

ACOPIOS

An Iberian Mineralogist Journal

ISSN 2171-7788



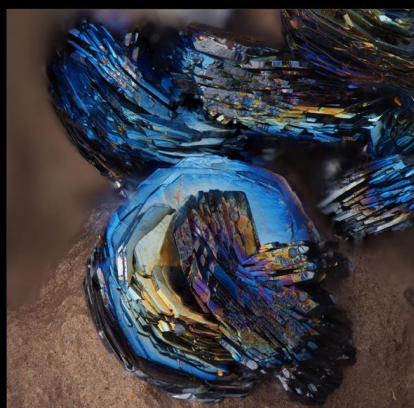
V82017

MTIEDIT

ACOPIOS

An Iberian Mineralogist Journal

ISSN 2171-7788



V82017

MTIEDIT

ACOPIOS

An Iberian Mineralogist Journal
Revista Ibérica de Mineralogía

Volumen 8, 2017 ISSN 2171-7788

DIRECTOR/DIRETOR

Pedro Alves

Landscape, Heritage and Territory Laboratory
(Lab2PT), Universidade do Minho, Braga.

Laboratório Mineralógico da EPDM, Ajustrel,
Portugal

EDITOR JEFE/EDITOR CHEFE

Jesús Alonso

Museo de Ciencias Naturales de Álava,
Vitoria-Gasteiz, País Vasco, España

COMITÉ ASESOR/COMITÉ ASSESSOR

Álvaro Pinto

Ore Petrologist, Faculdade de Ciências da
Universidade de Lisboa.

Director Executivo, Centro de Ciência Viva
do Lousal, Mina de Ciência, Portugal

Carlos Alves

Depart. Ciências da Terra/Escola de Ciências,
Universidade do Minho, Braga, Portugal.

Laboratório de Paisagens (LandS/Lab2PT),
Universidade do Minho, Braga, Portugal.

Cosme Pérez-Puig

Ingeniero Geólogo - Ingeniero de Minas

EDITA

MTIEDIT, Vitoria-Gasteiz, 2017

Versión impresa de su original *on line*
http://issuu.com/malacate/docs/V8_2017

Editada en España - Edited in Spain

ACOPIOS

An Iberian Mineralogist Journal

Revista Ibérica de Mineralogía

MTIEDIT ISSN 2171-7788

Sumario/Sumário

A. MARTÍNEZ

Nueva aportación mineralógica para las minas de Penouta

(Boal, Asturias, España)..... 1-10

P. ALVES & A. KAMPF

Serrabrancaita de la mina Sítio do Castelo, Folgoso

(Guarda, Portugal) 11-15

P. ALVES & A. KAMPF

A mina de ferro e manganês da Herdade dos Pendões,

Odemira, sudoeste de Portugal..... 17-62

ACOPIOS

An Iberian Mineralogist Journal
Revista Ibérica de Mineralogía

Volumen 8, 2017

Notas Breves

Nueva aportación mineralógica para las minas de Penouta (Boal, Asturias, España)

Álvaro Martínez
alvaro@bizkaia.eu

INTRODUCCIÓN

El Plutón de Boal es el mayor cuerpo ígneo de la Comunidad autónoma de Asturias y en relación con esta estructura geológica se encuentran varios indicios de wolframio explotados en diferentes épocas, los más importantes están situados en las estribaciones del monte Penouta, que beneficiaron principalmente los grupos de filones conocidos como Penouta y La Faya. Tras muchos años de inactividad es difícil reconocer restos mineros en la zona y la búsqueda de ejemplares se torna complicada. Sin embargo, en los últimos años, fruto del trabajo de entusiastas y aficionados se han producido algunos hallazgos interesantes.

Este trabajo tiene como objeto dar a conocer uno de esos pequeños hallazgos que normalmente pasan desapercibidos, la aparición de pequeños cristales de rutilo, asociados en ocasiones a scheelita en las oquedades de un greisen rico en moscovita.

GEOLOGÍA Y MINERÍA

El Plutón de Boal y los principales yacimientos de wolframio asociados a este se encuentran al centro-oeste de la Hoja Magna 0026 Boal, en la zona Asturoccidental-Leonesa.

El cuerpo plutónico se encuentra enclavado en una serie detrítica de edad Ordovícico medio conocida como Pizarras de Luarca constituida por pizarras negras ricas en materia orgánica y abundante pirita. A techo de esta formación se presenta un nivel cuarcítico, conocido como cuarcita de Sabugo. Todas estas rocas se encuentran afectadas por un metamorfismo posterior generado por el emplazamiento del cuerpo granítico desarrollándose una amplia aureola de metamorfismo de contacto. Las rocas

afectadas por esta aureola presentan en ciertas zonas un aspecto noduloso a causa de los porfidoblastos de andalucita generados durante el metamorfismo.

Los afloramientos de rocas ígneas ocupan una superficie aproximada de unos 18 km², cuya composición varía desde granitos a granodioritas, asimismo presenta dos facies texturales macroscópicas bien diferenciadas, una de grano grueso y que ocasionalmente contiene megacrystales de feldespato potásico y otra moscovítica y de grano fino. El emplazamiento del cuerpo se produjo durante la orogenia Hercínica, de manera posterior a las fases principales de deformación (Marcos et al., 1980).

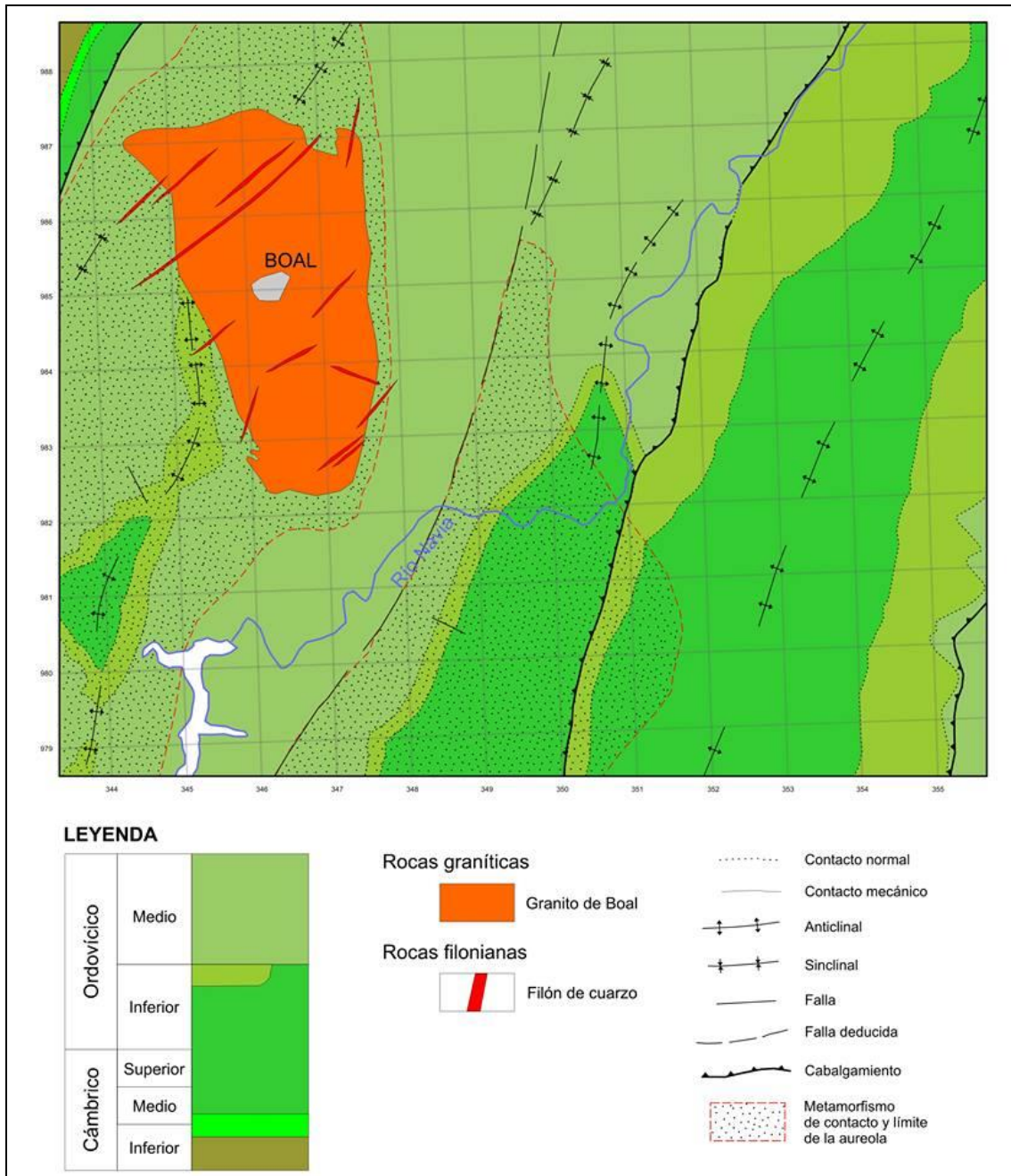


Figura 1: Mapa esquemático del plutón de Boal y sus alrededores.

En relación con el Plutón de Boal aparecen dos tipos de cuerpos filonianos, diques de pórfido alterado que siguen la estratificación de las pizarras y filones de cuarzo, que en ocasiones presentan tramos aplíticos y pegmatíticos, especialmente en las salbandas de los filones más importantes que pertenecen a los grupos Penouta, La Bastiana y de la

Faya (Llopis Lladó, 1961). Este tipo de estructuras filonianas son las que han sido beneficiadas para la obtención de wolframio.

Los filones mineralizados tienen normalmente direcciones NE-SW y buzamientos en torno a los 70-90 grados.

Las salbandas de estos filones están en ocasiones afectadas por procesos de albitización y greisenización siendo este último proceso gradual que va desde un granito inalterado hasta un greisen totalmente compuesto por moscovita, pasando por composiciones intermedias con cantidades variables de cuarzo y moscovita.

Es precisamente en este greisen monomineral compuesto por moscovita de grano fino donde se encuentran los cristales de rutilo, scheelita, moscovita y bertrandita que a continuación se describen.



Figura 2: Pequeño cúmulo de fragmentos de filón de cuarzo, en el centro de la imagen se observa un bloque de greisen portador de mineralización (Fot. Álvaro Martínez).

Rutilo

El rutilo se había encontrado anteriormente en esta localidad (Llopis Lladó, 1961) (Ribagorda, 2015) pero en todos los casos se trataba de cristales solamente observables mediante técnicas de microscopía.

Sin embargo, en este caso los cristales de rutilo aparecen como cristales individuales, o más frecuentemente como asociaciones de cristales maclados formando un enrejado bidimensional sobre la moscovita cristalizada en las pequeñas oquedades del greisen, frecuentemente asociados a scheelita.

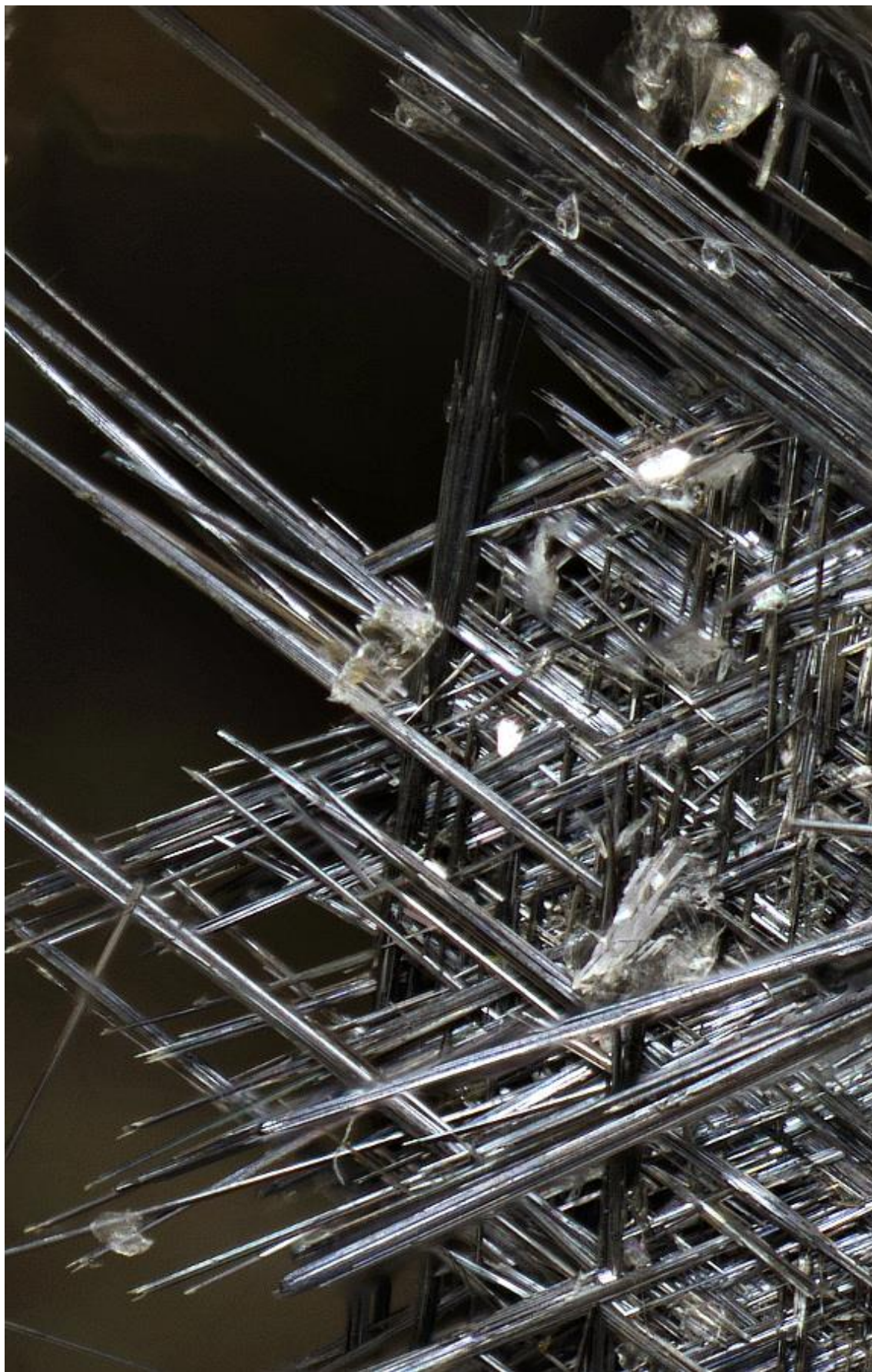


Figura 3: *Detalle de los agregados de rutilo. Encuadre 1,1 mm (Fot. E. Ortiz de Zárate).*



Figura 4: *Cavidad con cristales maclados de rutilo. Encuadre 5,5 mm (Fot. E. Ortiz de Zárate).*

Los cristales son de color oscuro y tienen unas dimensiones de unos pocos milímetros, aunque algunas asociaciones de cristales llegan al centímetro en su dimensión mayor.

Scheelita

La scheelita ha sido el principal mineral de wolframio explotado en las labores del Monte Penouta seguida en mucha menor medida por minerales del grupo de la Hubnerita-Ferberita. En la época de explotación del yacimiento fueron famosos los grandes cristales bipiramidales que aparecieron, y que actualmente se consideran entre los mejores para la especie encontrados en España.

Los cristales encontrados en las oquedades del greisen de moscovita tienen usualmente un tamaño mucho menor, de unos pocos milímetros, aunque puntualmente llegan a pasar del centímetro, con un característico color amarillo anaranjado típico del yacimiento. Se han desarrollado libremente y en ocasiones presentan crecimientos escalonados y marcas de pequeños cristales de moscovita.



Figura 5: *Detalle de los agregados de rutilo. Encuadre 1,6 mm (Fot. E. Ortiz de Zárate).*



Figura 6: *Agregado cristalino de rutilo en moscovita. Encuadre 3 mm (Fot. E. Ortiz de Zárate).*



Figura 7: *Cristal bipiramidal de scheelita. Encuadre 3 mm (Fot. E. Ortiz de Zárate).*



Figura 8: *Cristal de scheelita con moscovita. Encuadre 3 mm (Fot. E. Ortiz de Zárate).*

Moscovita

La moscovita es el constituyente principal del greisen mineralizado y también aparece como un pequeño tapiz de pequeños cristales hexagonales en los huecos donde se encuentran el resto de minerales.



Figura 9: *Cristal de scheelita con huecos de cristales de moscovita en la superficie. Encuadre 3 mm (Fot. E. Ortiz de Zárate).*



Figura 10: *Scheelita en pequeña cavidad tapizada de cristales de moscovita. Encuadre 11,3 mm (Fot. E. Ortiz de Zárate).*

Los bloques de greisen presentan un tacto sedoso y están compuestos por multitud de cristales que se desmenuzan con facilidad.



Figura 11: *Cristales de moscovita asociados a scheelita. Encuadre 4,25 mm (Fot. E. Ortiz de Zárate).*



Figura 22: *Cristales de moscovita asociados a scheelita. Encuadre 4,25 mm (Fot. E. Ortiz de Zárate).*

Bertrandita

La bertrandita es un mineral del que se han encontrado notables ejemplares en los filones presentes en el granito de Boal, formada presumiblemente por la alteración del berilo que contienen. A pesar de aparecer en cristales de buena calidad para la especie

pasó desapercibida durante la etapa de explotación. Está presente como pequeñas láminas y agregados cristalinos de color blanco.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a Enrique Ortiz de Zárate su contribución con las fotografías de minerales que acompañan esta nota; a Santos Barrios Sánchez por su ayuda con la ilustración del mapa y a Jesús Alonso por sus consejos y sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA

LLOPIS LLADÓ, N. (1961). Estudio geológico del plutón de Boal (Asturias) y sus yacimientos de wolframio. *Breviora Geologica Asturica*: **5** (3,4): 3-52.

MARCOS, A.; PULGAR, J.A. & MARTINEZ, F.J. (1980). Memoria Mapa Geológico de Boal. MAGNA 026. 1:50000. Segunda serie – Primera edición. **1**: 3-10

MESA, M. (2013). El plutón de Boal, Asturias. Foro de Mineralogía Formativa FMF: <http://www.foro-minerales.com/forum/viewtopic.php?t=9756>.

RIBAGORDA C. (2015). Investigación y modelización del yacimiento de wolframio de Penouta, Boal, Asturias. Trabajo Fin de Máster en el Máster Universitario en Recursos Geológicos e Ingeniería Geológica de la Universidad de Oviedo.

Notas Breves

Serrabrancaíta de la mina Sitio do Castelo, Folgoso (Guarda, Portugal)

Pedro Alves^(1,2), Anthony Kampf⁽³⁾

⁽¹⁾ Landscape, Heritage and Territory Laboratory (Lab2PT), Universidade do Minho, Braga, Portugal.
pedroalves.dct@gmail.com

⁽²⁾ Laboratório Mineralógico da EPDM, Aljustrel, Portugal
pedro.nunoalves@epdm.pt

⁽³⁾ Mineral Sciences Department, Natural History Museum of Los Angeles County, 900 Exposition
Boulevard, Los Angeles, CA 90007, USA
akampf@nhm.org

INTRODUCCIÓN

La mina Sítio do Castelo, también conocida como mina de Folgoso, es una de las localidades portuguesas más interesantes en lo que respecta a minerales del grupo de los fosfatos. Esta antigua mina de cuarzo y volframio situada en el parque natural de Serra da Estrela, centro de Portugal, ha revelado a lo largo de los años y de varias publicaciones (Rewitzer y Röschl, 1984; Garate-Olabe *et al*, 2012; Alves *et al*, 2012; Alves, 2015; Kampf *et al*, 2017) una paragénesis extensa y muy interesante. Entre las especies más raras se incluye la zairita, lun'okita y la ecandrewsita, además de una especie con LT (localidad-tipo) en Folgoso, la zincostrunzita (Kampf *et al*, 2017). Al ser una de las localidades de Portugal más visitadas por los mineralogistas, la lista de especies minerales sigue creciendo. Esta breve nota presenta la identificación en la mina Sitio do Castelo de la serrabrancaíta, un raro fosfato de manganeso, conocido sobre todo en las pegmatitas de Serra Branca y Conselheiro Pena, Brasil.

