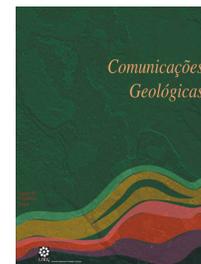


## Seleção de áreas de prospeção mineira com recurso aos SIG na região de Lagoa Negra (NW de Portugal)

### Selection of areas for mineral exploration using GIS resources at “Lagoa Negra” region (NW of Portugal)

C. Paulo<sup>1\*</sup>, A. Lima<sup>1</sup>



Artigo Curto  
Short Article

© 2014 LNEG – Laboratório Nacional de Geologia e Energia IP

**Resumo:** As mineralizações filonianas hidrotermais são abundantes no Norte de Portugal, a sua prospeção e exploração remonta, pelo menos desde o tempo de ocupação Romana o que tem suscitado o interesse das empresas mineiras na aquisição de áreas para pesquisa e exploração.

A área de estudo enquadra-se numa licença de prospeção da Empresa mineira “Klondike Gold Portugal” recentemente adquirida pela “Medgold Resources”. A concessão de prospeção designa-se por Balazar e está situada na região do NW do Anticlinal de Valongo. O estudo centrou-se na zona da Lagoa Negra, onde é conhecida a mineralização de Sb-Au. Toda a informação sobre a cartografia geológica existente, campanha de sedimentos de corrente e campanha de mineralometria foi introduzida num Sistema de Informação Geográfica (SIG), onde com ambas componentes, “Data e Knowledge Driven”, foi criado um mapa preditivo que identifica futuros locais onde realizar os trabalhos de pormenor.

**Palavras-chave:** Lagoa Negra, Mineralização Sb-Au, Prospeção, SIG.

**Abstract:** The hydrothermal mineralization veins are abundant in northern Portugal, their exploration and exploitation dates back at least to the time of the Roman occupation, which raises the interest of mining companies in the acquisition of exploration areas.

The study area is within an exploration area of “Klondike Gold Portugal” mining company, acquired recently by “Medgold Resources”. The concession license is known as Balazar and located at NW of Valongo Belt. The study was centered on “Lagoa Negra” zone where is known the Sb-Au mineralization. All the information about the existing geological mapping, stream sediments and mineralometry campaigns were introduced into a Geographic Information System (GIS) which with both components “Data and Knowledge Driven”, created a predictive map that identifies the locations to perform detailed exploration.

**Keywords:** Lagoa Negra, Sb-Au mineralization, Exploration, GIS.

### 1. Introdução

Na região de Lagoa Negra no NW de Portugal existem vestígios de uma conhecida antiga exploração mineira de Sb-Au que terá laborado principalmente durante a época Romana. Há um consenso generalizado da parte dos autores que estudaram esta área quanto à datação desses trabalhos mineiros, associando-os maioritariamente à época Romana, baseando-se para tal em marcas, objectos e testemunhos característicos, bem como na associação espacial a locais datados da mesma época. A presença dos Romanos no Norte de Portugal, nomeadamente nas proximidades da área em questão, é comprovada pelo vasto legado de vias, pontes, marcos miliários, castros, etc. Muitas vezes, próximo destas marcas Romanas e geralmente a elas associados, ocorrem numerosos vestígios de antigas pesquisas e explorações mineiras. As vias romanas, construídas pra circulação e escoamento de produtos, particularmente de minério, são uma das principais estruturas intimamente ligada às explorações mineiras (Lemos & Morais, 2004), e as Minas da Lagoa Negra são bons exemplos disso.

O que se sabe é que por comunicação oral de antigos trabalhadores mineiros da zona, no século passado, fizeram-se pequenas explorações artesanais de trincheiras para o antimónio. O principal trabalho mineiro, por não ter memória da sua abertura pelos habitantes locais, é atribuído a Época Romana, e segundo Martins (2008) é de forma ovalada com cerca de 80m de comprimento, 50m de largura e de profundidade desconhecida, estando incluída na concessão de prospeção e pesquisa denominada por Balazar (Fig. 1).

A área de estudo estende-se desde este local até à envolvente da vertente NE (leste) da Serra de Rates (Fig. 2), já que aí foram identificados locais onde há evidências de explorações de Antimónio (Sb). O objetivo principal do estudo pretendia comprovar a mineralização Sb-Au da Lagoa Negra e definir áreas onde deveriam incidir os trabalhos de prospeção de pormenor para identificar a ocorrência de mineralizações portadoras de Au e Sb na região.

