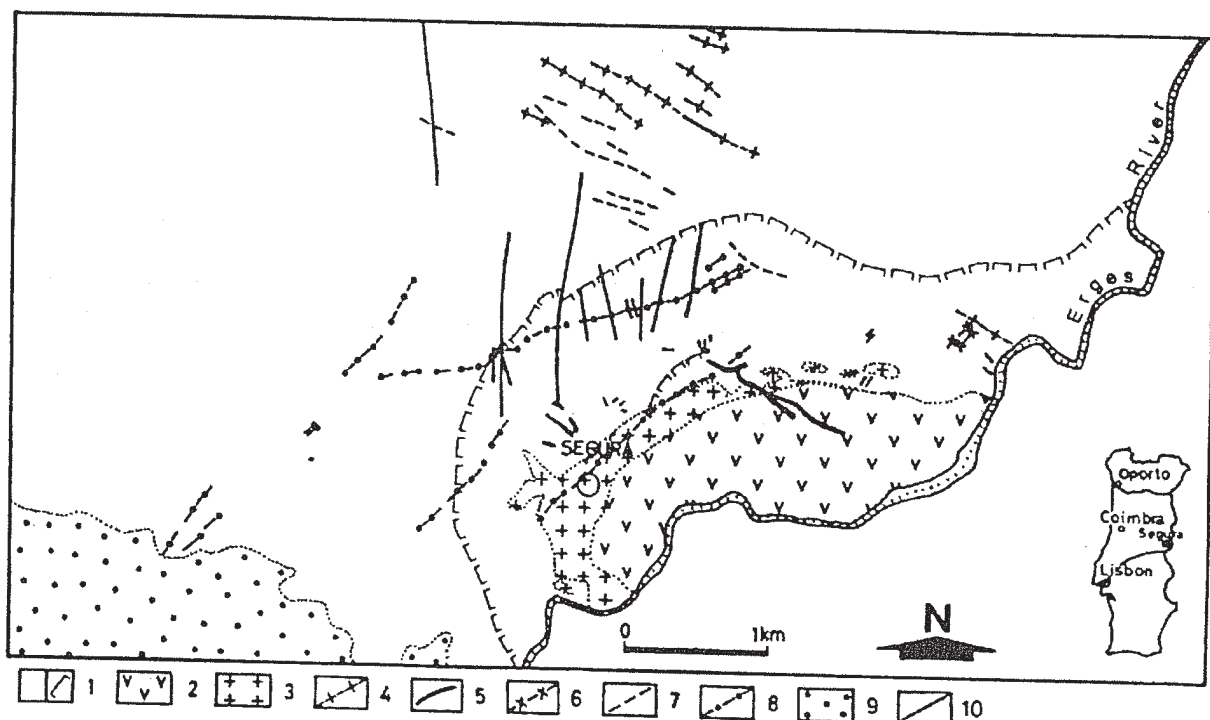


Figura 1: Mapa geológico da área de Segura, Centro de Portugal.

1. Complexo Xisto-Metagrauváquico, auréola de metamorfismo de contacto; 2. granito de grão médio a grosseiro de duas micas; 3. granito de grão médio a fino moscovítico; 4. pórfiro granodiorítico; 5. aplito granítico; 6. pegmatito granítico litinífero; 7. filões de quartzo com cassiterite e volframite; 8. filões de quartzo com barite, galena e blenda; 9. arcoses; 10. falhas.

O pórfiro granodiorítico tem fenocristais de plagioclase, quartzo e biotite. Possui, ainda, quartzo, microclina, plagioclase, biotite, clorite, silimanite, apatite e alguns sulfuretos associados.

Há filões de quartzo com quartzo, moscovite, cassiterite, volframite, pirrotite, arsenopirite, pirite, blenda, calcopirite, matildite, schapbachite, estanite e escorodite. Há ainda filões de quartzo com quartzo, moscovite, clorite, apatite, cobaltite, pirite, blenda, calcopirite, barite e galena localmente alterada para anglesite, mimetite e quintoreíte (Antunes, 1999).