SERRABRANCAÍTA

La Serrabrancaíta es un fosfato hidratado de manganeso, de fórmula ideal $MnPO_4 \cdot H_2O$. Debe su nombre a la LT – la pegmatita de Alto da Serra Branca, Pedra Lavrada, Paraíba, Brasil (Witzke *et al*, 2000). La pegmatita de Serra Branca presenta dos linajes evolutivos de fosfatos que tienen como precursores la triplita y la trifilita. Los dos fosfatos primarios se presentan aquí como miembros extremos, o casi, de sus series (Witzke *et al*, 2000). La serrabrancaíta ha evolucionado a partir de la triplita, presenta contenidos de Fe casi nulos y está asociada a otros minerales secundarios de Mn. El mineral se conoce en otra localidad del Brasil siempre asociada a la bermanita, en la mina de Eduardo, Conselheiro Pena. Fue primeramente observada por Sergio Varvello, coleccionista italiano y gran conocedor de los fosfatos de Brasil.

En Europa el mineral se conoce en la pegmatita Julianna, en Polonia (Pieczka *et al*, 2015). Como sucede en Brasil, el mineral se encuentra aquí asociado a otros fosfatos secundarios de Mn que evolucionaron a partir de la litiofilita (Pieczka *et al*, 2015): purpurita, hureaulita, robertsita/pararobertsita, triploidita/joosteíta. La bermanita, mineral que casi siempre acompaña a la serrabrancaíta, no ha sido citada aquí. La famosa pegmatita de Buranga, en Ruanda y la pegmatita de Morefield, Virginia (EUA), son otras localidades donde la serrabrancaíta ha sido citada.

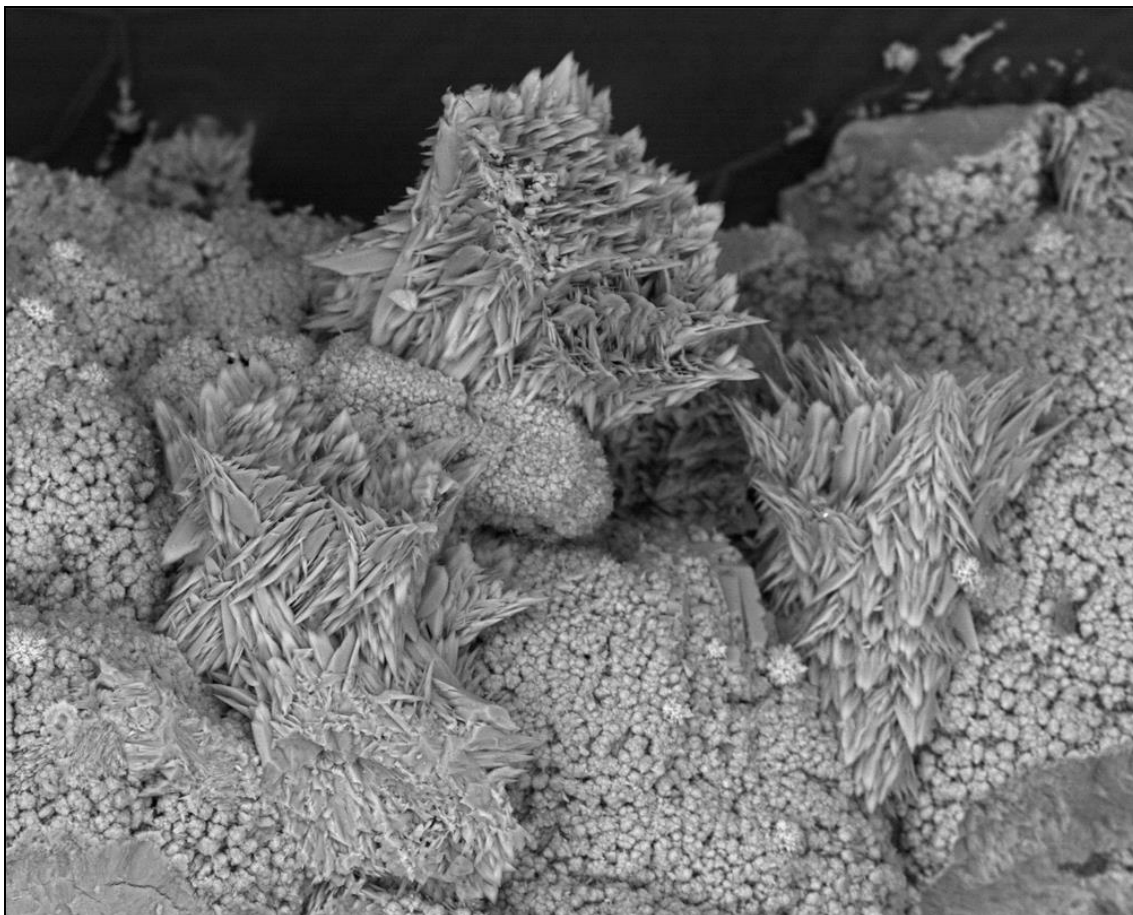


Figura 3: Foto SEM de agregados arborescentes de serrabrancaíta sobre fosfosiderita. Encuadre 215 μm . Colección y foto P. Alves.

En Folgosinho, al contrario que en las otras localidades, la serrabrancaíta ha evolucionado a partir de un fosfato de Fe, la zwieselita. Aunque el mineral se asocia siempre a la bermanita, y a veces a la nsutita, la paragénesis donde se encuentra es dominada por minerales secundarios de Fe, en especial la fosfosiderita. La serrabrancaíta de Folgosinho se formó en un ambiente con una elevada actividad del Fe, contrariamente a lo que la pasa en las otras localidades, hecho que parece ser responsable de los contenidos en Fe observados en el mineral. La composición química obtenida por EDS se traduce en la siguiente fórmula: $(\text{Mn}_{0.8}, \text{Fe}_{0.2})\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

La serrabrancaíta de Folgosinho suele presentarse en dos modos diferentes: como agregados arborescentes compuestos por cristales de hábito triangular y color marrón claro a medio, dispuestos sobre la fosfosiderita, siempre asociada a la bermanita y lansutita (Figs. 1, 2 y 3); o como ‘erizos’ más o menos cerrados de color marrón oscuro sobre la bermanita (Fig. 4), a veces recubiertos por hidróxidos de Mn.

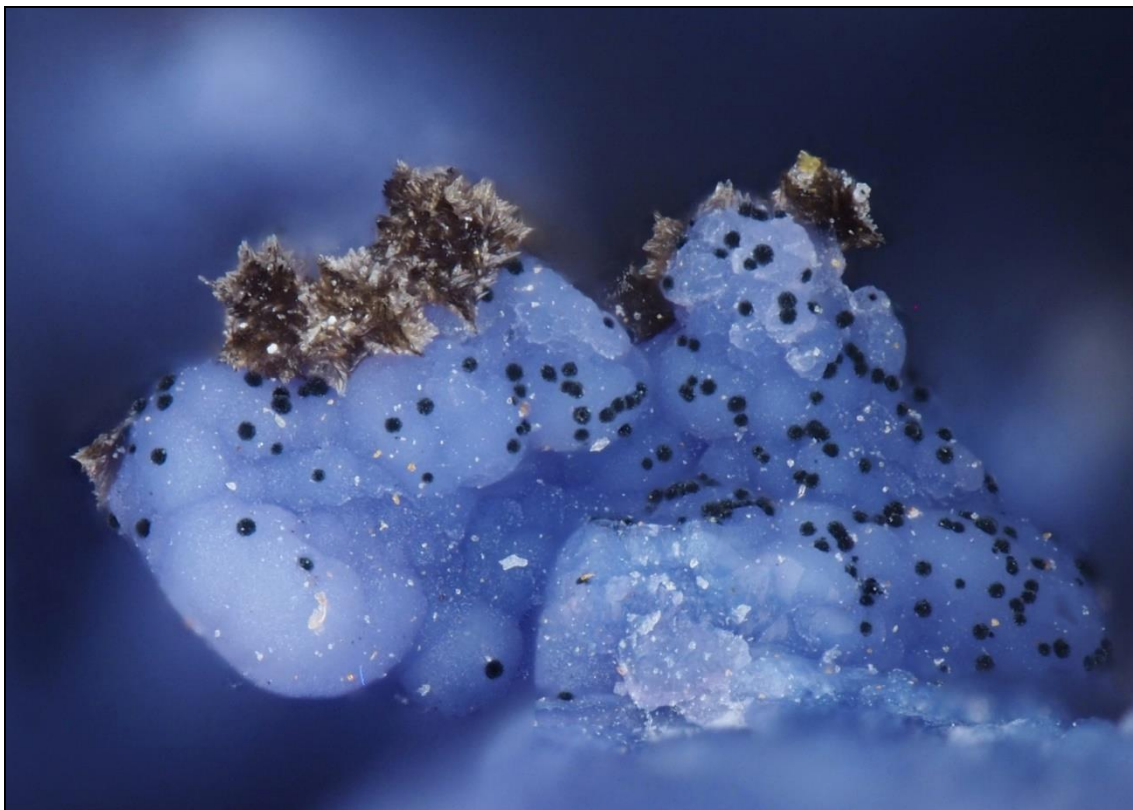


Figura 2: Grupo de cristales arborescentes de serrabrancaíta sobre fosfosiderita. La nsutita está presente en forma de esferas negras. Encuadre 0,65 mm. Colección y foto P. Alves.

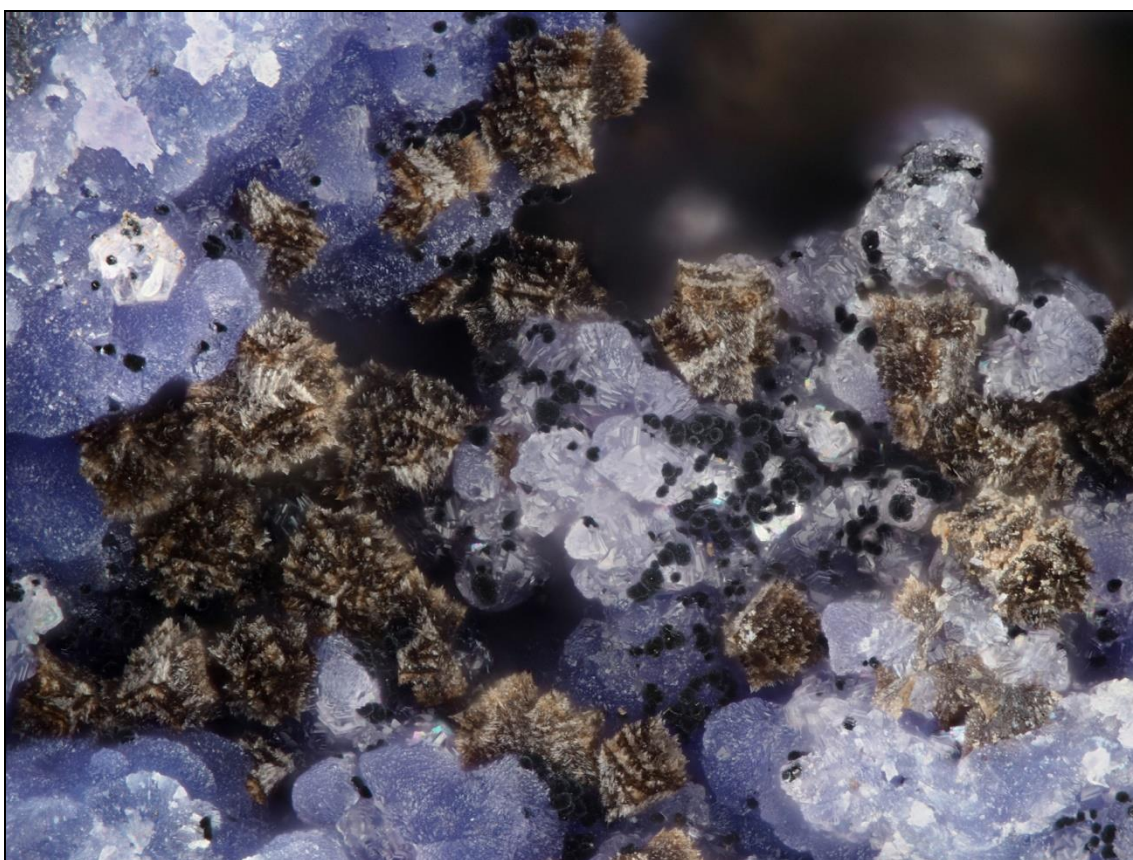


Figura 3: Grupo de cristales arborescentes de serrabrancaíta sobre fosfosiderita. La nsutita está presente en forma de esferas negras. Encuadre 1,4 mm. Colección y foto P. Alves.

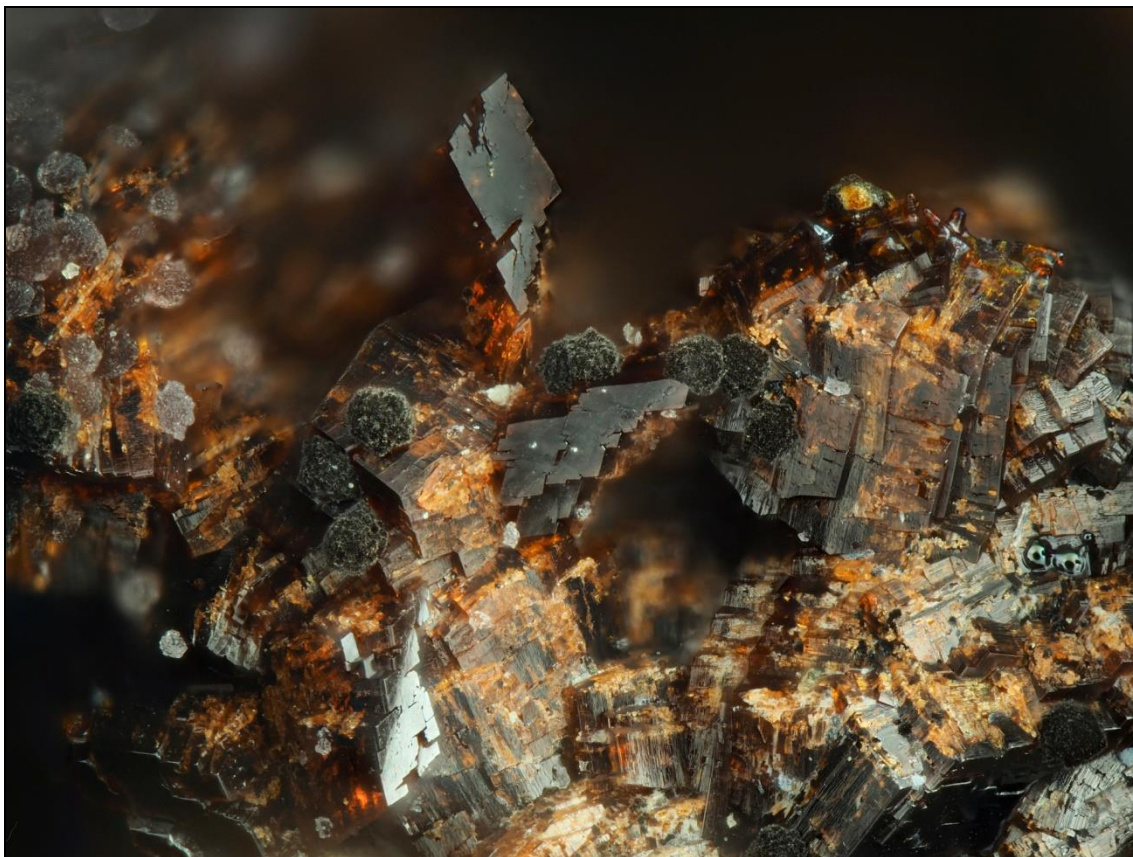


Figura 4: Grupo de 'erizos' de serrabrancaíta sobre bermanita. Encuadre 1,4 mm. Colección y foto P. Alves.

El mineral no parece ser demasiado raro en Folgoso, el motivo de que no se haya identificado antes es el reducido tamaño bajo el cual suele presentarse (el valor medio de estos agregados ronda las 50 μ m) y también su similitud con otros minerales presentes en Folgoso.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean mostrar su agradecimiento a Sergio Varvelo, descubridor de la serrabrancaíta en Folgoso, por habernos facilitado muestras para análisis, fundamentales para este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

ALVES, P.; LEAL GOMES, C. & LOPES NUNES, J.E (2012). Produtos de evolução de triplite-zwieselite, fluorapatite e isokite da mina Sítio do Castelo (Folgoso, Guarda). II Congresso Jovens Investigadores em Geociências, LEG 2012.

ALVES, P (2015). Folgoso: Fosfatos secundarios de la mina Sitio do Castelo. *Revista de Minerale*, 2015/2: 6-27.

GARATE-OLABE, I.; RODA-ROBLES, E.; GIL-CRESPO, P.; PÉREZ, A.; VIEIRA, R. & LIMA, A. (2012). Estudio Textural y Mineralogico del Dique de Cuarzo con Fosfatos de Folgoso (Guarda, Portugal). *Macla*, **16**: 220-221.

KAMPF, A.R.; GREY, I.E.; ALVES, P.; MILLS, S.J.; NASH, B.P.; MACRAE, C.M. & KECK, E. (2017). Zincostrunzite, $ZnFe^{3+}_2(PO_4)_2(OH)_2 \cdot 6.5H_2O$, a new mineral from the

Sítio do Castelo mine, Portugal, and the Hagendorf-Sud pegmatite, Germany. *European Journal of Mineralogy*, **29**: 315-322.

DOI: 10.1127/ejm/2017/0029-2593

PIECZKA, A.; WŁODEK, A.; GOŁĘBIOWSKA, B.; SZEŁĘG, E.; SZUSZKIEWICZ, A.; ILNICKI, S.; NEJBERT, K. & TURNIAK, K. (2015). Phosphate-bearing pegmatites in the Góry Sowie Block and adjacent areas, Sudetes, SW Poland. 7th International Symposium on Granitic Pegmatites, PEG 2015 Książ, Poland. Abstracts: 77-78

REWITZER, C. & RÖSCHL, N. (1984). Portugal - locality descriptions and travel recommendations. *Lapis*, **9** (12): 13-17.

WITZKE, T.; WEGNER, R.; DOERING, T.; PÖLLMANN, H. & SCHUCKMANN, W. (2000). Serrabrancaite, $MnPO_4 \cdot H_2O$, a new mineral from the Alto Serra Branca pegmatite, Pedra Lavrada, Paraíba, Brazil. *American Mineralogist*, **85**: 847-849.

DOI: 10.2138/am-2000-5-627

A mina de ferro e manganês da Herdade dos Pendões, Odemira, sudoeste de Portugal

Pedro Alves ^(1,2) & Anthony Kampf ⁽³⁾

⁽¹⁾ Landscape, Heritage and Territory Laboratory (Lab2PT), Universidade do Minho, 4800-058 Guimarães, Portugal.

pedroalves.dct@gmail.com

⁽²⁾ Laboratório Mineralógico da EPDM, Aljustrel, Portugal

pedro.nunoalves@epdm.pt

⁽³⁾ Mineral Sciences Department, Natural History Museum of Los Angeles County, 900 Exposition Boulevard, Los Angeles, CA 90007, USA

akampf@nhm.org

Resumo

ALVES, P. & KAMPF, A. (2017). A mina de ferro e manganês da Herdade dos Pendões, Odemira, sudoeste de Portugal. *Acopios*, **8**: 17-62.