<sup>1</sup>FCUP - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal.

\* Autor correspondente / Corresponding author: [up200604829@fc.up.pt](mailto:up200604829@fc.up.pt)

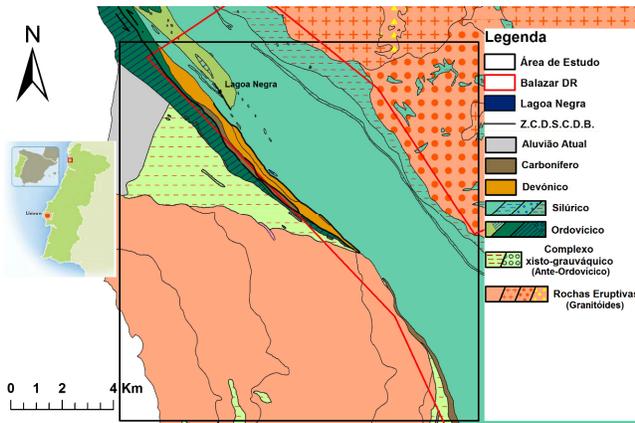


Fig. 1. Localização da concessão de Balazar e área de estudo abrangidas pelas folhas 5-C e 9-A, da Carta Geológica de Portugal, 1:50 000; Z.C.D.S.C.D.B.: Zona de Cisalhamento Dúctil do Sulco Carbonífero Dúrico-Beirão.

Fig. 1. Location of Balazar concession and the study area within the Geological Map of Portugal, 1:50 000 (sheets 5-C and 9-A); Z.C.D.S.C.D.B.: Zona de Cisalhamento Dúctil do Sulco Carbonífero Dúrico-Beirão.

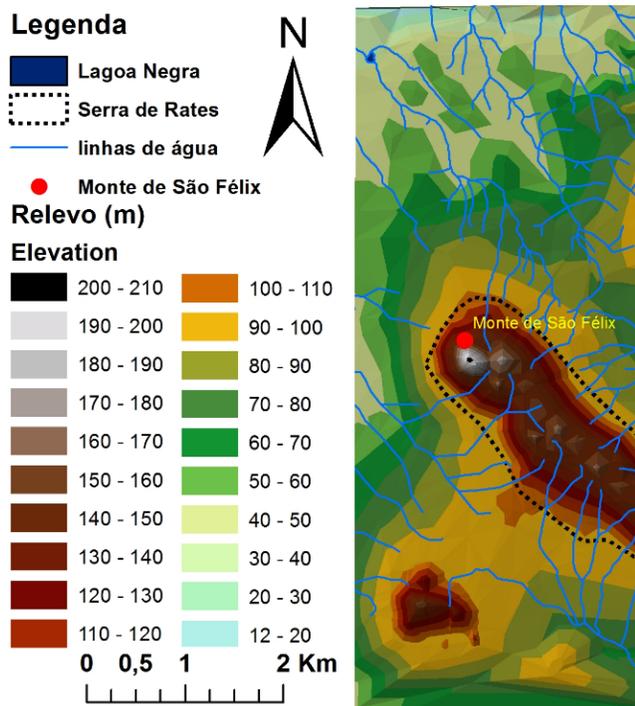


Fig. 2. Modelo digital do terreno evidenciando o relevo da zona de estudo e a respetiva rede de drenagem.

Fig. 2. Digital terrain model (MDT) showing the relief of the study area and the respective drainage network.

## 2. Enquadramento geográfico e geológico

A região de estudo situa-se no distrito de Braga, fazendo parte do concelho de Barcelos e da freguesia de Barqueiros, sendo abrangida pela folha nº 82 da carta militar de Portugal na escala 1:25 000 (IGeoE). Encontra-se inserida na folha 9-A (Póvoa de Varzim) da Carta Geológica de Portugal na

escala 1:50 000, formada essencialmente por uma mancha de terrenos Paleozóicos de direção NW-SE delimitada por vários tipos de intrusões graníticas (Fig. 1). Trata-se geologicamente do prolongamento do Anticlinal de Valongo para NW. Os terrenos Paleozóicos de direção NW-SE são intersetados por uma importante zona de cisalhamento dúctil, o Sulco Carbonífero Dúrico-Beirão (Fig. 1), associado à 3ª fase de deformação (D3) à qual correspondem paragénese que incluem a clorite, biotite, cordierite, andaluzite e silimanite.