### Feldspatos

Nos cristais individuais de feldspatos que ocorrem nas várias rochas graníticas foram rea-

lizadas análises químicas, por microsonda electrónica, ao longo de perfis sequenciais. Contudo não foi encontrado zonamento químico (Antunes, 1999). Não há distinção significativa na composição do feldspato potássico das rochas graníticas de Segura. A plagioclase do pórfiro granodiorítico é a mais rica em anortite, havendo decréscimo do teor de anortite da plagioclase dos fenocristais para a plagioclase da matriz (Tabela 1).

O feldspato potássico tende a possuir teores mais elevados de  $P_2O_5$  do que a plagioclase coexistente. No granito moscovítico, os feldspatos possuem os teores mais elevados em  $P_2O_5$ , enquanto no pórfiro granodiorítico foram registados os teores mais baixos (Fig. 2). O coeficiente empírico  $D_{[P]}Kf/Pl$  dos feldspatos das

	1	2	3	4	5
K-feldp.	$Or_{88}-Or_{97}$	$Or_{90}-Or_{98}$	$Or_{95}-Or_{100}$	$Or_{93}-Or_{98}$	$Or_{89}-Or_{97}$
Plag.	$An_0-An_5$	$An_1$	$f An_{23}-An_{35}$ $m An_{10}-An_{33}$	$An_2$	$An_0$
$D_{[P]}Kf/Pl$	1.02-1.14	1.18-2.05	2.00	1.19-2.15	1.36-2.14

Tabela 1: Composição química dos feldspatos das rochas graníticas de Segura.

1. Granito de duas micas; 2. granito moscovítico; 3. pórfiro granodiorítico; 4. aplito granítico; 5. pegmatito granítico. K-feldp. – feldspato potássico; Plag. – plagioclase. f – fenocristal; m – matrix.

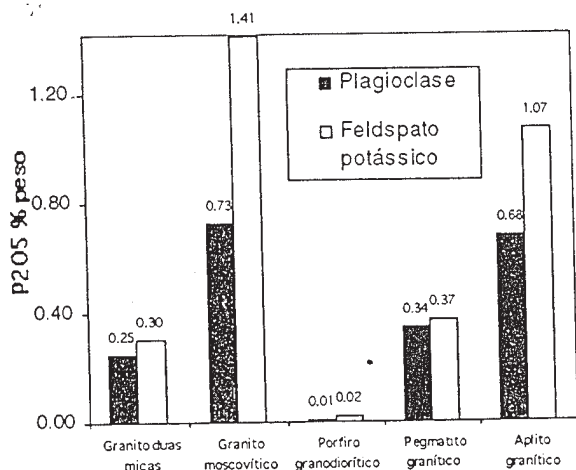


Figura 2: Teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em feldspato potássico e plagioclase coexistentes de rochas graníticas de Segura.

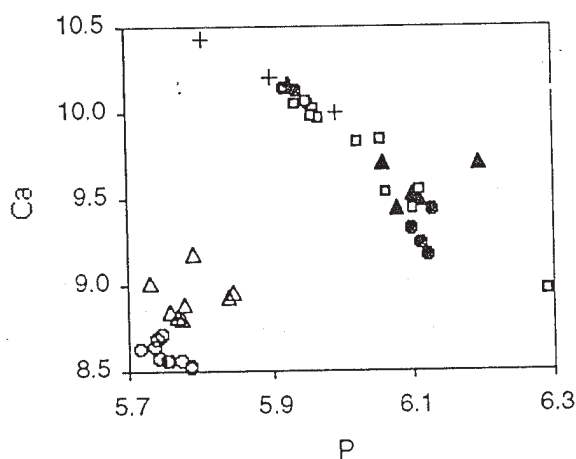


Figura 3: Diagrama de variação P-Ca das apatites das rochas graníticas e filões de quartzo com barite, galena e blenda de Segura. Hidroxiapatite: □ - granito de duas micas; ■ - pegmatito granítico; + - filões de quartzo com barite, galena e blenda. Fluorapatite: △ - granito de duas micas; □ - granito moscovítico.

rochas graníticas (Tabela 1) indica a inexistência de fraccionamento significativa do fósforo entre feldspatos coexistentes (London, 1992; Neiva, 1998).