A Herdade dos Pendões é uma antiga mina de ferro e manganês situada a cerca de 5 km a norte da vila de Odemira, sudoeste de Portugal. Este depósito de pequena dimensão apresenta ainda mineralizações de cobre e zinco, ambas supergênicas e sem valor económico. A paragênese cuprífera é a mais exuberante, marcada pela estética e raridade das espécies identificadas, algumas delas inéditas em Portugal. É o caso da zincolibethenite, que ocorre aqui sob forma de exemplares que figuram entre os melhores a nível mundial. Outros minerais dignos de destaque são a santabarbarite, a calcofanite e fases do grupo da jahnsite.

Palabras clave: Pendões, Odemira, cobre, ferro, zincolibethenite.

Resumen

ALVES, P. & KAMPF, A. (2017). La mina de hierro y manganeso de Herdade dos Pendões, Odemira, suroeste de Portugal. *Acopios*, **8**: 17-62.

Herdade do Pendões es una antigua mina de hierro y manganeso situada a unos 5 km al norte de la villa de Odemira, suroeste de Portugal. Este depósito de pequeña dimensión presenta también mineralizaciones de cobre y zinc, ambas supergênicas y sin valor económico. La paragênese cuprífera es la más exuberante, marcada por la estética y la rareza de las especies identificadas, algunas de ellas inéditas en Portugal. Es el caso de la zincolibethenita, que se presenta aquí bajo forma de ejemplares que figuran entre los mejores a nivel mundial. Otros minerales dignos de destaque son la santabarbarita, la calcofanita y fases del grupo de la jahnsita.

Palabras clave: Pendões, Odemira, cobre, hierro, zincolibethenita.

Abstract

ALVES, P. & KAMPF, A. (2017). The iron and manganese mine of Herdade dos Pendões, Odemira, southwest Portugal. *Acopios*, **8**: 17-62.

Herdade dos Pendões is an old iron and manganese mine located about 5 km north of the village of Odemira, southwest of Portugal. This small deposit also has copper and zinc ore, both supergenic and of no economic value. The copper paragenesis is the most exuberant, marked by the aesthetics and rarity of the species identified, some of them unpublished in Portugal. This is the case of zincolibethenite, which occurs here in the form of specimens that are among the best in the world. Other noteworthy minerals are santabarbarite, chalcophanite and members of the jahnsite group.

Keywords: Pendões, Odemira, Cercal, copper, iron, zincolibethenite.

ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

Os trabalhos mineiros mais antigos na Herdade dos Pendões datam, provavelmente, da época da ocupação romana (Roldan Y Pego, 1898). Contudo este poderá ser mais um caso de uma generalização que tende a atribuir aos romanos todos os trabalhos mineiros antigos. O que sim pode ser afirmado é que na antiguidade existiram aqui trabalhos de extração e obtenção de ferro. As marcas deixadas por essa atividade ainda são visíveis hoje em dia, quer seja pelo desenho das galerias ou pelas escórias que facilmente se encontram na envoltória da mina.



Figura 4: Vista atual da área mineira da Herdade dos Pendões. Foto Pedro Alves, setembro 2016.



Figura 2: Entrada da galeria nº4. Foto Pedro Alves, setembro 2016.

Na era moderna, os primeiros passos da atividade mineira são dados em 1866 com o registo da descoberta por António Joaquim da Silva Negrão, curiosamente com o

objetivo de beneficiar minérios de cobre. O pedido foi feito para ferro e outros metais (cobre) sob o nome de Serro (ou Cerro) das Furnas. O nome corresponde o local onde foi feita a descoberta, dentro da Herdade dos Pendões, propriedade de João Evangelista de Sousa Pereira, de Lisboa. A mina foi abandonada pouco depois, por desinteresse. Em fevereiro de 1873, no Governo Civil de Beja, foi aberto um concurso publico para a sua adjudicação, ao qual não compareceu ninguém interessado. Os direitos de exploração caducaram a 30 de novembro de 1877 e mina passou à situação de campo livre (nº77) a 16 de novembro de 1886.



Figura 3: Vista atual da área mineira da Herdade dos Pendões. Esquerda: Trabalhos antigos (Romanos ou pré-Romanos?). Foto Pedro Alves, abril 2017. Direita: galeria em direção (galeria nº3) Foto Alexandre Pedroso, abril 2017.

Ainda no século XIX, a 20 de fevereiro de 1897, Francisco Ximenes regista a descoberta. A 27 de março desse ano pede que seja reconhecido como descobridor legal, o que seria concedido dois anos mais tarde, a 19 de junho de 1899. No mesmo ano em que foi declarado descobridor legal, Francisco Ximenes faz o pedido de concessão, a 18 de dezembro de 1899. Para diretor técnico nomeou Alberto Pedro da Silva. Uma vez mais o parecer do Conselho foi favorável e o alvará é concedido a 8 de outubro de 1900, agora sob o nome de Herdade dos Pendões, mina nº 323, para ferro e manganês.

A lavra foi breve, pois a 5 de outubro de 1905 a circunscrição mineira informa que a mina se encontra abandonada. O alvará de abandono é publicado pouco depois, a 25 de janeiro de 1906. No ano seguinte, a 20 abril, é emitida uma portaria para concurso da mina, fixando o dia 6 de junho. John Hollway mostra-se interessado e propõe explorar a concessão pagando ao Estado 3,1% do valor bruto do minério à boca da mina. Para diretor técnico, nomeou João Teodoro Ferreira Pinto Basto. Todos os processos legais

são cumpridos antes do final do ano de 1907, com a publicação do alvará de adjudicação a 30 de agosto.

A mina muda de proprietário em 1908. Elisabeth King Hollway, herdeira de John Hollway, solicita a transmissão para a Henry Burnay & C^a. Este pedido é feito a 4 de julho, e ainda durante esse mês o Conselho aprova e publica a portaria que autoriza a transmissão (D.G. 157 de 17 de julho de 1907).

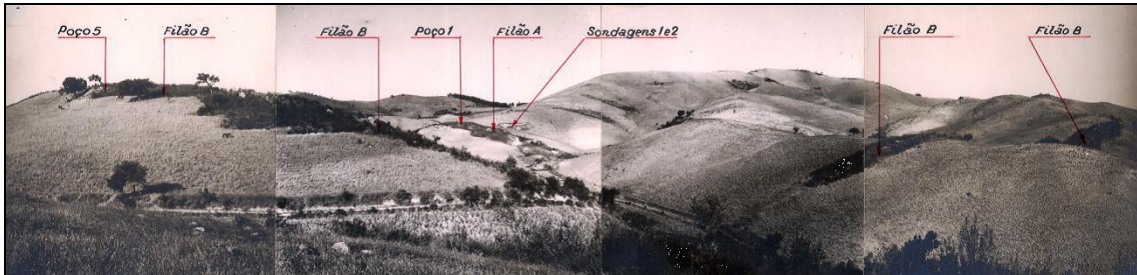


Figura 4: Vista geral dos trabalhos na mina da Herdade dos Pendões, com os filões A e B. Extraído de Rosa et al, 2013.

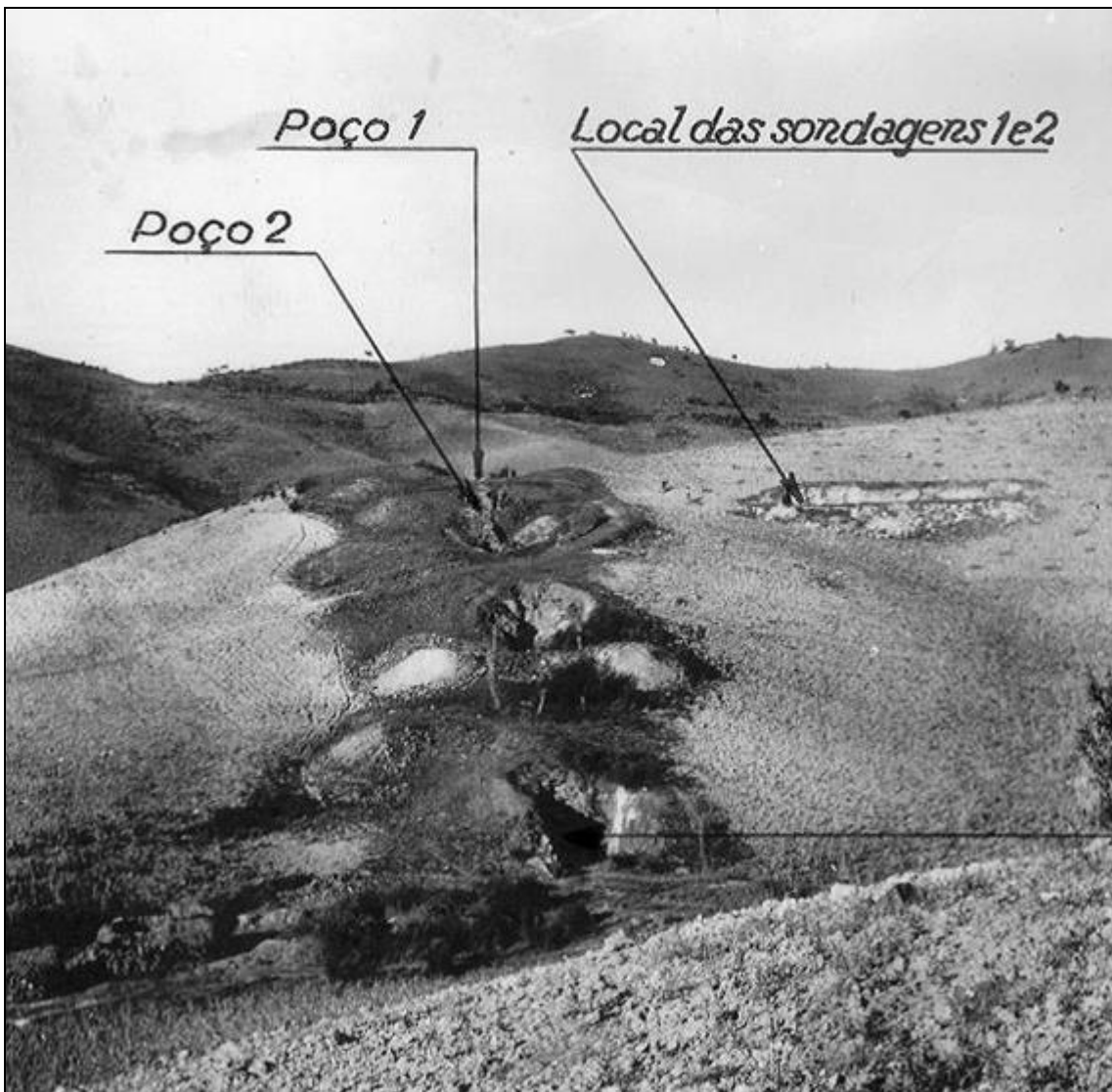


Figura 5: Trabalhos mineiros sobre o filão A e local de sondagens feitas pelo SFM nos anos 50. Extraído de Rosa et al, 2013.

O Banco Burnay, então proprietário das principais minas de ferro e manganês da região, viria a ser o último proprietário da mina e aquele que desenvolveu trabalhos mineiros durante um maior período de tempo. O pedido de abandono surge no último dia do ano de 1924. A decisão do Conselho foi pronta e declaração de abandono publicada em Diário do Governo a 20 de janeiro de 1925. A área mineira dos Pendões viria anos mais tarde, entre 1942 e 1956, a ser alvo de campanhas de prospeção por parte do Serviço de Fomento Mineiro (SFM).

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A região mineira de Cercal-Odemira, situada no sudoeste de Portugal, foi um dos mais importantes centros de exploração de Ferro e manganês do país. As cerca de 130 ocorrências minerais que a integram formam uma faixa de largura média de 10 km, orientada NNW-SSE, a qual se estende por cerca de 40 km entre a vila do Cercal (ligeiramente a norte) e a vila de Odemira. Esta faixa, também conhecida por Faixa Ferro Manganésifera do Litoral Alentejano, prolonga-se ainda alguns km para sul da falha da Messejana, até próximo da vila de Odeceixe, mas já com uma expressão muito diminuída.

A geologia da região é dominada pelo CVSC (Complexo Vulcano-silicioso do Cercal), delimitado a oeste por uma superfície de abrasão marinha de idade Cenozoica e a este pelo Flysch do baixo Alentejo. O CVSC é constituído por diferentes litologias de idade Paleozoica, que são, da base para o topo: tufos ácidos, riolíticos, quartzo-queratófiros; tufos aglomerados; diábases e tufos intermédio-básicos; raros jaspes e finalmente a Formação de S. Luís, composta por xistos (por vezes silicificados) e intercalações de quartzitos e rochas carbonatadas (nos níveis mais superiores).

A análise estratigráfica e petrológica do CVSC e a sua afinidade metalogenética com a FPI (Faixa Piritosa Ibérica), no sentido em que o vulcanismo que atuou nesta região foi também ele produtivo, sustentam a ideia de considerar o CVSC como parte integrante da FPI (Carvalho, 1976).

As mineralizações conhecidas na região de Cercal-Odemira são quase exclusivamente de ferro e manganês, as raras exceções correspondem a jazigos filonianos de pequena dimensão, mineralizados por sulfuretos de chumbo, zinco e cobre. As mineralizações de Fe-Mn apresentam uma maior variedade de ocorrências, Carvalho (1971) classifica-as segundo cinco tipos: Filoniano; Estratóide (associada a jaspes e xistos tuftíticos); Impregnações nos xistos; Cimentações ferro-manganíferas em grés do Terciário e Crostas de estrutura pisolítica. Na era moderna, apenas os jazigos do tipo filoniano demonstraram ter interesse económico suficiente para viabilizar a sua exploração, embora hoje em dia nenhuma dessas minas se encontre ativa.

Segundo a proposta de Carvalho (1971), o depósito da Herdade dos Pendões é do tipo filoniano, composto por quartzo e óxidos e hidróxidos de Fe e Mn e, acessoriamente, carbonatos de Fe e Mn. A mineralização primária poderá ser composta por sulfuretos polimetálicos (esfalerite, galena e calcopirite) e carbonatos, os quais evoluíram para óxidos e hidróxidos de Fe e Mn. O mesmo foi observado na zona do Cercal, através de uma sondagem geológica realizada pela EMSC (Empresa Mineira da Serra do Cercal) em 1998, a qual intercetou aos 290 m uma estrutura filoniana com carbonatos de Fe e Mn, galena e esfalerite (Rosa *et al*, 2013).

A mina da Herdade dos Pendões explorou dois filões sub-verticais com possanças que variam entre 0,5 e 2 m. O filão B apresenta uma direção aproximada N-S, enquanto que

o Filão A apresenta uma direção N 40° E. Ambos inclinam entre 20 a 25° para N e encaixam em xistos da Formação de S. Luís (Figs. 6 e 8).

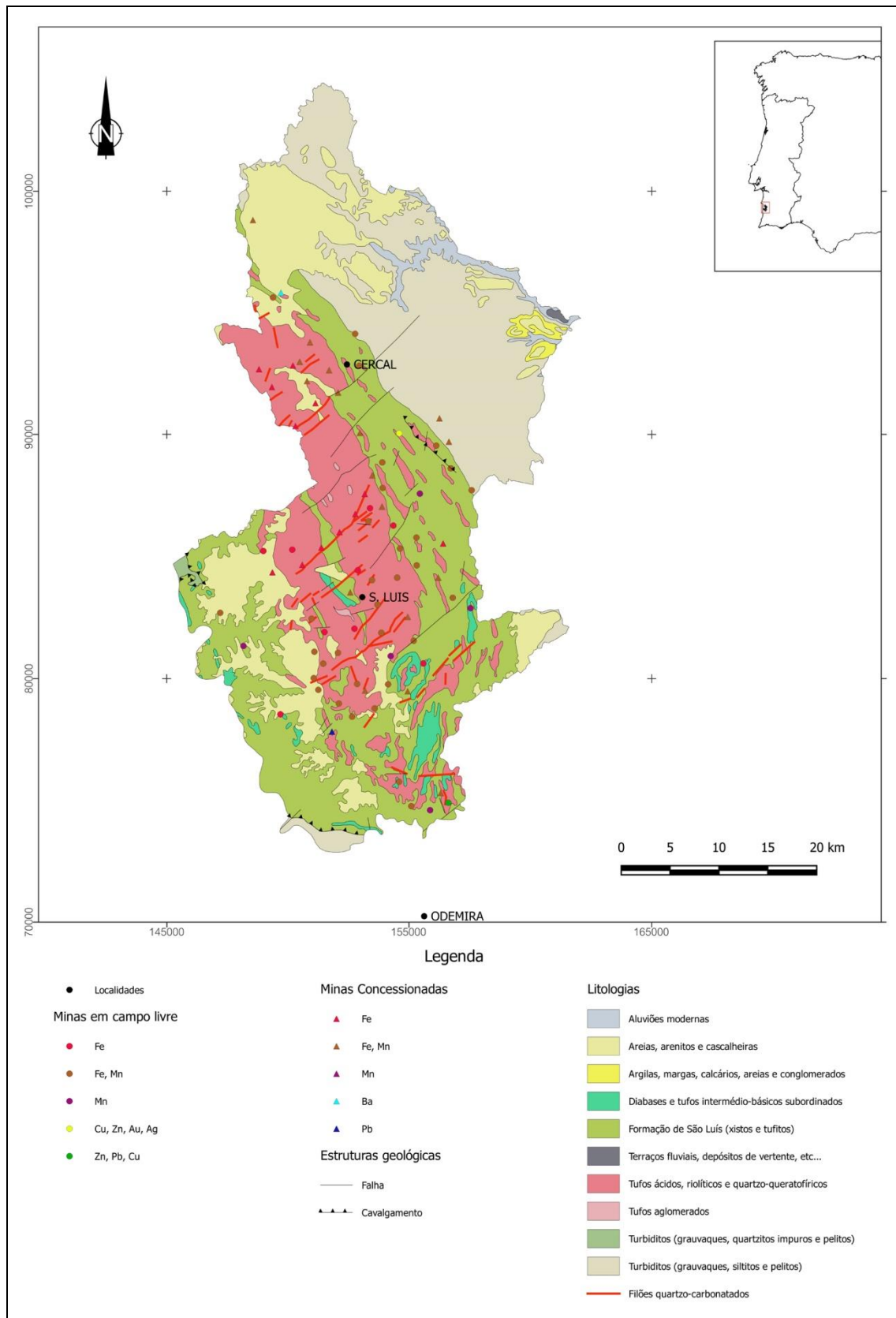


Figura 6: Mapa geológico e ocorrências minerais da região de Cercal-Odemira. Adaptado da folha 7 da carta geológica de Portugal à escala 1:200.000.