## 3. Lagoa Negra, apontamentos de campo

No terreno, a antiga exploração Romana de Sb-Au da zona de Lagoa Negra terá sido realizada a céu aberto ao longo de uma zona de falha N 10° W, tal como referido na cartografia geológica de Portugal 1:50 000 da folha 9-A (Póvoa de Varzim). No entanto toda esta área mostra indícios de forte deformação, a que não será alheia a grandiosidade do material de ganga das escombrelas. Estas têm seu maior expoente na colina circular a NW da lagoa que é coroada por um moinho de vento com mais de um século. A colina é constituída essencialmente por material xistoso e ainda por material quartzoso. A SSW da lagoa, a sensivelmente 50-100 m, também há evidências de antigas trincheiras (definidas pela irregularidade do terreno) agora cobertas por solo, mas que por comunicação oral de antigos trabalhadores, foram utilizadas na exploração artesanal de antimónio. Trata-se de uma zona com uma atividade agrícola ativa o que dificultou o reconhecimento e obtenção de amostras com representatividade maior sobre a mineralização *in situ*.

## 4. Metodologia

### 4.1. Aquisição e integração dos dados

Numa primeira fase procedeu-se à recolha bibliográfica da informação disponível e aquisição da cartografia geológica e militar da área abrangida. Depois recolheu-se a informação da campanha de prospeção geoquímica de sedimentos de corrente levada a cabo pelo BRGM na área em questão. Com a informação disponível, esta foi inserida digitalmente num Sistema de Informação Geográfica (SIG) e alguma dela (nomeadamente a cartografia geológica, os sedimentos de corrente e a mineralometria) transformada em formato vetorial de forma a poder relacionar a informação entre si. O software utilizado foi o ArcGIS 10.0 e o projeto foi desenvolvido no sistemas de coordenadas geográficas GCS\_Datum\_73.

### 4.2. Organização da informação

A organização da informação foi efetuada por camadas temáticas, ou seja "Layers", tais como, a estrutural, a litologia, os sedimentos de corrente, a mineralometria, mas também linhas de água, ocorrências minerais, bem como todos os outros elementos de interesse para o estudo.

Selecionaram-se os critérios e com as funcionalidades do software ArcGIS 10.0, todas as informações foram cruzados de forma a obter áreas com potencial

hierarquizado de acordo com os objetivos definidos.

A saída dos resultados foi obtida através de mapas preditivos com base nos critérios anteriormente definidos.

**5. Desenvolvimento dos trabalhos e discussão**

Analisados e avaliados os dados obtidos foram escolhidos os critérios para a seleção de áreas com potencial para prospeção. Este compreendeu duas componentes principais. A componente *knowledge driven* onde se definiram dois critérios segundo os guias de prospeção de Sb-Au definidos por Couto (1993): um é a proximidade a bacias de idade Carbonífera e outro a proximidade de falhas importantes, ou zonas de cisalhamento. Através da componente *Data driven* definem-se mais dois critérios: as bacias de drenagem anómalas de Au, Sb e As da campanha de sedimentos de corrente e as bacias de drenagem das partículas de Au até 0.01g da campanha de mineralometria. Obtiveram-se assim quatro critérios que vão definir as áreas com potencial para prospeção.

Definidos os critérios obtidos por *knowledge driven*, que estão relacionados com a proximidade aos mesmos, aplicou-se um *Buffer* (área de influência) de 1000m, aplicando o critério segundo Billa *et al.* (2004). Estes, posteriormente convertidos para formato *raster*, materializam as áreas de influência de cada critério. A grelha utilizada para o cálculo dos *raster* de todo o projeto, foi uma grelha com 250 m de lado que define quadrículas com cerca de 6 hectares. A valoração atribuída a estes dois critérios foi de 1 para as áreas abrangidas pelo “Buffer” e 0 para toda a restante área de estudo. Somando os dois critérios obtemos um mapa onde estão traduzidos os parâmetros geológicos utilizados, valorados com 2 as zonas onde os dois critérios se cruzam positivamente e 1 as áreas afetadas pela proximidade das falhas, sabendo que a área de influência das falhas ocupa uma maior área que a área de influência da bacia Carbonífera, com valor 0 toda a restante área (Fig. 3).