O feldspato potássico e a albite do pegmatito granítico possuem teores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> superiores aos dos feldspatos respectivos do granito de duas micas, o que pode ser explicado por fraccionamento (Neiva, 1998). Os feldspatos do granito moscovítico e do aplito granítico são os mais ricos em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, podendo reter até 0.92% peso e 0.67% peso do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da rocha granítica respectiva. O granito moscovítico corresponderá a uma pulsação magmática distinta rica em fósforo e o

aplito derivará provavelmente dele. Nos feldspatos do granito de duas micas e do pegmatito granítico estão retidos cerca de 0.46% peso e 0.02% peso de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total da rocha granítica respectiva (Antunes, 1999).

### Apatite

A apatite ocorre nas rochas graníticas e nos filões de quartzo com barite, galena e blenda. A hidroxiapatite é a mais abundante e foi encontrada nos diferentes tipos de rochas. No granito de duas micas e no granito moscovítico há, também, fluorapatite de composição semelhante. A hidroxiapatite dos granitos é mais rica em P e Ca, mas mais pobre em F do que a fluorapatite coexistente (Fig. 3).

### Montebrasite

Os membros da série de solução sólida ambligonite-montebrasite ocorrem frequentemente em pegmatitos, sendo abundantes no pegmatito granítico litífero de Segura. Esta série possui como membros terminais, ambligonite LiAl(PO<sub>4</sub>)F e natromontebrasite LiAl(PO<sub>4</sub>)(OH), podendo variar entre amb<sub>0</sub> e amb<sub>92</sub> (Greiner e Donald, 1987). O Na pode substituir o Li resultando a natromontebrasite (Na,Li)Al(PO<sub>4</sub>)(OH,F), que é um mineral raro mundialmente, tendo sido encontrado apenas em quatro localidades (Gaines *et al.*, 1997). Actualmente, encontra-se, também, em Segura e em Gonçalo (Neiva *et al.*, 2001).

No pegmatito granítico de Segura, a montebrasite e a natromontebrasite primárias encontram-se associadas em cristais individuais subédricos, em que a montebrasite é mais abundante nos núcleos, enquanto a natromontebrasite predomina nos bordos. Estes fosfatos ocorrem nas zonas iniciais da cristalização pegmatítica, sendo contemporâneos do feldspato potássico, mas rodeados por albite e corroídos por lepidolite, albite e quartzo.

As suas composições químicas médias, calculadas na base de 1 átomo de P, são de (Li<sub>0.81</sub>Na<sub>0.19</sub>)<sub>Σ1</sub>Al<sub>0.95</sub>(PO<sub>4</sub>)(OH<sub>0.79</sub>F<sub>0.21</sub>)<sub>Σ1</sub> para a montebrasite e de (Na<sub>0.52</sub>Li<sub>0.48</sub>)<sub>Σ1</sub>Al<sub>0.97</sub>(PO<sub>4</sub>)(OH<sub>0.65</sub>F<sub>0.35</sub>)<sub>Σ1</sub> para a natromontebrasite. Estes fosfatos apresentam uma deficiência em Al que pode ser atribuída a alguma alteração (Neiva *et al.*, 2000).

## Gormanite

No granito moscovítico ocorrem cristais anédricos, pleocróicos de azul a azul esverdeado de gormanite, rodeados de cristais de quartzo. Este fosfato é secundário e de composição média  $(\text{Fe}^{2+}_{2.44}\text{Mn}_{0.16}\text{Mg}_{0.16}\text{Ca}_{0.08})_{\Sigma 2.84}\text{Al}_{3.78}(\text{PO}_4)_{4.20} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , recalculada na base de 19 átomos de oxigénio, que é próxima da fórmula estequiométrica  $\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_4(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Sturman *et al.*, 1982).