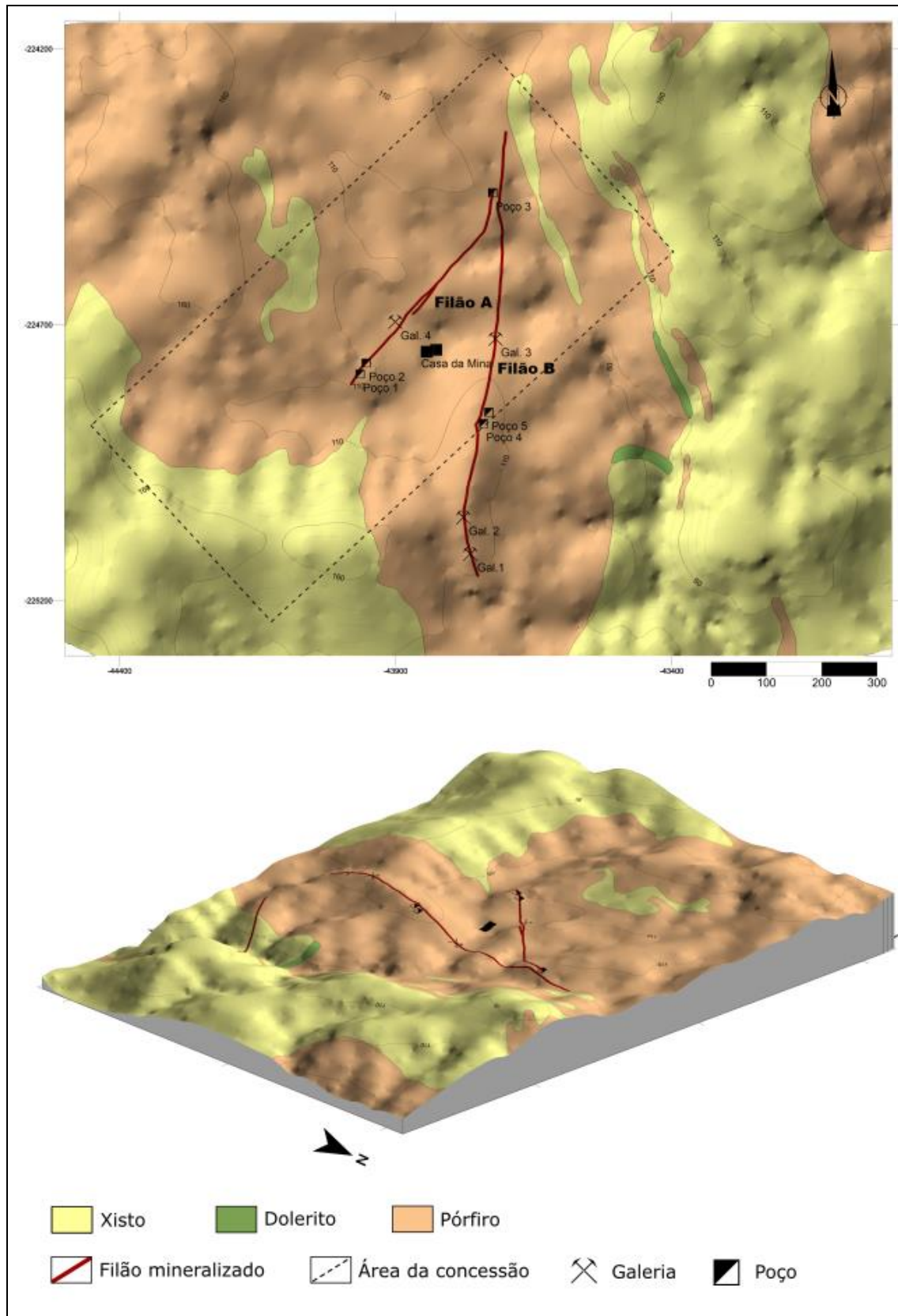


Figura 7: Esquemática dos trabalhos mineiros na Herdade dos pendões. As litologias estão de acordo com o proposto em Gomes e Gaspar (1956). Os 'Xistos' correspondem aos xistos e tufitos da Formação de São Luís e os 'pórfiros' correspondem aos tufos ácidos. Escala em metros.

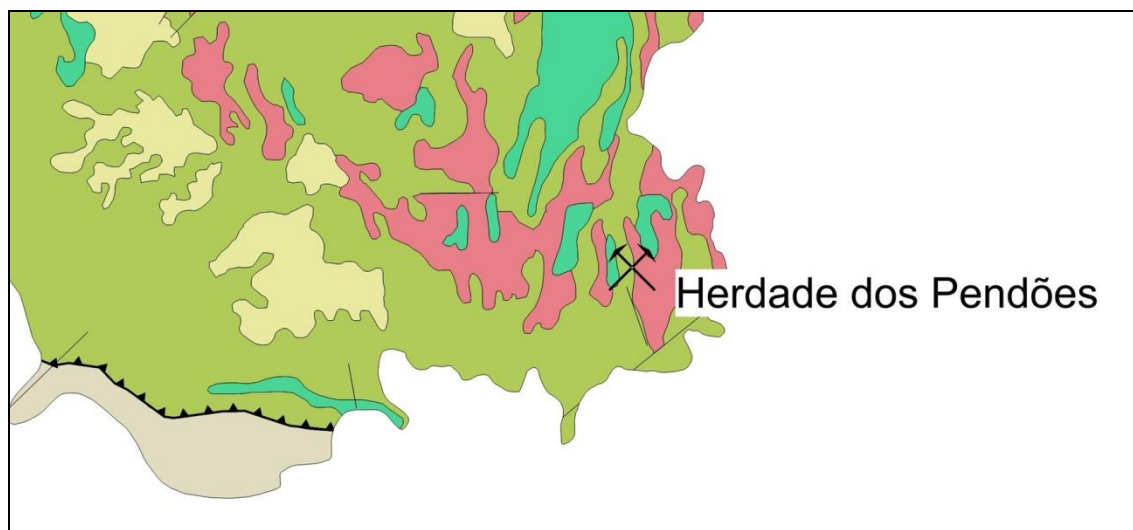


Figura 8: Detalhe do mapa da figura 6, com a localização da mina da Herdade dos Pendões.

A abordagem às estruturas mineralizadas foi feita através de poços e galerias. Os trabalhos mais antigos (pré-industriais) incidiram sobre a zona mais elevada do Filão A, através dos poços 1 e 2. Os trabalhos mineiros para a beneficiação do cobre (Serro das Furnas) foram mais intensos na zona sul do Filão B, através das galerias 1 e 2 e dos poços 4 e 5 no ponto mais elevado da cumeada.

MINERALOGIA

A paragénese da mina da Herdade dos Pendões é dominada por minerais secundários de Cu, Zn, Fe e, com menor expressão, de Pb. A mineralização explorada (goethite, hematite e pirolusite) poderá ser resultante da oxidação de uma suposta mineralização primária rica em carbonatos (siderite) e sulfuretos (pirite, calcopirite e esfalerite). Os trabalhos de maior profundidade na mina na Herdade dos Pendões atingiram a cota dos 79 m, a cerca de 32 m da superfície (Moura e Carvalho, 1948), sem que fosse encontrada a mineralização primária. Em 1956 foram feitas sondagens com o objetivo de ‘encontrar’ a mineralização primária em profundidade. Devido a problemas inerentes à realização de sondagens geológicas em terrenos muito fraturados, nomeadamente desvios, o filão principal não foi atingido, de modo que não foi possível confirmar a presença em profundidade de sulfuretos primários em quantidades exploráveis.

As várias espécies minerais identificadas podem ser agrupadas, por ordem de abundância, nas seguintes associações:

- óxidos e hidróxidos de Fe, Mn e, acessoriamente, Zn. Este é o grupo com maior expressão, formado essencialmente por goethite, contendo ainda hematite, pirolusite, criptomelana, calcofanite e rara coronadite. Estes minerais formaram-se pela alteração da siderite e, em menor proporção, de sulfuretos polimetálicos. As massas de goethite apresentam frequentemente texturas herdadas da siderite ou mesmo de geodes, com a forma da siderite perfeitamente conservada. Nestas condições as cavidades tendem a ser preenchidas por soluções tardias ricas em sílica (quartzo microcristalino e/ou opala);
- minerais secundários de Cu precoces. Este grupo é formado pela malaquite, pela pseudomalaquite e rara zincolibethenite. A primeira encontra-se principalmente na

zona central do depósito, enquanto que os fosfatos se encontram na zona marginal, em contacto com o encaixante metassedimentar que poderá ter agido como fonte de P. Este é a mineralização cuprífera mais abundante, embora sem valor económico;

- mineralização cuprífera tardia. Esta associação foi observada em zonas do *gossan* intensamente lixiviadas e com silicificação moderada. Os fosfatos de cobre aqui observados (libethenite e rara pseudomalaquite com menor conteúdo em Zn) são de segunda geração, formados pela alteração da pseudomalaquite. A calcopirite presente sob forma de relíquias na goethite foi sendo sucessivamente enriquecida em Cu, originando cuprite. A connelite é formada pela interação das águas pluviais com a cuprite. Paralelamente à mineralização de cobre ocorrem fosfatos de Fe e Mn (vivianite e jahnsite), a vivianite evoluiu para santabarbaraite. Observa-se ainda a precipitação de rodocrosite;
- sulfuretos polimetálicos remobilizados em veios de quartzo tardios. Os sulfuretos observados nestas condições são a calcopirite, pirite, tennantite e galena. A covellite forma-se por alteração da calcopirite. A tennantite e a galena evoluíram para arsenatos de Cu e Pb (olivenite, zincolivenite e bayldonite) e vários membros do supergrupo da alunite. Os fosfatos e sulfatos de chumbo são menos abundantes, onde a fosfohedifana parece ser o primeiro mineral a formar-se. A anglesite e a plumbogummite formam-se por alteração da fosfohedifana.

As espécies minerais aqui descritas foram recolhidas em escombreira, nas frentes de desmonte nas galerias e em afloramento, sendo a maioria proveniente do Filão A. A sua observação foi feita com recurso a MOLD (microcopia ótica de luz difusa), MOLR (microcopia ótica de luz refletida) e MEV (microcopia eletrónica de varrimento). Identificadas com recurso a P-XRD e S-XRD ('método do pó' e *single crystal*), EDS e micro Raman. A abundância relativa das várias espécies está expressa na tabela I.

Tabela I

anglesite	+	cuprite	+	pirite	++
aragonite	++	enxofre	++	pirolusite	+++
azurite	+	esfalerite	+	piromorfite	++
bayldonite	+	fosfohedifana	+	plumbogummite	+
beudantite	+	galena	+	pseudomalaquite	+++
calcofanite	+++	goethite	+++	quartzo	++++
calcopirite	++	hematite	++	rodocrosite	++
cerusite	+	jahnsite (grupo)	+	santabarbaraite	++
cobre nativo	+	jarosite	+	siderite	++++
connelite	+	kintoreite	+	tennantite	++
corkite	+	libethenite	++	vivianite	+
coronadite	++	malaquite	+++	zincolibethenite	+
covellite	++	olivenite	+	zincolivenite	+
criptomelana	+++	opala	+++		

Tabela I: *Resumo das espécies minerais identificadas na mina da Herdade dos Pendões.*
+ muito raro; ++ raro; +++ comum; ++++ muito comum.

Anglesite PbSO_4

A anglesite é extremamente rara nesta mina. Ocorre associada à plumbogummite e à fosfohedifana, sempre que esta mostra sinais de corrosão mais intensa, o que sugere que estes dois minerais se tenham formado pela sua alteração. A anglesite forma cristais de até 100 μm , incolores e pouco desenvolvidos segundo o eixo c. Foram observadas as formas {001}, {101}, {210}, {100}, {111} e {232}.

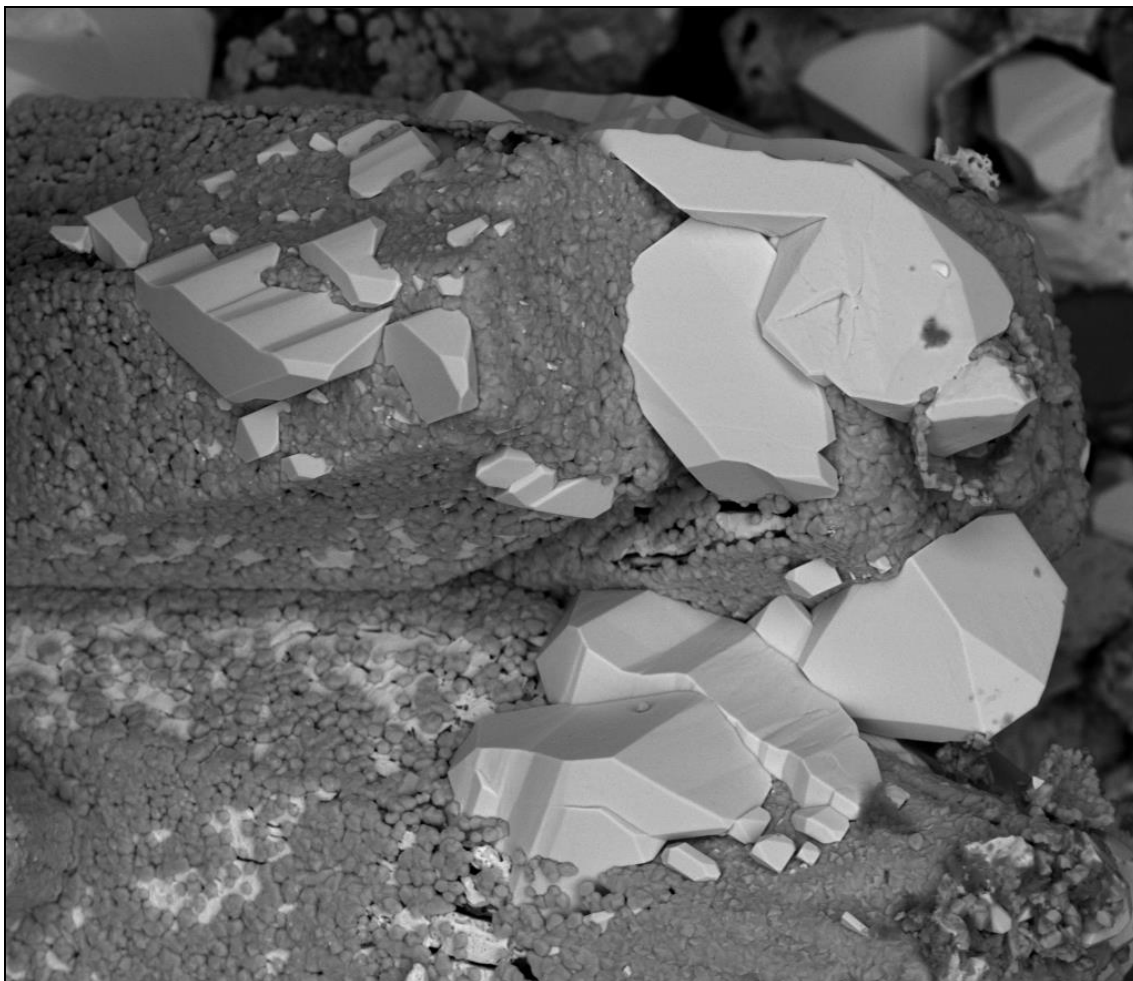


Figura 9: Grupo de cristais de anglesite sobre fosfohedifana. Imagem SEM, campo 156 μm .

Aragonite CaCO_3

Este carbonato é raro na mina da Herdade dos Pendões. Nos exemplares estudados o mineral forma cristais aciculares de cor branca, associados a opala azulada.

Azurite $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$

Trata-se de um dos minerais secundários de cobre mais comuns no sul de Portugal, no entanto é muito raro na nesta mina. Forma cristais pouco desenvolvidos, associada a malaquite (por vezes substituída por esta) e zincolivenite.

Bayldonite $\text{PbCu}_3(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2$

Tal como a generalidade de minerais de cobre, a bayldonite é extremamente rara nesta mina de manganês. Ocorre sob forma de agregados submilimétricos (até 100 μm)

formados por cristais de cor verde clara e hábito tabular, compostos pelas formas {001}, {010}, {100} e {hhl}. Tende a associar-se a zincolivenite e azurite.



Figura 10: Cristais aciculares de aragonite associados a opala azulada. Campo: 5,14 mm. Coleção e foto P. Alves.



Figura 11: Grupo de cristais de azurite, alguns deles substituídos por malaquite. Campo: 4,87 mm. Coleção e foto P. Alves.

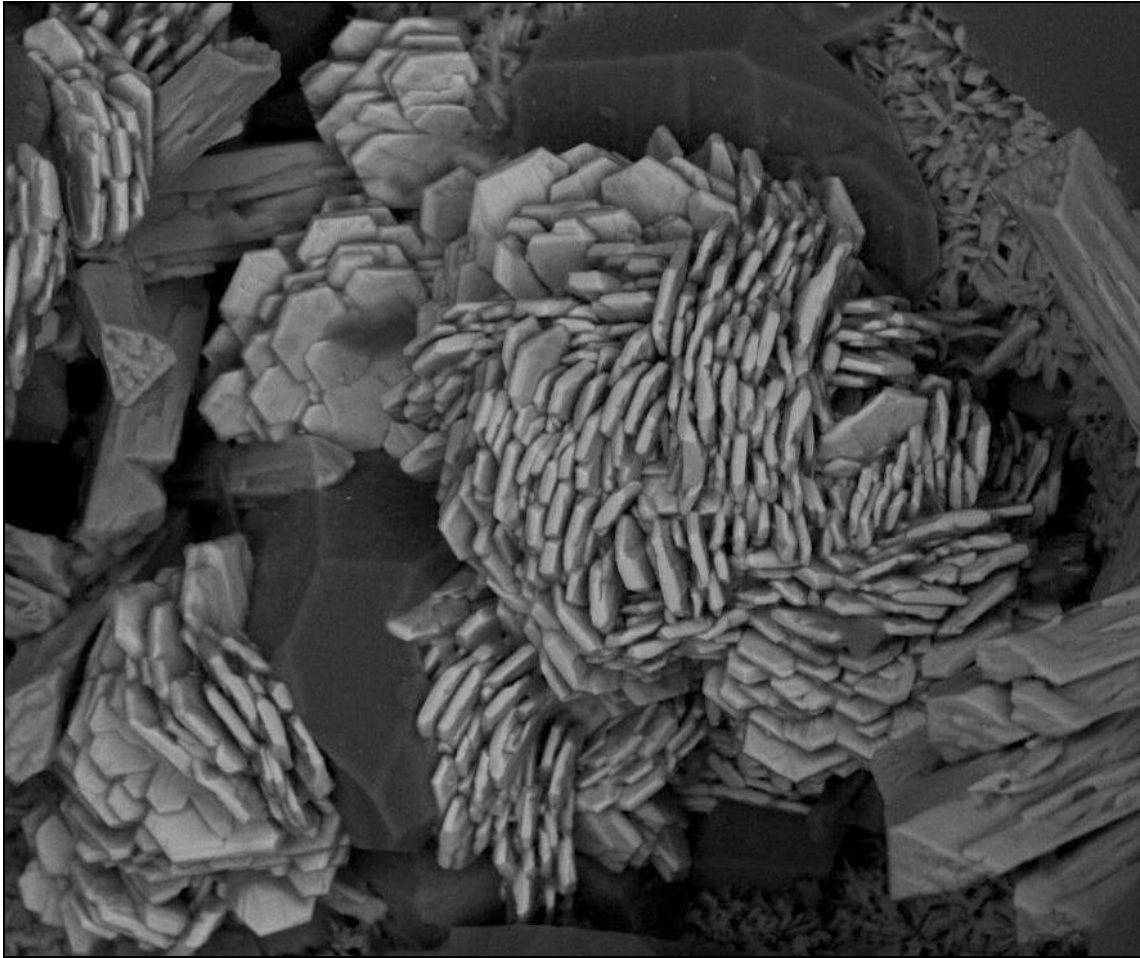


Figura 12: Agregados de cristais tabulares de bayldonite, associados a zincolivenite. Imagem SEM em modo EBSD. Campo 80 μm .