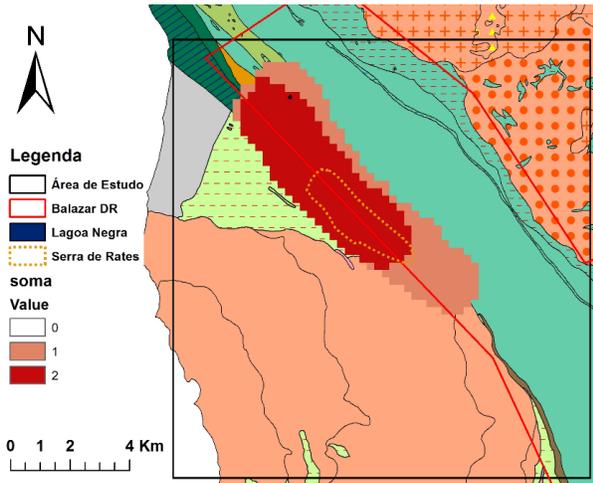


Fig. 3. Valoração atribuída com a soma dos critérios de proximidade das falhas e da Bacia Carbonífera.

Fig. 3. Value attributed to the sum of the criteria of proximity to faults and Carboniferous Basin.

Pela componente *Data driven* e com o objetivo de encontrar os valores anómalos de Sb, Au e As, da campanha de sedimentos de corrente para a região, definiram-se três intervalos de valores: valores inferiores à média regional mais um desvio padrão ( $<X + \sigma$ ) (*Background*), valores entre a média e um desvio padrão ( $X + \sigma$ ) com valores da média e dois desvios padrão ( $X + 2\sigma$ ) e um último intervalo dos valores maiores à média e mais dois desvios padrão ( $>X + 2\sigma$ ), sendo o último intervalo o que corresponde às anomalias de Sb, Au e As para a região e respetivas sub-bacias de drenagem. Estas depois são posteriormente convertidas para *raster*. A valoração atribuída foi de 2 para as áreas onde ocorre tanto a anomalia de Sb como a de As, 1 para as áreas onde ocorre a anomalia de Sb ou As e 0 para toda a restante área (Fig. 4).

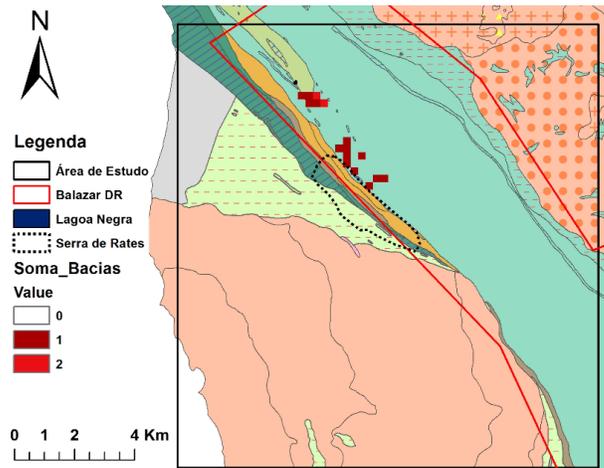


Fig. 4. Resultado da soma dos *Raster* que correspondem às bacias de drenagem de Sb e/ou As e a respetiva valoração.

Fig. 4. Result of the sum of the *Raster* that corresponds to the watersheds of Sb and/or As and the respective rating.

Na campanha de mineralometria e assumindo o mesmo método utilizado na campanha de sedimentos de corrente definiram-se sub-bacias de drenagem que correspondem aos locais onde há a presença de ouro até 0.01g. Estas posteriormente foram convertidas para *raster* e reclassificadas de forma a obter o valor 1 para as áreas definidas pelas bacias e 0 para a restante área de estudo (Fig. 5).

Foram quatro os critérios utilizados para a modelação do mapa preditivo: a proximidade às falhas, a proximidade à bacia carbonífera, as bacias de drenagem das anomalias de Sb e As da campanha de sedimentos de corrente e as bacias de drenagem para partículas de ouro inferiores a 0.01g da campanha de mineralometria, gerando o fluxograma da figura 6 que traduz os processos utilizados na modelação do mapa preditivo.

Com os critérios definidos e o devido tratamento dos dados gerou-se o mapa preditivo da figura 7, somando os critérios através da ferramenta *Raster calculator* que traduz, com base nos critérios seleccionados, as áreas onde devem incidir os trabalhos de prospeção.