## Mimetite

Mimetite ocorre em cristais brancos anédricos associada com quintoreíte em filonetes ao longo de fracturas substituindo a galena dos filões de quartzo com barite, galena e blenda. É um fosfato secundário de composição média  $(\text{Pb}_{4.93}\text{Ca}_{0.22})_{\Sigma 5.15}[(\text{PO}_4)_{1.42}(\text{AsO}_4)_{1.47}]_{\Sigma 2.89}\text{Cl}_{1.23}$ , calculada na base de 13 aniões. Aproxima-se de um membro intermédio da série piromorfite  $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$  – mimetite  $\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$  (Baker, 1966). Os teores consideráveis de As e P que possui conferem-lhe uma razão As/P de 1.04, bastante invulgar em ambientes naturais (Neiva *et al.*, 2000).

## Quintoreíte

A quintoreíte é um fosfato secundário branco anédrico que ocorre associado à anglesite e mimetite nos filões de quartzo com barite, galena e blenda. Tem uma composição média de  $\text{Pb}_{1.02}\text{Fe}_3[(\text{PO}_4)_{2.08}(\text{SO}_4)_{0.12}]_{\Sigma 2.20}(\text{OH},\text{H}_2\text{O})_{6.2}$ , calculada na base de 3 átomos de Fe, que se aproxima da fórmula química para este mineral  $\text{PbFe}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH},\text{H}_2\text{O})_6$ , excepto no que se refere às quantidades de OH e  $\text{H}_2\text{O}$  presentes na sua estrutura. A quintoreíte é um mineral descrito recentemente como uma nova espécie mineral (Ping *et al.*, 1995).

## Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. B. J. Wood pelo uso da microsonda electrónica no Department of Earth Sciences, University of Bristol, U.K., segundo the EUGF – Bristol facility contract ERBFMGECT 980128 e também ao Prof. M. R. Machado Leite e Doutor J. M. Farinha Ramos por termos analisado os fosfatos na microsonda electrónica do IGM, S. Mamede de Infesta, Portugal.

## Referências

- Antunes, I.M.H.R. (1999): *Impacte ambiental de antigas explorações mineiras na região de Segura*. Tese de Mestrado em Geociências. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 162 pp.
- Baker, W.E. (1966): An X-ray diffraction study of synthetic members of the pyromorphite series. *Amer. Miner.*, 51: 1712-1721.
- Gaines, R.V., Skinner, H.C.W., Foord, E.E., Mason, B. e Rosenzweig, A. (1997): *Dana's New Mineralogy*. Eighth Edition: John Willey and Sons, INC.
- Greiner, D.J. e Donald, B.F. (1987): Amblygonite-montebrazite optics: response to (OH<sup>-</sup>) orientation and rapid estimation of F from 2V. *Amer. Miner.*, 75: 617-624.
- London, D. (1992): Phosphorus in S-type magmas: The  $\text{P}_2\text{O}_5$  content of feldspars from peraluminous granites, pegmatites and rhyolites. *Amer. Miner.*, 77: 126-145.
- Neiva, A.M.R. (1998): Phosphorus in highly peraluminous granites between Douro and Tamega Valleys, Northern Portugal. *Acta Universitatis Carolinae – Geologica* 42(1): 80-82.
- Neiva, A.M.R., Silva, M.M.V.G., Antunes, I.M.H.R. e Ramos, J.M.F. (2000): Phosphate minerals of some granitic rocks and associated quartz veins from northern and central Portugal. *Jour. Chez. Geol. Soc.*, 45/3-4: 1-9.
- Neiva, A.M.R., Silva, M.M.V.G., Antunes, I.M.H.R. e Ramos, J.M.F. (2001): Phosphate minerals of some granitic rocks and quartz veins from northern and central Portugal; *Jour. of EUG XI Conference Abstracts*, Estrasburgo: Vol. 6, number 1: 549 pp.
- Ping, A., Birch, W.D., Dawe, J., Taylor, M., Deliens, M. e Walenta, K. (1995): Kintoreite,  $\text{PbFe}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH},\text{H}_2\text{O})_6$ , a new mineral of the jarosite-alunite family, and lusungite discredited. *Min. Mag.*, 59: 143-148.
- Sturman, B.D., Mandarino, J.A., Mrose, M.E., Dunn e P.J. (1982): Gormanite,  $\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_4(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , the ferrous analogue of souzalite and new data for souzalite. *Can. Miner.*, 19: 381-387.