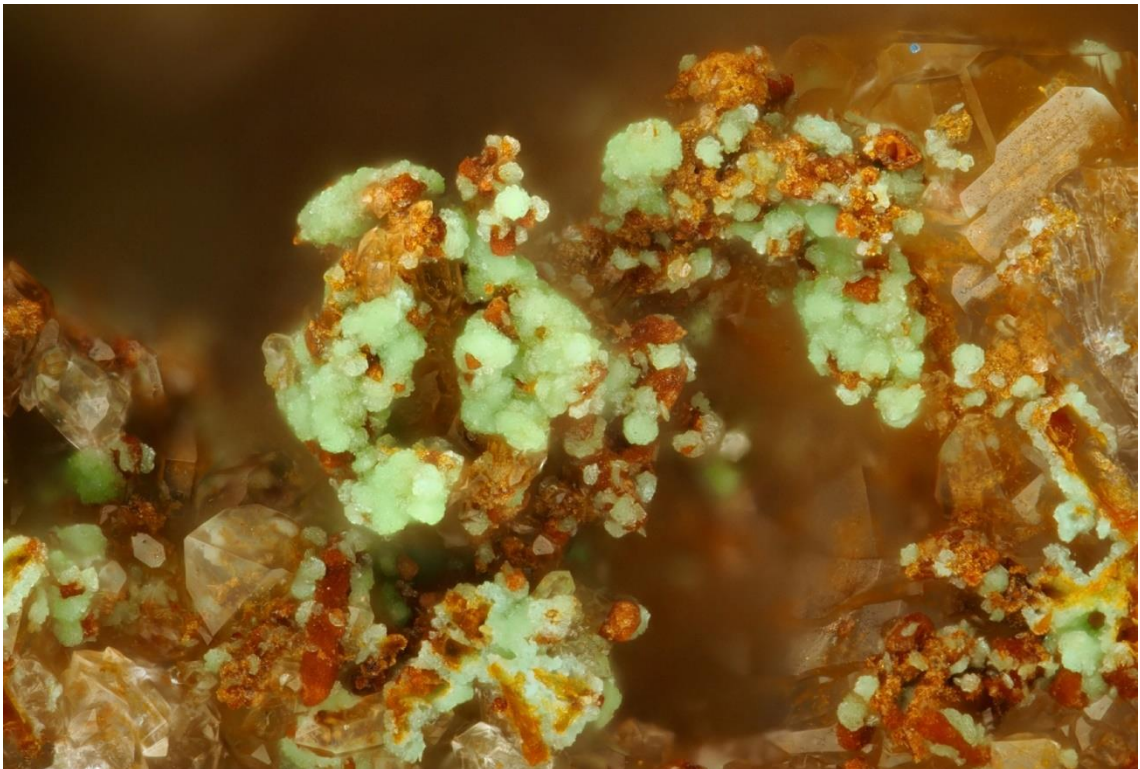


Figura 13: Agregados esferoidais de bayldonite verde-clara sobre quartzo. Campo: 0,96 mm. Coleção e foto P. Alves.

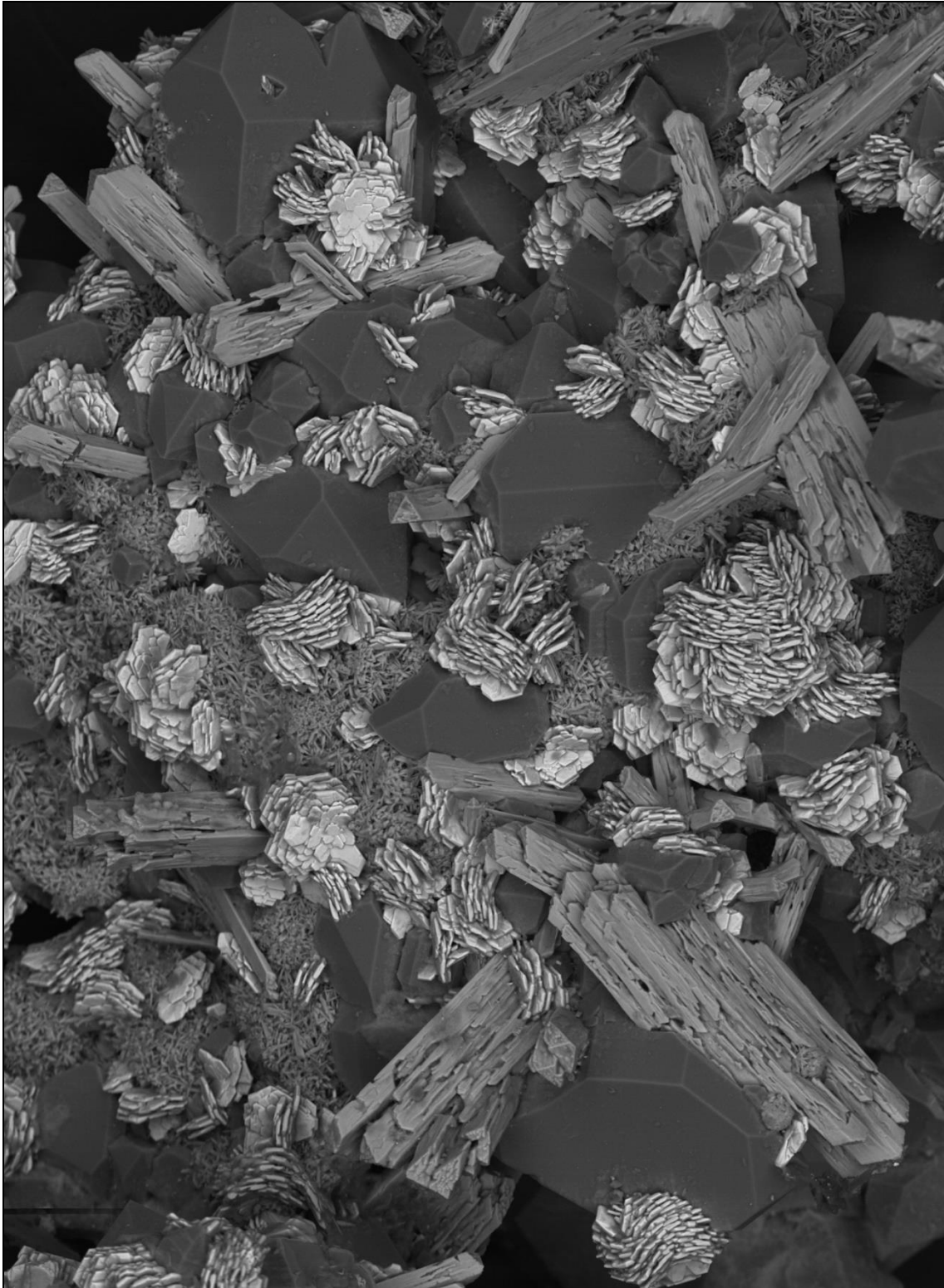


Figura 14: Agregados de cristais tabulares de bayldonite, associados a zincolivenite sobre quartzo. Imagem SEM em modo EBSD. Campo 226 μm .

Beudantite $\text{PbFe}_3^{3+}(\text{AsO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$

Os minerais do supergrupo da alunite têm pouca expressão na mina da herdade dos Pendões. Embora tenham sido identificados vários membros, cinco no total, a sua ocorrência é muito limitada. A beudantite foi observada em pequenas cavidades do quartzo, formando cristais simples, incolores e de dimensão inferior a 100 μm .



Figura 15: Cristais de beudantite sobre quartzo recoberto por goethite. Campo: 1,24 mm. Coleção e foto P. Alves.

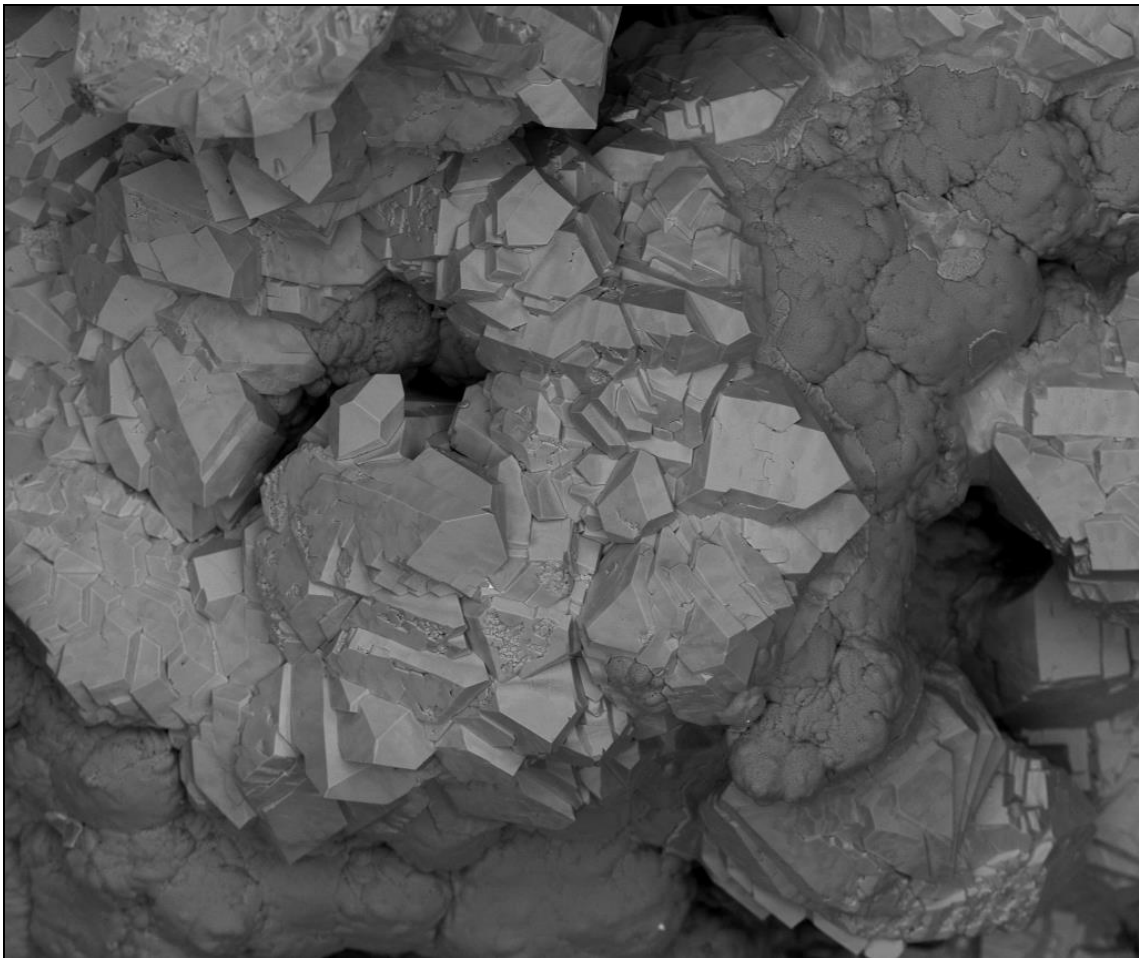


Figura 16: Grupo de cristais de beudantite sobre goethite. Imagem SEM em modo EBSD. Campo 497 μm .

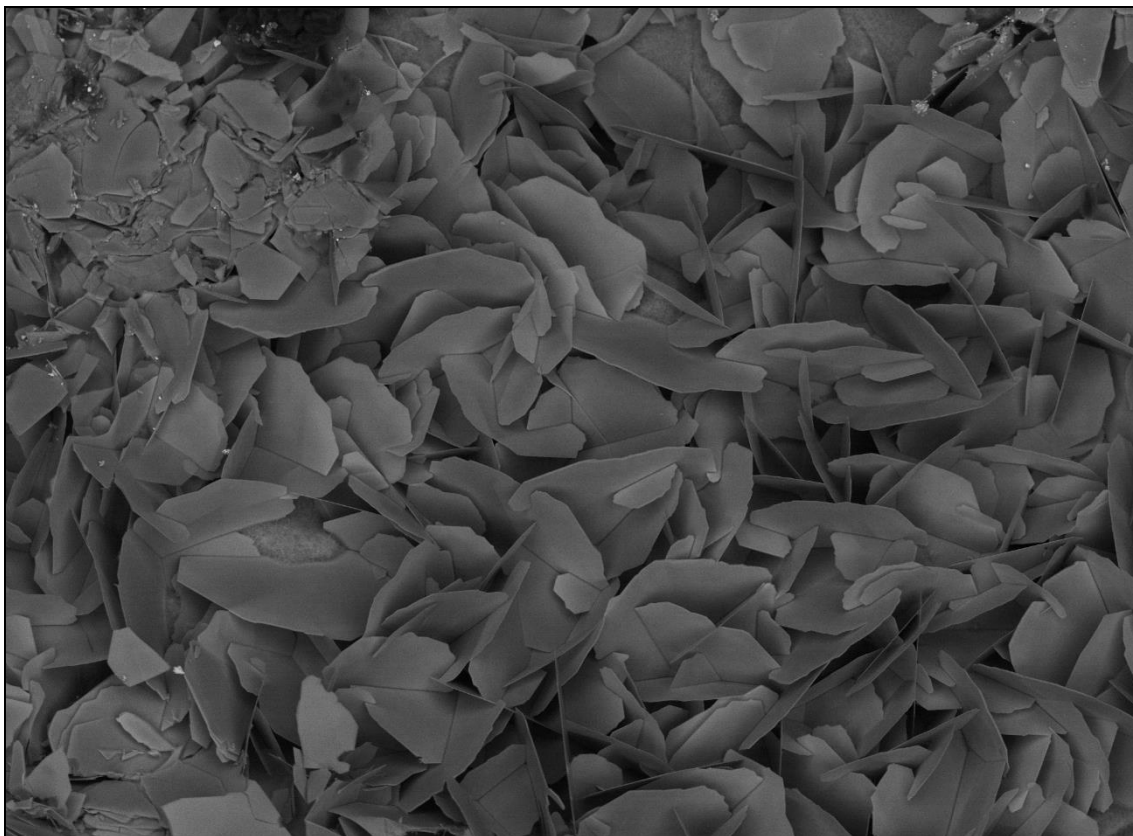


Figura 17: Grupo de cristais de calcofanite. Imagem SEM em modo EBSD. Campo 373 μm .



Figura 18: Diferentes aspetos da calcofanite que correspondem a duas gerações distintas. Campo: 1,26 mm. Coleção e foto P. Alves.

Calcofanite $\text{ZnMn}_3^{\text{4+}}\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

A calcofanite é um dos minerais mais interessantes desta mina. Apresenta-se sob forma de cristais isolados a revestir cavidades do *gossan*, por vezes associada a pirolusite e criptomelana. Os cristais de calcofanite apresentam uma variação de cor que passa pelo castanho-escuro a preto, tons avermelhados (o vermelho rubi é o mais frequente) ou cinzento-escuro e reflexos metálicos, por vezes irisados. Os cristais são tabulares e de contornos hexagonais, compostos pelas formas {101} e {001} com um desenvolvimento variável. A sua dimensão pode alcançar, excepcionalmente, 1,5 mm. Por vezes observam-se maclas polissintéticas ‘em acordeão’.



Figura 19: Grupo de cristais tabulares de calcofanite irisada. Alguns cristais mostram umas esférulas acinzentadas de criptomelana. Campo: 1,4 mm. Coleção e foto P. Alves.



Figura 20: *Maclas polissintéticas de calcofanite. Campo: 5,6 mm. Coleção e foto P. Alves.*



Figura 21: *Dois gerações distintas de calcofanite. Campo: 2,8 mm. Coleção e foto P. Alves.*

Calcopirite CuFeS_2

A mineralização cuprífera que se conhece na Herdade dos Pendões é supergênica, composta essencialmente por malaquite e pseudomalaquite. A calcopirite poderá ter sido o mineral precursor, mas apenas foi observado em profundidade através de sondagens geológicas. Nos trabalhos à superfície, este mineral encontra-se sob forma de escassas 'reliquias' milimétricas no quartzo, associada a pirite, geralmente com uma pátina de alteração de covellite.

Cerussite PbCO_3

Os minerais secundários de chumbo têm uma expressão reduzida nesta mina. A cerussite encontra-se sob forma de cristais subédricos a euédricos, geralmente com evidências de crescimento estrangido. Também apresentam sinais de corrosão e evolução para piromorfite e outras fases de baixa cristalinidade (possível plumbojarosite). Os cristais euédricos são mais raros, de dimensão submilimétrica a milimétrica (máximo 2mm). Tende a ser incolor ou esbranquiçada. Encontra-se no interior da galena corroída ou em cavidades da goethite.



Figura 22: Cristal de cerussite sobre quartzo. Campo: 5,6 mm. Coleção e foto P. Alves.

Cobre Cu

O cobre nativo foi observado em superfície polida, sob forma de grãos ou vénulas submilimétricas no interior da cuprite. Trata-se de uma espécie muito rara nesta mina.

Connellite $\text{Cu}_{19}(\text{SO}_4)(\text{OH})_{32}\text{Cl}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$

Este é um dos minerais mais raros nesta mina. Ocorre sob forma de 'ouriços' de cor azul intensa e de dimensão inferior a 100 μm . A connellite parece ter sido formada pela

interação de fluidos meteoríticos ricos em Cl (água da chuva) e a cuprite - este óxido de Cu apresenta por vezes uma pátina delgada de cor azulada que corresponde a connellite. Além da cuprite, tende a associar-se a olivenite e cobre nativo, numa matriz de elevada porosidade e algo silicificada. Esta litologia corresponde a zonas mais expostas do *gossan* e sujeitas a deformação (fracturação). A sua textura sugere que poderia tratar-se de uma brecha quartzosa, cimentada por óxidos de Fe e que foi sujeita a uma lixiviação mais intensa.

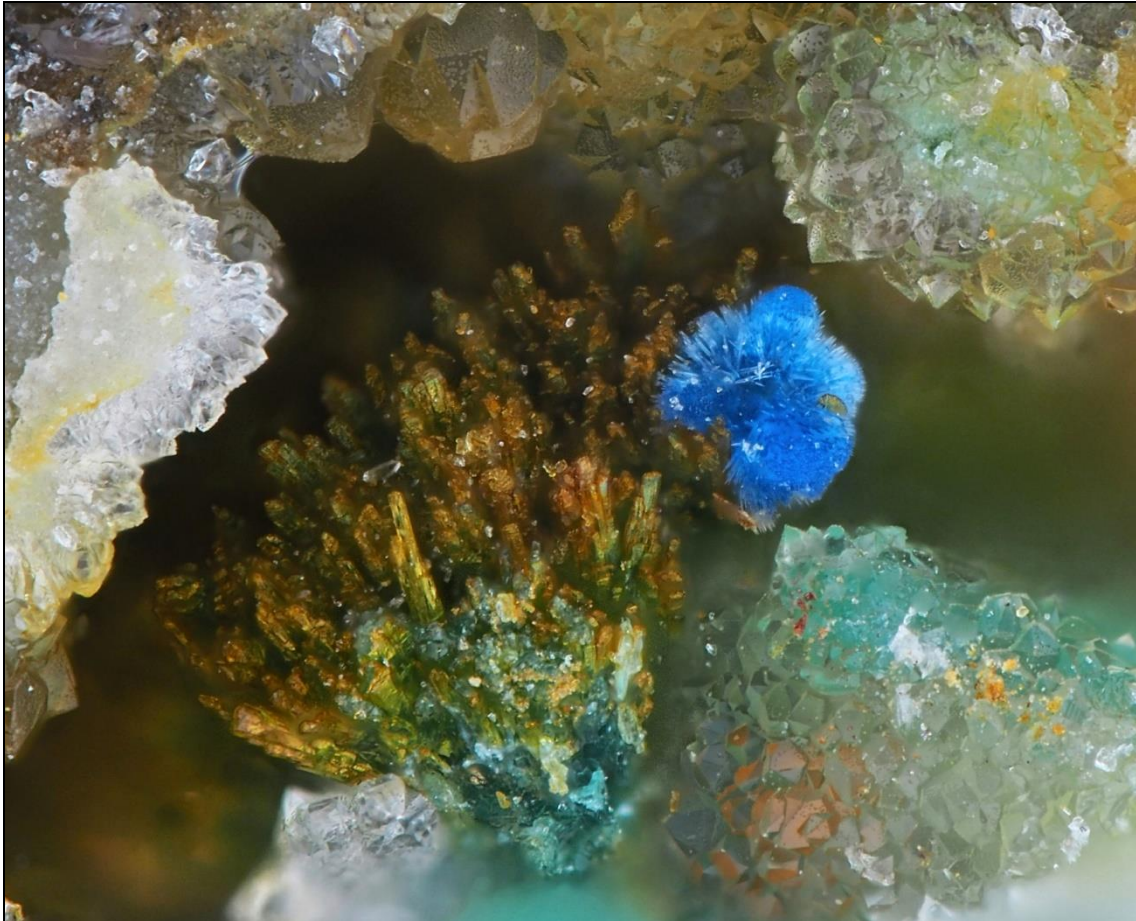


Figura 23: Grupo de cristais azul intenso de connellite sobre olivenite e quartzo. Campo: 0,71 mm. Coleção e foto P. Alves.