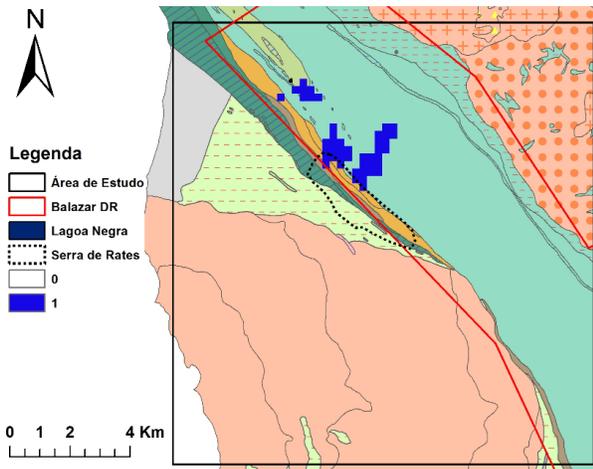


Fig. 5. Conversão para Raster das bacias de Au em relação à campanha de mineralometria.

Fig. 5. Conversion to Raster of Au basins in relation to the mineralometric campaign.

As anomalias de Sb e As estão localizadas na região de Lagoa Negra e vertente leste da serra de Rates definindo um padrão anômalo para a região. A campanha de bateia/mineralometria mostra que na vertente leste da Serra de Rates e região de Lagoa Negra há também a presença de partículas de Au o que confirma a mineralização Au-Sb.

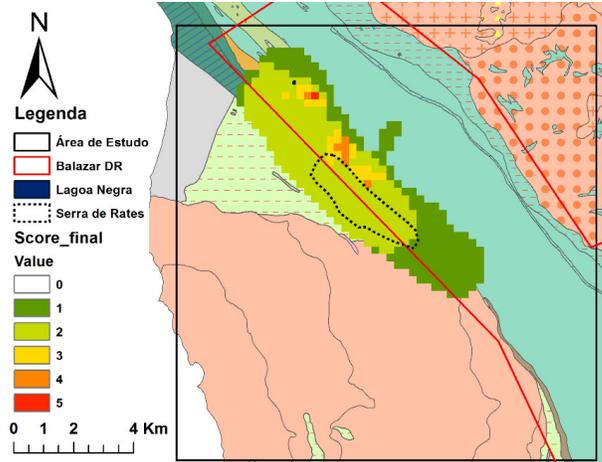


Fig. 7. Mapa preditivo (áreas de incidência dos trabalhos de prospeção).

Fig. 7. Predictive map (work areas for prospecting works).

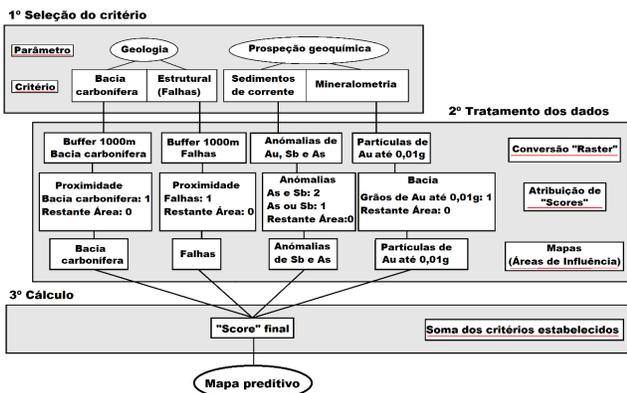


Fig. 6. Fluxograma das etapas de modelação do mapa preditivo.

Fig. 6. Flowchart of the steps of the predictive modelling map.

A valoração automaticamente atribuída ao mapa gerado foi de 1 a 5, sendo 1 as áreas menos favoráveis para serem estudadas em pormenor e 5 as áreas com mais interesse, em que a prospeção deve ser pormenorizada. As áreas onde devem incidir os trabalhos de prospeção serão nos locais de valoração 4 e 5, que são os locais onde a maioria dos critérios utilizados anteriormente se cruzam e definem duas zonas alvo principais, uma na zona da Lagoa Negra, que é o local que no mapa preditivo tem maior valoração e uma outra na vertente leste da Serra, em zonas onde existe floresta e não a agricultura intensiva que caracteriza esta área (Fig. 7).

Com os dados geoquímicos obtidos, salientando que estes representam uma amostragem regional, identificou-se a ocorrência de uma anomalia nos sedimentos de corrente de 105 ppm de Au em terrenos do Complexo Xisto-Grauváquico o que provavelmente pode derivar de terrenos de quartzitos do Ordovícico com os quais contata (com pré-concentrações em Au segundo Couto & Borges (2005); Couto & Moelo (2011)).