Corkite $\text{PbFe}_3(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$

A Mina da Herdade dos Pendões apresenta uma paragéneses relativamente rica, no entanto a grande maioria das fases minerais aqui identificadas são pouco a muito pouco comuns. A corkite é uma das fases mais raras, observada apenas numa amostra associada a outros minerais do supergrupo da alunite (plumbogummite, kintoreite e beudantite) e à fosfohedifana. Forma cristais de cor muito escura, castanho ou castanho ligeiramente esverdeado. Os cristais podem ser muito simples (pseudocúbicos) ou mais complexos, mas sempre em dimensões inferiores a 100 μm .

Coronadite $\text{Pb}(\text{Mn}_6^{\text{4+}}\text{Mn}_2^{\text{3+}})\text{O}_{16}$

A coronadite ocorre nesta mina de forma apenas ocasional. Acompanha a fosfohedifana e a anglesite e, por vezes a rodocrosite, sob forma uma pátina delgada de cor cinza escuro a negro e brilho mate. um dos principais componentes do *gossan*, onde se associa a goethite e calcofanite.

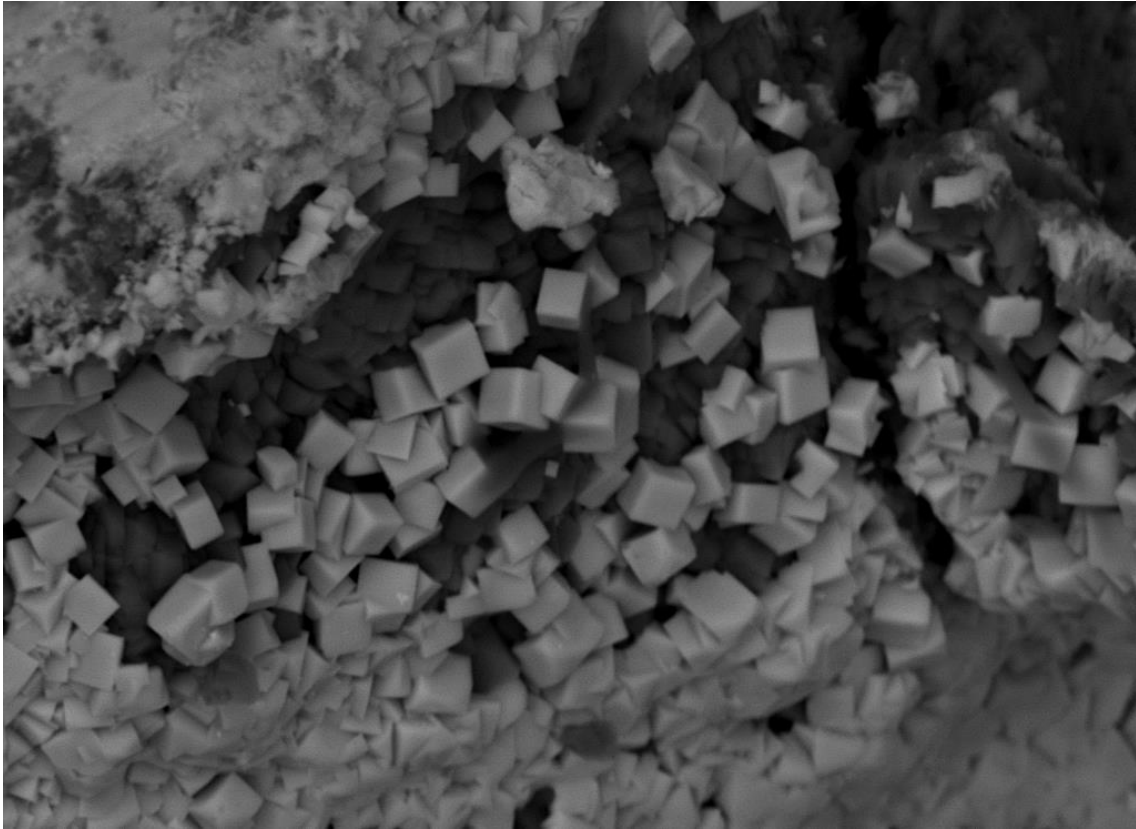


Figura 24: Grupo de cristais cúbicos de corkite sobre quartzo. Imagem SEM em modo EBSD. Campo 50 μm .



Figura 25: Grupo de cristais de corkite (castanho-escuro) e jarosite (amarelo alaranjado) sobre um cristal de quartzo. Campo 1,32 mm. Coleção e foto P. Alves.

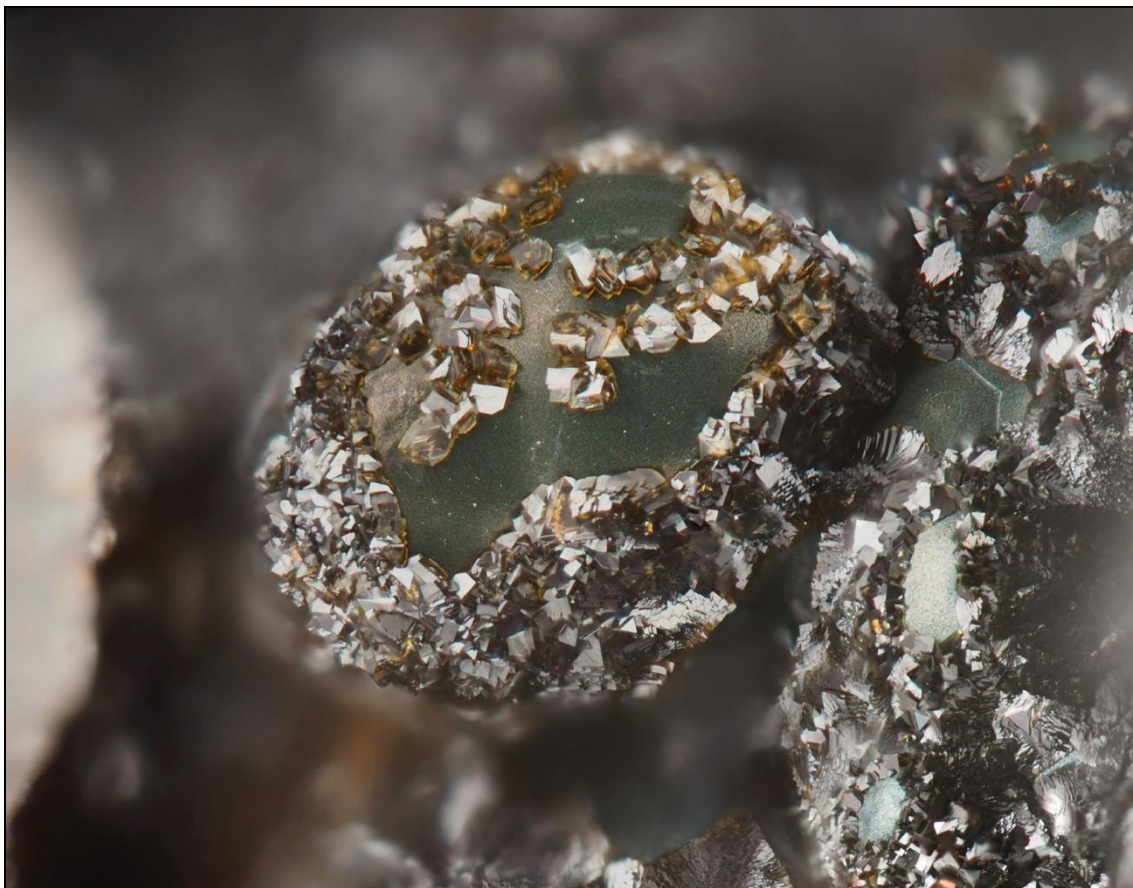


Figura 26: Cristais de corkite sobre goethite. Campo 0,72 mm. Coleção e foto P. Alves.

Covellite CuS

A covellite é nesta localidade um mineral pouco comum. Observou-se sempre nos veios de quartzo com uma textura mais fina, associada a outros minerais de Cu, em especial a malaquite. Também se encontra em cavidades de *boxwork*, por vezes acompanhada de relíquias de calcopirite e gotículas de enxofre. Apresenta-se sob forma de finas pátinas com a típica cor anil.

Criptomelana $K(\text{Mn}_7^{4+} \text{Mn}^{3+})\text{O}_{16}$

A Herdade dos Pendões explorou o manganês sob forma de pirolusite e possivelmente, ainda que de forma involuntária, alguma criptomelana. De facto o mineral é relativamente frequente, sempre associada à pirolusite, sob forma de massas ou pátinas de cor cinzenta, por vezes com reflexos prateados. Também se observou formando coberturas espessas, de elevada plasticidade e toque acetinado (possivelmente uma mistura com argilas). Este material pode ainda formar teias e ‘farrapos’ sobre a pirolusite.

Cuprite Cu_2O

A cuprite ocorre nesta mina associada ao cobre nativo, à connellite e à olivenite numa matriz muito particular e pouco comum. Trata-se de fragmentos de quartzo, com carbonatos e argilas. A sua textura é por vezes sacaroide e parece tratar-se de veios tardios que terão remobilizado o cobre presente no filão principal. A cuprite ocorre sob forma de grãos subédricos a euédricos inclusos na matriz ou muito ocasionalmente em

cavidades milimétricas. Os cristais são muito simples, formados apenas por {111} (octaedro) e de cor vermelho escuro, raramente translúcidos.



Figura 27: *Criptomelana* (cinzento metálico) sobre *goethite*. Campo: 2,80 mm. Coleção e foto P. Alves.



Figura 28: *Cristal octaédrico de cuprite sobre olivenite*. Campo: 1,19 mm. Coleção e foto P. Alves.

Enxofre S₈

Presente nesta mina sob forma de gotículas micrométricas junto da pirite ou da calcopirite alteradas. Encontra-se também no quartzo, a revestir cavidades de lixiviação dos sulfuretos, por vezes associada a covellite.

Esfalerite ZnS

A mineralização zincífera manifesta-se quase exclusivamente sob forma de minerais supergênicos: principalmente calcofanite e, com menor expressão, fosfatos de cobre e zinco (zincolibethenite e zincolivenite). A esfalerite, o mineral precursor, observou-se sob forma de relíquias milimétricas associada à galena no seio da goethite.

Fosfohedifana Ca₂Pb₃(PO₄)₃Cl

Esta clorofosfato de cálcio e chumbo ocorre em veios de quartzo, associada a outros minerais secundários de chumbo e sulfuretos muito alterados. A fosfohedifana forma cristais pouco desenvolvidos e alongados. A sua dimensão não ultrapassa 1mm, e a cor varia entre o branco e o branco amarelado. Apresenta-se quase sempre recoberta por plumbogummite amarelada.

Na generalidade dos casos a fosfohedifana mostra sinais de corrosão/lixiviação. Nestas condições observa-se a presença de anglesite, um produto mais tardio, possivelmente resultante da precipitação do Pb disponibilizado pela alteração da fosfohedifana.



Figura 29: Grupo de cristais de fosfohedifana recobertos por plumbogummite. Campo 1,57 mm. Coleção e foto P. Alves.

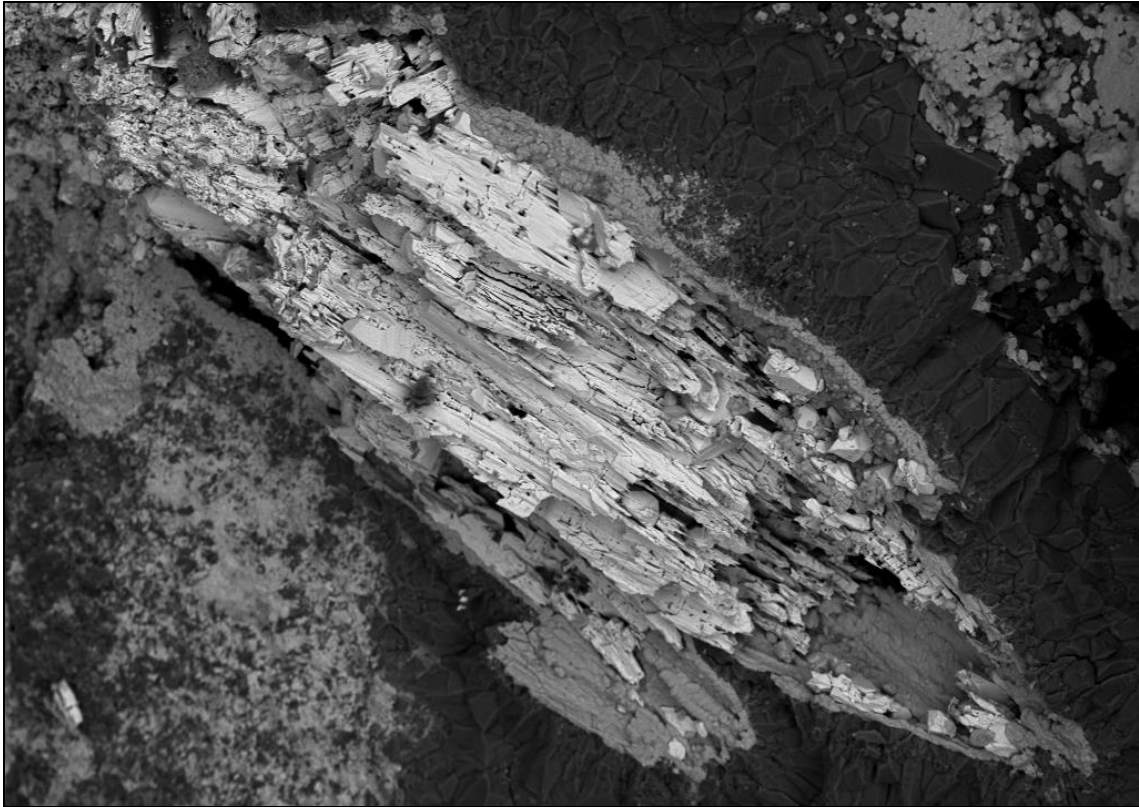


Figura 30: *Cristal de fosfohedifana parcialmente dissolvido e recoberto por plumbogummite. Imagem SEM em modo EBSD. Campo 383 μm .*

Galena PbS

A galena ocorre nas mesmas condições que a esfalerite, embora seja mais comum. Encontra-se sob forma de relíquias em veios subcentimétricos de quartzo no seio da goethite. Apresenta quase sempre uma auréola de alteração composta por anglesite, cerusite e uma fase pulverulenta que parece ser plumbojarosite (?).

Goethite $\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O(OH)}$

A goethite foi o principal minério de Fe explorado na mina dos Pendões. É um mineral muito abundante, por vezes o principal componente filoniano. Ocorre sob forma de grandes massas de cor castanha a castanha escura. As formações botrioides são comuns, de cor mais escura e brilho sedoso. Os cristais são menos frequentes, consistem em primas muito alongados e formam agregados radiais. Também se observam ‘ouriços’ de cor mais clara, de dimensão submilimétrica, associados a minerais secundários de Cu e Mn.

Hematite Fe_2O_3

Este é outro dos minérios de Fe explorado nesta mina. É menos abundante que a goethite, da qual é por vezes muito difícil de distinguir. Forma mais habitualmente vénulas milimétricas na goethite, onde os minerais de Mn são menos abundantes. Tende a confundir-se com a calcofanite, embora os cristais sejam extremamente raros e ocorram preferencialmente em pequenas fissuras dos tufos ácidos.

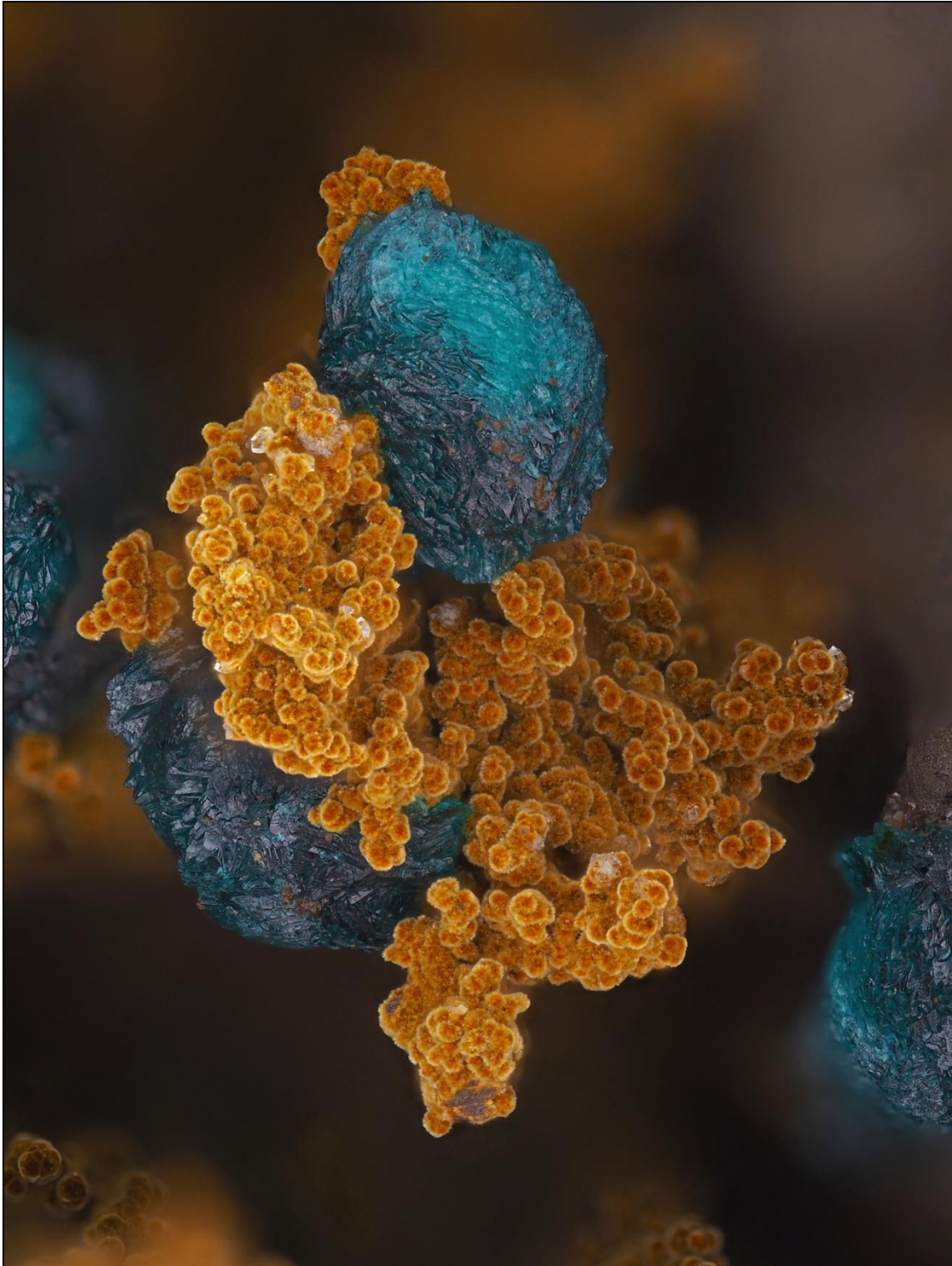


Figura 31: Agregados de cristais aciculares de goethite envolvendo cristais de pseudomalaquite. Campo 2,8 mm. Coleção e foto P. Alves.

Jahnsite-(CaMnMn) $\text{CaMnMn}_2\text{Fe}_2^{3+}(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

A jahnsite-(CaMnMn) é um dos minerais mais interessantes da mina dos Pendões. A jahnsite (grupo) é muito comum em pegmatitos graníticos, como produto de alteração supergénica. Em Portugal, este é o primeiro registo do mineral neste tipo de ocorrências. A jahnsite apresenta-se sob forma de cristais pseudo-hexagonais de dimensão inferior a 50 µm, de hábito colunar, brilho nacarado e cor amarelo alaranjado muito claro. Está

associado a santabarbaraite, rodocrosite e um fosfato de cobre não identificado (possivelmente libethenite), em pequenas cavidades da limonite revestidas por rodocrosite e quartzo. A composição química, obtida por EDS, mostrou tratar-se de uma fase com conteúdos baixos de Al e Ca, próximos da composição da jahnsite-(MnMnMn).

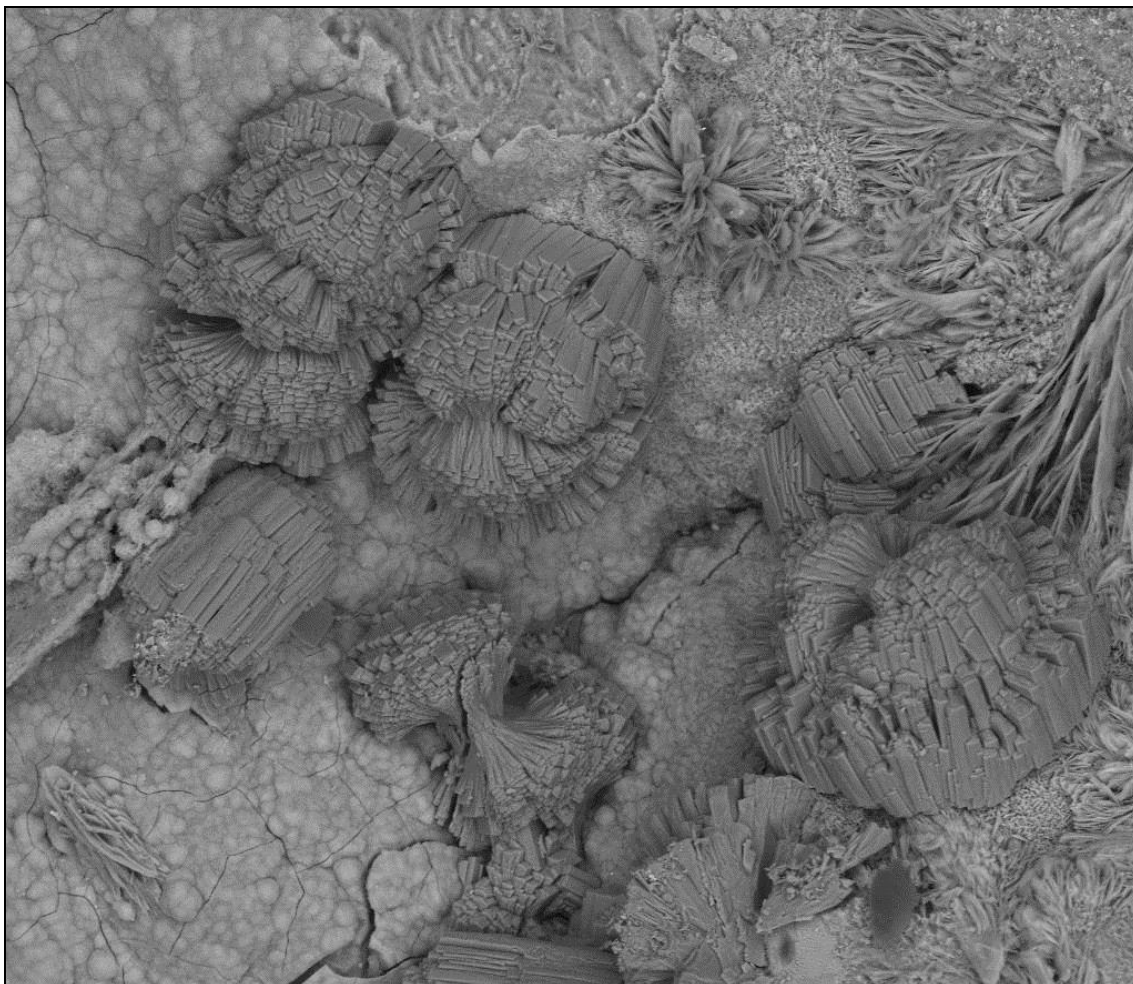


Figura 32: Grupo de cristais tabulares da 'jahnsite zincífera' e libethenite fibrosa. Imagem SEM em modo EBSD. Campo 383 μm .

Foram observados nas mesmas condições cristais de aspeto ligeiramente diferente, a cor é semelhante, mas os cristais são tabulares e de dimensão ligeiramente superior. A análise estrutural por DRX mostrou tratar-se de um membro do grupo da jahnsite/whiteite. A composição química demonstrou tratar-se de um membro do grupo da jahnsite (Al \gg Fe) e com conteúdos em Ca inferiores à jahnsite-(CaMnMn) dos Pendões. Por outro lado esta fase mostrou conteúdos assinaláveis de Zn e algum Cu. É espetável a presença de Zn em minerais do grupo da jahnsite e da whiteite (Grey et al, 2010; Yakovenchuk, 2012), o mesmo não acontece com o Cu. Estes dois elementos estão presentes na paragénesis na forma de libethenite zincífera, o que levou a crer que os valores de Zn e Cu obtidos por EDS pudessem ser o resultado de uma contaminação, um possível recobrimento de um fosfato tardio (zincolibethenite?).

A caracterização desta fase continua em curso, embora a escassez de material e baixa qualidade dos cristais (recorrentemente maclados) não favoreça o seu estudo.

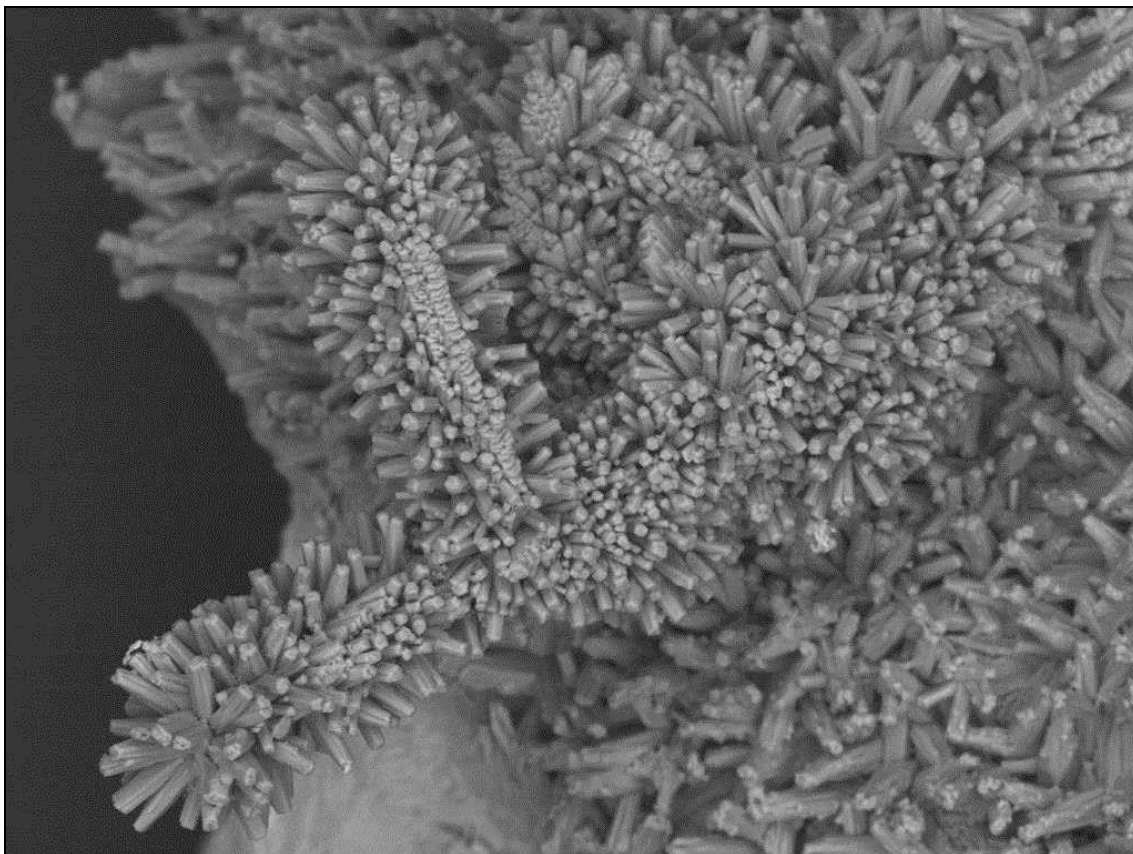


Figura 33: Grupo de cristais de jahnsite-(CaMnMn) de habito pseudo-hexagonal. Imagem SEM em modo EBSD. Campo 383 μm .

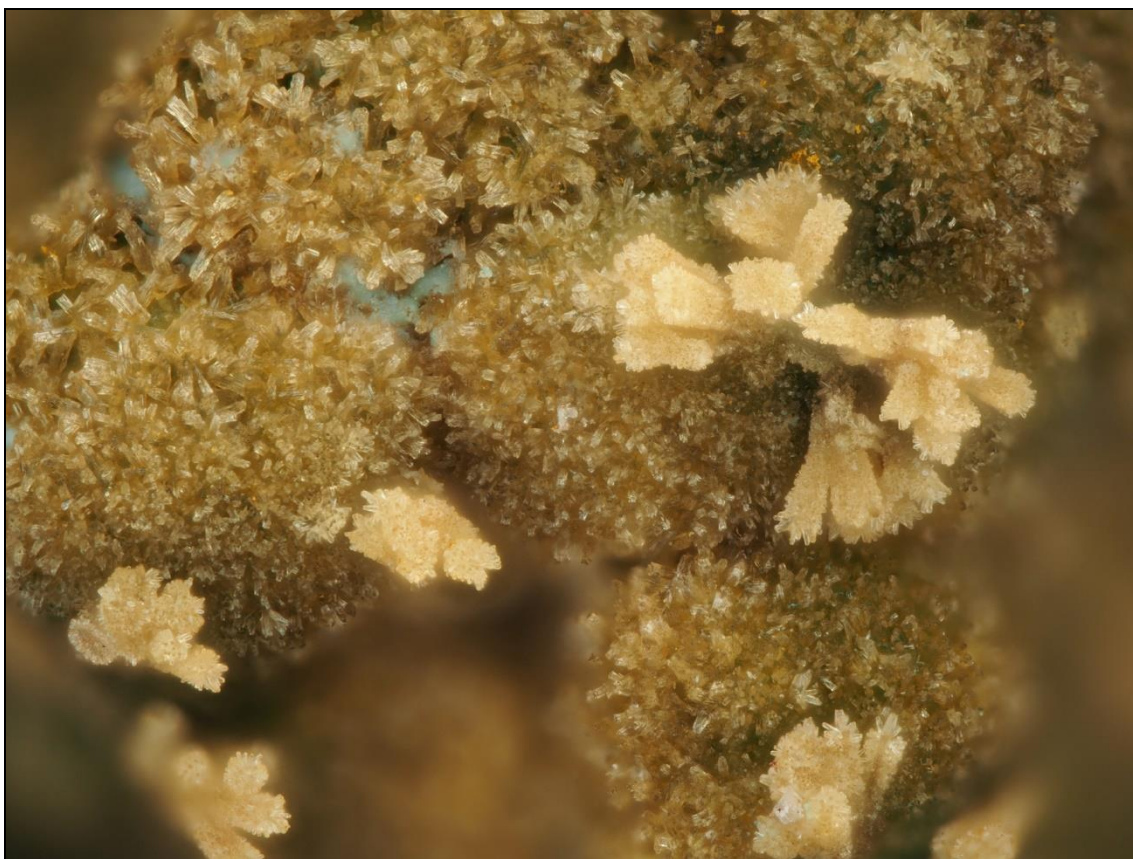


Figura 34: Grupo de cristais pseudo-hexagonais de jahnsite-(CaMnMn). Campo 1,22 mm. Coleção e foto P. Alves.



Figura 35: Grupo de cristais tabulares de 'jahnsite zincífera' sobre um fosfato de cobre não identificado (possível libethenite). Campo 1,12 mm. Coleção e foto P. Alves.

Jarosite $\text{KFe}_3^{3+}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$

De entre os vários minerais do supergrupo da alunite, a jarosite é aquele que ocorre de forma mais discreta. Os seus cristais não são observáveis em ampliações convencionais de microscopia ótica (até 80x). Associa-se à corkite, sob forma de cristais simples (pseudocúbicos) de cor amarela.

Kintoreite $\text{PbFe}_3(\text{PO}_4)(\text{PO}_3\text{OH})(\text{OH})_6$

A kintoreite é extremamente rara nesta mina, foi observada junto da plumbogummite em cavidades de corrosão do quartzo. Os cristais observados apresentam uma cor clara, verde-azeitona e uma dimensão inferior a 200 μm . As formas observadas são o romboedro {021}, modificados por {101}.

Libethenite $\text{Cu}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})$

A libethenite é um dos minerais secundários mais comuns nas minas de cobre do sul de Portugal, com destaque para a mina de Miguel Vacas (Vila Viçosa, Évora).

Na Herdade dos Pendões observa-se com relativa facilidade, geralmente associada a zincolibethenite ou pseudomalaquite. Forma cristais alongados, com um desenvolvimento pouco habitual do prisma {011}, modificados por {110}, {101} e {010}. Os cristais pseudo-octaédricos são muito raros. A dimensão dos cristais raramente ultrapassa 0,5mm. Na maior parte dos casos a libethenite mostra conteúdos assinaláveis de Zn (Cu:Zn ~ 3:1).



Figura 36: Grupo de cristais esverdeados de kintoreite sobre quartzo. O recobrimento amarelo corresponde a plumbogummite. Campo 1,00 mm. Coleção e foto P. Alves.



Figura 37: Cristais prismáticos de libethenite sobre quartzo. Campo 1,38 mm. Coleção e foto P. Alves.



Figura 38: *Cristais prismáticos de libethenite sobre quartzo. Campo 5,21 mm. Coleção e foto P. Alves.*



Figura 39: *Grupo complexo de cristais de malaquite com desenvolvimentos variáveis. Campo 2,8 mm. Coleção e foto P. Alves.*

Malaquite $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

A malaquite é o mineral secundário de cobre mais abundante nesta mina. Observa-se com relativa frequência no interior da goethite, quer sob forma de vénulas milimétricas ou cristais aciculares de até 1cm. As principais formas observadas são o prisma {110} com desenvolvimento muito variável, {100}, {010}, {001}, {201} e $\bar{1}11$. Com menos frequência, observaram-se massas reniformes e botrioides de até 3 cm.

Olivenite $\text{Cu}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})$

A olivenite é um dos raros arsenatos de Cu que ocorrem nos Pendões. Esta forma cristais geralmente alongados, de cor verde oliva e dimensão inferior a 2 mm. Tende a associar-se a outros minerais secundários de Cu, em particular a cuprite e a connellite em veios de quartzo tardios (remobilizados).

A olivenite não coexiste com a zincolivenite e a sua composição situa-se muito próximo do termo puro. Apenas muito ocasionalmente se registaram valores significativos de Zn (Cu:Zn ~10:1), sendo o Fe e o Co vestigiais. O mesmo se verificou para o P.



Figura 40: Agregado de cristais muito alongados de olivenite sobre quartzo. Campo 2,38 mm. Coleção e foto P. Alves.

Opala $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

A opala é um mineral frequente na mina dos Pendões. Apresenta-se comumente sob forma de recobrimento botriode sobre o quartzo microcristalino ou sobre a goethite. Tende a ser incolor, podendo ocasionalmente adquirir um tom azulado discreto.



Figura 41: Formações globulares de opala azulada (variedade hyalite), associada a cristais aciculares de aragonite. Campo 2,10 mm (horizontal). Coleção e foto P. Alves.

Pirite FeS_2

A pirite, tal como todos os outros sulfuretos, é pouco frequente na Herdade dos Pendões. Observou-se sempre sob forma de grãos anédricos a subédricos inclusos no quartzo, apesar de terem sido observadas texturas do tipo *boxwork* com uma geometria cubica, o que sugere a pirite (euédrica) como mineral precursor.



Figura 42: Grupo de cristais lamelares de pirolusite sobre criptomelana. Campo 2,8 mm. Coleção e foto P. Alves.



Figura 43: Agregado semiesférico de cristais tabulares de pirolusite. Campo 5,4 mm. Coleção e foto P. Alves.

Pirolusite MnO_2

A mina de Herdade dos Pendões explorou essencialmente o Fe, contudo o Mn também está presente em quantidades apreciáveis e foi também ele explorado. A mineralização manganésifera é representada pela pirolusite e criptomelana. A pirolusite, especialmente abundante nas minas de Fe e Mn da área do Cercal, é aqui escassa. Ocorre sobretudo sob forma de vénulas subcentimétricas que cortam a goethite. Os cristais euédricos são comuns, geralmente em agregados de acículas em forma de ‘ouricho’. Os cristais podem apresentar um hábito tabular. A sua dimensão raramente atinge 1 cm. A pirolusite associa-se à criptomelana, calcofanite e, ocasionalmente, à piromorfite.

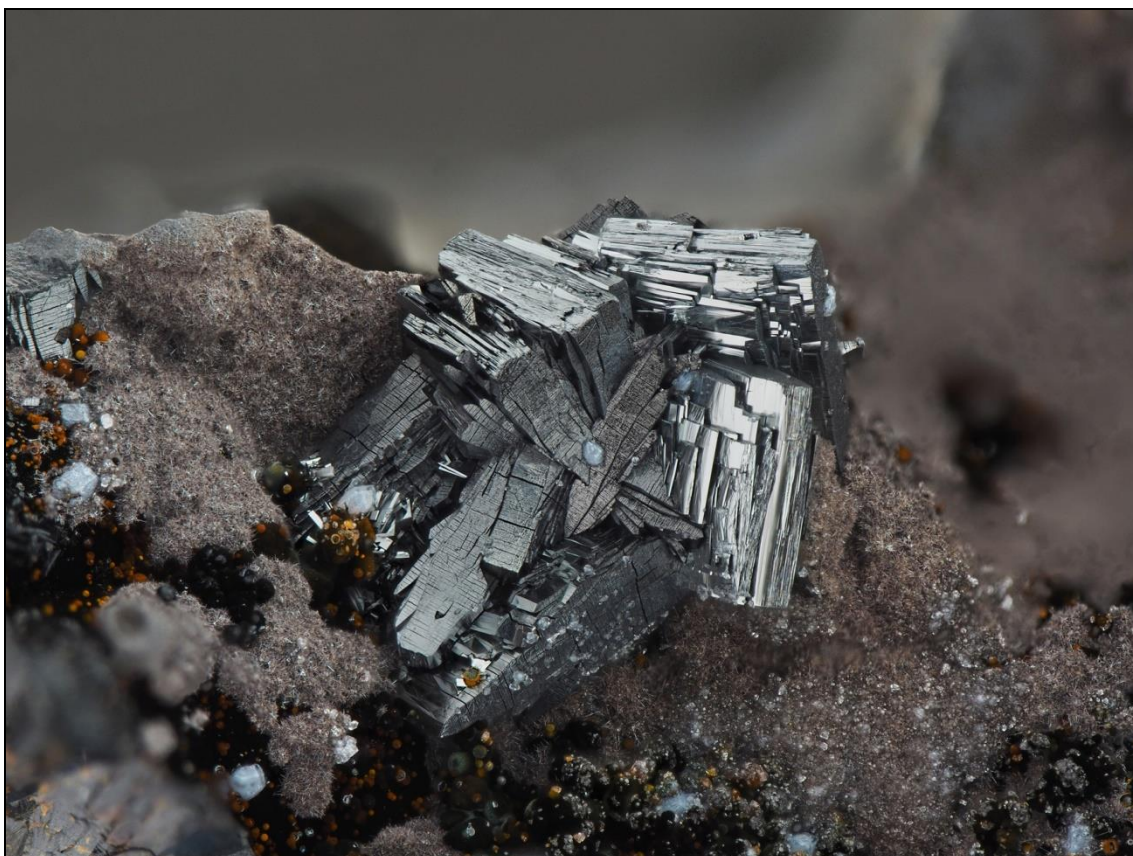


Figura 44: Cristais de pirolusite sobre criptomelana. Campo 2,8 mm. Coleção e foto P. Alves.