Com toda a informação reunida e auxílio dos SIG, obteve-se um mapa preditivo que seleciona os locais onde devem incidir os trabalhos futuros de prospeção de pormenor, salientando que os resultados obtidos obedeceram a critérios estruturais e litológicos segundo a cartografia geológica existente (1:50 000), e dados geoquímicos à escala regional. Os locais de interesse serão portanto, as áreas onde mais de metade dos critérios utilizados se cruzam, ou seja, áreas com valoração maior que 3.

Nestas áreas deve-se realizar cartografia detalhada sobre as regiões, adquirindo a cartografia geológica 1:25 000 e detalhando nas zonas seleccionadas à escala 1:10 000. Dessa forma poder-se-á relacionar o modo de ocorrências litológicas e estruturais numa tentativa de perceber o modo de ocorrência da mineralização em Sb-Au na Lagoa Negra e Sb na vertente leste da Serra de Rates.

A evidência de trincheiras (desníveis abruptos no terreno) nas imediações da Lagoa Negra definem um local que poderia ser posto em evidência a geologia, pois tem bons acessos para uma máquina de escavar e encontra-se numa zona de floresta pouco densa, podendo obter informação valiosa acerca da mineralização.

### 6. Conclusões

Com a análise *in situ* do terreno, recolha de amostras representativas da mineralização de Au-Sb na Lagoa Negra e aquisição de informação bibliográfica sobre a região permitiu comprovar a existência da mineralização de Au-Sb. Posteriormente com toda a informação introduzida e trabalhada num sistema de informação geográfica, espera-se com esta metodologia que os locais

escolhidos sejam alvo de uma cartografia fina à escala 1:1000, e de uma campanha de prospeção geoquímica, tratando-se de uma área bastante ocupada por campos florestais e agrícolas.

Depois destes trabalhos pode-se justificar a realização de sondagens em locais objetivos, nomeadamente na área da Lagoa Negra, sabendo que se trata de uma trincheira ovalada inundada, de forma a saber se há continuidade, daquela que parece ser uma estrutura vertical da mineralização que pode se alongar até à zona de Rates, tal como a geofísica parece indicar.

## Referências

- Billa, M., Cassard, R., Lips, A.L.W., Bouchout, V., Tourlié'ré, B., Stein, G., Guillou-Fortier, L., 2004. Predicting gold-rich epithermal and porphyry systems in the central Andes with a continental-scale metallogenic GIS. *Ore Geology reviews*, **25**, 39-67.
- BRGM, consórcio Baixo Douro (EDM/ECD/SEREM).
- Couto, H., 1993. *As mineralizações de Sb-Au da região Dúrico-Beirã*. Tese de doutoramento, Universidade do Porto (não publicada), 607 p.
- Couto, H., Borges, F.S., 2005. Stratiform Sb and Au mineralizations in the Hercynian Dúrico-Beirã area (North Portugal). In: *Mineral Deposit Research: Meeting the Global Challenge Proceedings of the Eighth Biennial SGA Meeting*, Beijing, China, Chapter 2-5, 97-99.
- Couto, H., Moelo, Y., 2011. Lower Ordovician oolitic ironstones of Valongo Anticline (Dúrico-Beirã area, Portugal) and of Châteaubriant Anticline (Armorican Massif, France): a comparative study. *11 th SGA Biennial Meeting Let's Talk Ore Deposits*, Antofagasta, Chile.
- Lemos, F.S., Morais, P., 2004. Vias augustas e mineração aurífera. *Seminário sobre vias romanas*. Chaves.
- Martins, C.M.B., 2008. *A exploração mineira Romana e a metalúrgica do ouro em Portugal*. Editado pela Unidade de Arqueologia da Universidade do Minho. ISSN: 1647-0745.
- Teixeira, C., Medeiros, A.C., Assunção, T., 1965. *Carta geológica de Portugal na escala 1:50 000. Notícia explicativa da folha 9A - Povoia de Varzim*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 50 p.
- Teixeira, C., Medeiros, A.C., Matos Alves, C.A., Moreira, M.M., 1969. *Carta Geológica de Portugal na Escala de 1:50.000. Notícia Explicativa da Folha 5-C – Barcelos*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 49 p.