Piromorfite $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$

A piromorfite é um mineral raro na mina dos Pendões. Ocorre sob forma de cristais prismáticos simples, formados por {100}, {001} e muito raramente {011}. A cor varia entre o branco e o bege claro, a dimensão é sempre inferior a 1mm, geralmente 0,3 mm. Observa-se em materiais limoníticos mais alterados, por vezes silicificados (presença de hyalite). Pode também ocorrer associada a pirolusite, em cavidades de corrosão da goethite.

Plumbogummite $\text{PbAl}_3(\text{PO}_4)(\text{PO}_3\text{OH})(\text{OH})_6$

Trata-se da fase do supergrupo da alunite mais abundante nesta localidade. Tende a ser um mineral discreto, pois raramente apresenta cristais bem desenvolvidos e a dimensão média é da ordem dos 100 μm . Também ocorre sob forma de um recobrimento amarelado sobre a fosfohedifana ou agregados esferoidais sobre a goethite. Pode ser incolor ou apresentar diferentes tons de amarelo.



Figura 45: Grupo de cristais bege claro de piromorfite numa cavidade de goethite. Campo 1,37 mm. Coleção e foto P. Alves.



Figura 46: Agregados esferoidais de plumbogummite amarela sobre siderite pseudomorfisada por goethite. Campo 2,75 mm. Coleção e foto P. Alves.



Figura 47: Agregados de cristais de pseudomalaquite sobre goethite. Campo 5,16 mm. Coleção e foto P. Alves.



Figura 48: Agregados de cristais de pseudomalaquite sobre goethite. Campo 5,45 mm. Coleção e foto P. Alves.

Pseudomalaquite $\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$

Este fosfato de Cu é o mais abundante na mina da Herdade dos Pendões. Observa-se com frequência nas cavidades da goethite, geralmente sobre uma fina capa de sílica amorfa ou quartzo microcristalino. Os cristais raramente se encontram individualizados, tendem a formar agregados ‘em pinha’ ou então agregados esferoidais em que o contorno dos indivíduos é apenas observável em ampliações elevadas (> 80x) ou com recurso ao MEV. A dimensão dos cristais ronda os 100 μm e os agregados podem ultrapassar 1mm. Ocorre em duas condições distintas: em cavidades da goethite, por vezes com quartzo; associada à santabarbaraite e à rodocrosite, na limonite. A pseudomalaquite apresenta frequentemente evidências de corrosão e lixiviação, sobretudo na presença de sílica amorfa.

Ao contrário da libethenite, a pseudomalaquite raramente apresenta conteúdos assinaláveis de Zn.

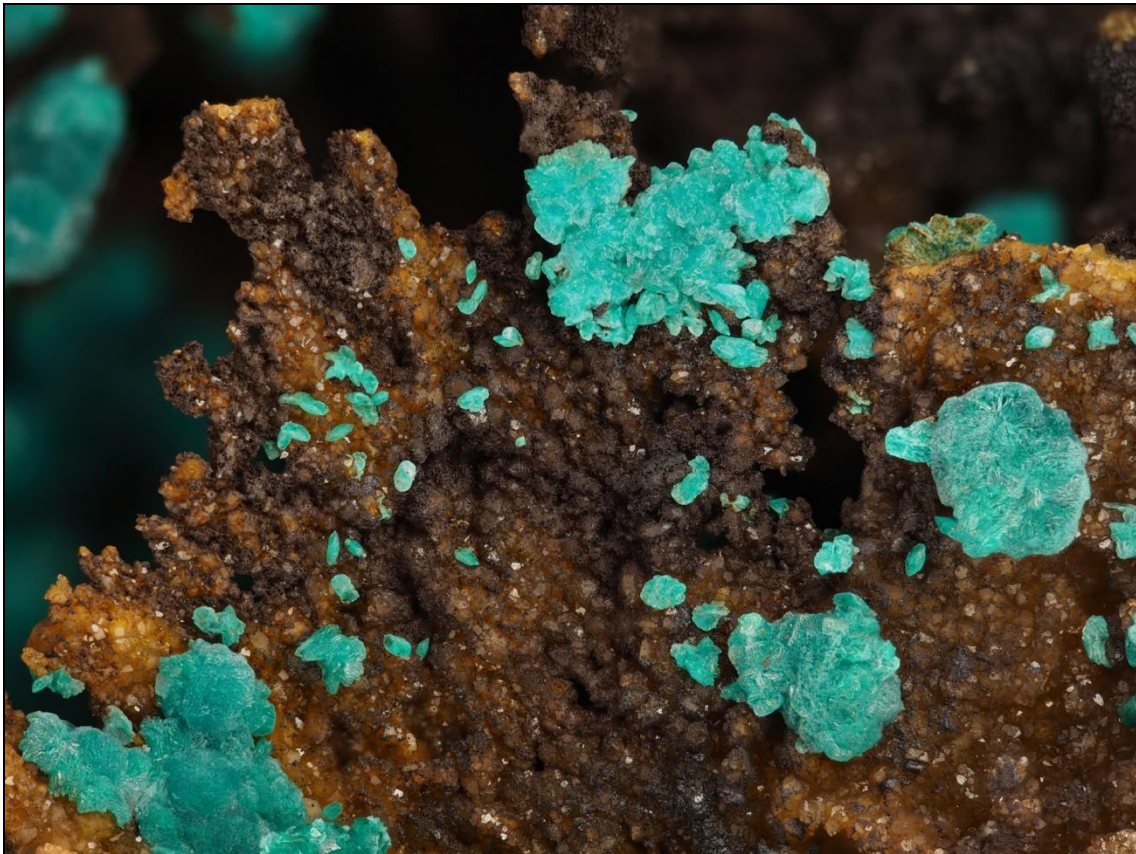


Figura 49: Cristais de pseudomalaquite ligeiramente alterados sobre quartzo. Campo 5,50 mm. Coleção e foto P. Alves.

Quartzo SiO_2

O quartzo é um dos principais componentes da estrutura filoniana que suporta a mineralização dos Pendões. Apresenta-se sobretudo massivo, de cor branca a branco acinzentado. Os cristais são comuns e resultam, na maior parte, de crescimento livre em fendas ou geodes, tanto na goethite como na siderite. Por vezes observam-se crescimentos de quartzo microcristalino sobre a siderite limonitizada.

Rodocrosite MnCO_3

Este carbonato é especialmente frequente nos materiais aflorantes, onde a meteorização foi mais intensa. Parece tratar-se de uma evolução (re-precipitação) da siderite, em cavidades do *gossan* de cor clara e silicificação moderada. A rodocrosite ocorre em agregados em forma de ‘*papillon*’, de cor bege ou castanho-escuro. A típica cor rosada não foi observada, o que não parece dever-se à presença de Fe, pois os exemplares analisados mostraram ser quimicamente puros, mesmo os de cor mais escura.



Figura 50: *Rodocrosite policristalina. Campo 1,32 mm. Coleção e foto P. Alves.*

Santabarbaraite $\text{Fe}^{3+}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Este fosfato de Fe é um dos minerais mais interessantes da Herdade dos Pendões. Foi observado junto da libethenite, rodocrosite e jahnsite numa matriz limonítica muito porosa. Estes materiais são extremamente raros nas escombreiras, por outro lado são muito ricos em santabarbaraite. Este mineral é tradicionalmente um produto de oxidação da vivianite, mantendo a morfologia do mineral precursor e por vezes com relíquias de vivianite e/ou metavivianite (Pratesi, 2003).

Nos Pendões este fosfato também parece ter evoluído a partir da vivianite, embora muito raramente apresente a morfologia típica desta. A sua caracterização mediante DRX evidenciou alguns ‘picos’ da vivianite, mais evidentes nos cristais de cor esverdeada (evolução incompleta). Contudo foram observados cristais de menor dimensão com uma morfologia muito diferente da vivianite e com elevada transparência. Suspeita-se que estes indivíduos se tenham formado como resultado da alteração da vivianite, mas que não a tenham substituído *in situ*, isto é que não a tenham pseudomorfisado.



Figura 51: Agregados de cristais de santabarbarite associada a zincolibethenite verde-azulada. Campo 3,56 mm. Coleção e foto P. Alves.



Figura 52: Cristais tabulares de santabarbarite sobre quartzo. Campo 1,40 mm. Coleção e foto P. Alves.

A Santabarbarite pode apresentar-se sob diversas formas e tonalidades. Os cristais tendem a ser alongados, mas podem também apresentar um menor desenvolvimento e aspeto tabular. A cor é quase sempre alaranjada, com variações entre o castanho e o verde acastanhado. Neste último caso é habitual observar-se um núcleo verde azulado (vivianite, metavivianite?). A dimensão varia entre 0,1 mm e os 4-5 mm. A Santabarbarite observou-se quase exclusivamente em fragmentos do *gossan* que apresentam uma lixiviação mais intensa, associada a silicificação e formação de rodocrosite. Associa-se a pseudomalaquite, olivenite, rodocrosite e jahnsite.



Figura 53: Grupo de cristais alongados de santabarbarite sobre sílica amorfa e pseudomalaquite intensamente alterada. Campo 5,06 mm. Coleção e foto P. Alves.

Siderite FeCO_3

Este carbonato de Fe parece ser o mineral mais abundante na mineralização primária. À cota dos trabalhos mineiros, a siderite encontra-se substituída por grandes quantidades de goethite. A textura do mineral encontra-se preservada, tal como a forma dos cristais em geodes centimétricos, geralmente com um recobrimento de quartzo ou sílica amorfa.

Tennantite $\text{Cu}_6[\text{Cu}_6(\text{Fe,Zn})_2]\text{As}_4\text{S}_{13}$

Trata-se de um mineral muito raro nos Pendões. Observou-se sempre sob forma de grãos anédricos milimétricos nos veios de quartzo, geralmente associada a calcopirite. A ausência de outros minerais com As, sugere que a tennantite terá sido a fonte deste metal para a formação dos arenatos observados nesta mina.

Vivianite $\text{Fe}^{2+}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

A vivianite encontra-se sempre substituída pela santabarbaraite. Por vezes subsistem núcleos de vivianite no interior da santabarbaraite, os quais foram detetados e identificados mediante DRX.

Zincolibethenite $\text{CuZn}(\text{PO}_4)(\text{OH})$

Ao contrário da libethenite, este fosfato muito raro, conhecido em cerca de uma dezena de ocorrências no mundo. Os exemplares encontrados na mina dos Pendões, atendendo à sua perfeição, dimensão e estética figuram entre os melhores a nível mundial. O mineral apresenta-se sempre sob forma de cristais euédricos de cor verde azulada. Os cristais, geralmente inferiores a 2mm, são formados por {110} e {011}. As formas {101} e {010} são mais raras e menos desenvolvidas. Associa-se à libethenite e à pseudomalaquite e quartzo, em cavidades da goethite.

Zincolivenite $\text{CuZn}(\text{AsO}_4)(\text{OH})$

Tal como a zincolibethenite, a zincolivenite é também mais rara do que a olivenite. Existem várias ocorrências de olivenite no sul de Portugal, e são mesmo conhecidos casos de olivenite zincífera na mina do Cerro do Algaré, mas esta é a primeira ocorrência registada em Portugal da zincolivenite. Este arsenato apresenta-se nos Pendões sob forma de cristais simples, compostos por um prisma {011} pouco desenvolvido e por {110}. A sua dimensão é inferior a 100 μm e a cor é verde-claro. Associa-se à bayldonite e à azurite, em cavidades do quartzo.



Figura 54: Libethenite e zincolibethenite (cristais alongados). Campo 238 μm .



Figura 55: Agregado de zincolibethenite sobre quartzo. Campo 5,6 mm. Coleção e foto P. Alves.



Figura 56: Cristais de zincolibethenite (verde escuro) e libethenite zincífera (verde claro) sobre quartzo. Campo 2,38 mm. Coleção e foto P. Alves.



Figura 57: Grupo de cristais de zincolibethenite sobre quartzo. Campo 3,18 mm (vertical). Coleção e foto P. Alves.



Figura 58: Agregado de zincolibethenite sobre quartzo, acompanhado por diminutos cristais de libethenite (verde claro). Campo 5,6 mm. Coleção e foto P. Alves.



Figura 59: Cristais verde-claro de zincolivenite numa cavidade de corrosão do quartzo. Campo 2,53 mm. Coleção e foto P. Alves.

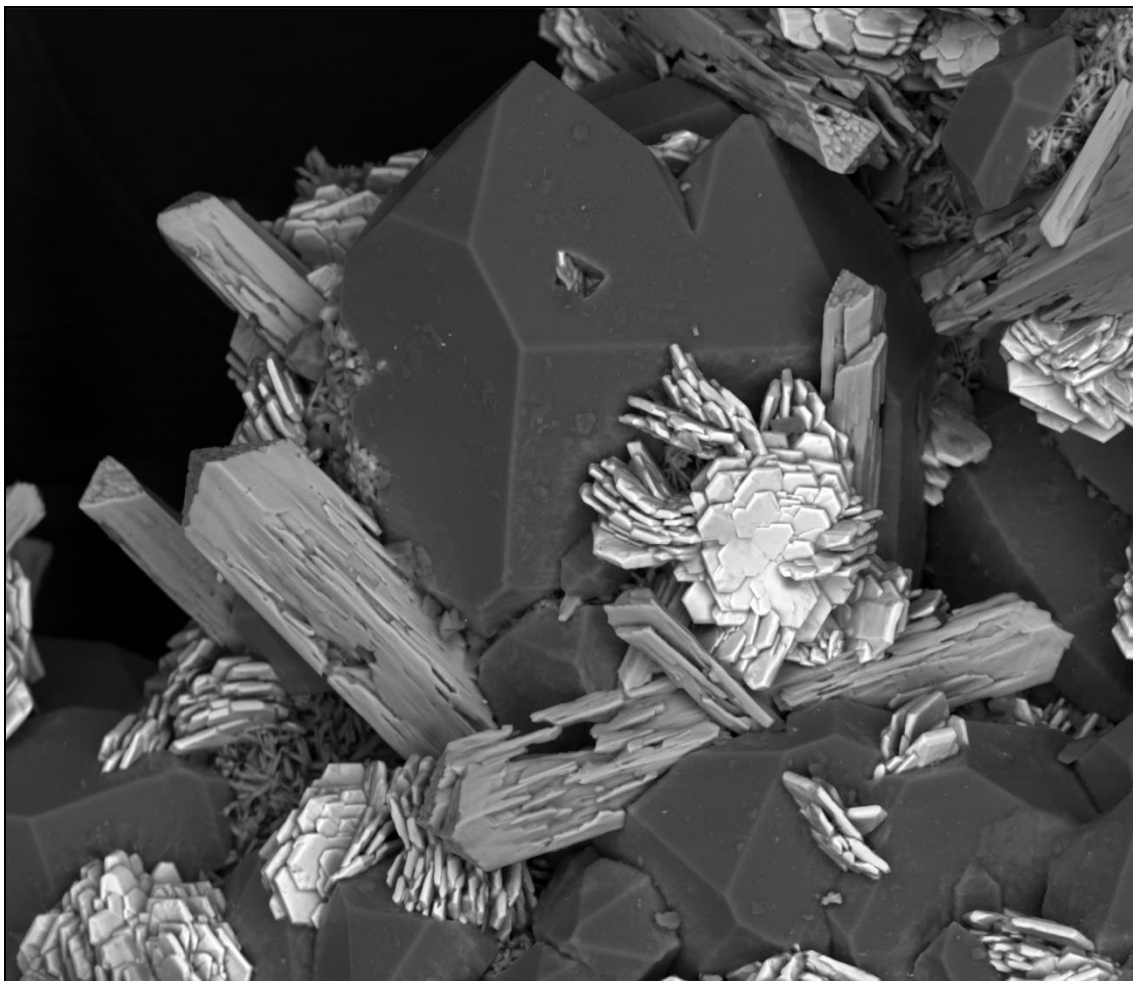


Figura 60: Grupo de cristais de zincolivenite (prismáticos) e bayldonite (tabulares) sobre quartzo. Imagem SEM em modo EBSD. Campo 153 μm .

AGRADECIMIENTOS

Os autores agradecem ao LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia) pela consulta bibliográfica dos relatórios não publicados de Gomes e Gaspar (1956): Jazigo de chumbo, zinco e cobre do Torgal; Negrão, A. (1866): Processo administrativo da mina Cerro das Furnas – Mina em campo livre n° 77.

BIBLIOGRAFÍA

CARVALHO, D. (1971). Jazigos de Fe-Mn da região Cercal-Odemira. Principais Jazigos Minerais do Sul de Portugal, Livro-Guia, **4**: 65-73.

CARVALHO, D. (1976). Considerações sobre o vulcanismo da região de Cercal-Odemira. Suas relações com a Faixa Piritosa. *Com. SGP*, **LX**: 215-238.

GOMES, R., GASPAR, O. (1956). *Jazigo de chumbo, zinco e cobre do Torgal*. Relatório Serviço de Fomento Mineiro, Arquivo LNEG Alfragide, 48 p.

GREY, I., MUMME, W., NEVILLE, S., WILSON, N., BIRCH, W. (2010). Jahnsite-whiteite solid solutions and associated minerals in the phosphate pegmatite at Hagendorf-Süd, Bavaria, Germany. *Mineralogical Magazine*, **74**: 969-978.

- MOURA, J., CARVALHO, J. (1948). *Catálogo das minas de Ferro do Continente*. Tomo I, Porto, 467 p.
- NEGRÃO, A. (1866). Processo administrativo da mina Cerro das Furnas – Mina em campo livre nº77. Arquivo LNEG Alfragide, 29 p.
- OLIVEIRA, J. (Coord.), (1984). Carta Geológica de Portugal na Escala 1/200 000. Notícia Explicativa da Folha 7. 77 pp. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- PRATESI, G., CIPRIANI, C., GIULI, G., BIRCH W. (2003). Santabarbarite: a new amorphous phosphate mineral. *European Journal of Mineralogy*. **15**: 185-192.
- ROSA, C., MATOS, J., PEREIRA, Z. (2013). Geologia e mineralizações da região de Odemira. Atas do Colóquio Ignorância & Esquecimento. Município de Odemira, Odemira. 553 p.
- YAKOVENCHUK, V., KECK, E., KRIVOVICHEV, S., PAKHOMOVSKY, Y., SELIVANOVA, E., MIKHAILOVA, J., CHERNYATIEVA, A., IVANYUK, G. (2012). Whiteite-(CaMnMn), $\text{CaMnMn}_2\text{Al}_2[\text{PO}_4]_4(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, a new mineral from the Hagendorf-Süd granitic pegmatite, Germany. *Mineralogical Magazine*, **76**: 2761-2771.

ACOPIOS

Revista Ibérica de Mineralogía



ACOPIOS

An Iberian Mineralogist Journal

ISSN 2171-7788



Foto Portada / Foto da Capa:

*Grupo de cristais tabulares de calcofanite irisada. Campo 1,4 mm
Alguns cristais mostram umas esférulas acinzentadas de criptomelana
Mina Herdade dos Pendões, Odemira, Beja, Portugal
Col. e Fot. Pedro Alves*

V82017

MTI EDIT

ACOPIOS

Revista Ibérica de Mineralogía

ISSN 2171-7788



<http://mti-acopios.blogspot.com.es>

http://issuu.com/malacate/docs/V8_2017

V82017

MTIEEDIT