

VILA REAL · 25 a 29 Março 2018



XIVCGPLP

Congresso de Geoquímica dos
Países de Língua Portuguesa
XIX Semana de Geoquímica

An aerial photograph of a valley with terraced fields and a river. The terraces are arranged in a grid-like pattern, and the river flows through the center of the valley. The landscape is hilly and appears to be a rural or agricultural area.

Livro de Atas

Zonas Sensíveis na Influência da Drenagem de Minas de Rádio/urânio - Caso da Mina de Picoto, Centro de Portugal

Sensitive Areas Under Radium/uranium Mine Drainage - The Picoto Mine Case Study, Central Portugal

Antunes, I. M. H. R.^{1*}, Teixeira, R. J. S.², Neiva, A. M. R.³, Santos, A. C. T.³

¹ Instituto Ciências da Terra (ICT), Pólo da Universidade do Minho, Braga, Portugal; CERENA. *imantunes@dct.uminho.pt

² Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal; CEMMPRE

³ Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, Portugal; GEOBIOTEC

Resumo

A zona mineira de Picoto está localizada próximo de Vilar Seco (Viseu, Centro de Portugal). Ocorre numa área de declive suave, altitude variando entre 360-380 m, incluída na bacia do rio Cagavaio, com drenagem dominante NE-SW. A mineralização ocorre em veios de quartzo, que intersectam o granito Varisco, porfiróide de duas micas. Os filões de quartzo preenchem falhas N37°-45°E e N50°-70°E, localmente brechificadas. Estes filões contêm meta-torbernite e uranófano, e alguns minerais portadores de U, como clorite e hidróxidos de Fe e Mn. A exploração ocorreu em duas fases, entre 1917 e 1953. Após cessada a exploração, permaneceram as escombrelas resultantes da exploração e a área nunca foi reabilitada. Neste momento, está ocupada por culturas locais, principalmente vinhas e produtos agrícolas. Vinte amostras de águas superficiais e subterrâneas foram colhidas entre 2008 e 2009. Em geral, as águas apresentam valores de pH entre 4,7 a 6,3 e são pouco mineralizadas (CE = 44-190 µS/cm; TDS = 49-137 mg/L). Contudo, algumas águas estão contaminadas em NO₂, Fe, Mn, Cu, As e U, e não devem ser utilizadas para consumo humano nem em atividades agrícolas. A contaminação da água está associada principalmente à antiga mina de rádio/urânio e atividades humanas desenvolvidas.

Palavras-chave: Minas de rádio e urânio, água, contaminação, remediação, centro de Portugal.

Abstract

The Picoto mine area is located at Vilar Seco village (Viseu, central Portugal), in a soft slope area with altitudes ranging from 360 to 380 m, included in the Cagavaio river catchment, with a dominant NE-SW drainage. The mineralization occurs mainly in quartz veins, which intersect a Variscan porphyritic two-mica granite. The quartz veins fill N37°-45°E and N50°-70°E faults, locally brecciated. The quartz veins contain meta-torbernite and uranophane, and some U-bearing minerals, such as chlorite and Fe- and Mn-hydroxides. The exploitation was carried out in two stages, between 1917 and 1953. Since closure, the area contains mine rejected materials and has never been restored. Therefore, a local cultivated area, mainly for vines and domestic consumption agricultural products, is now deployed.

A total of twenty surface and groundwater samples were collected between 2008 and 2009. In general, the waters yield pH values ranging from 4,4 to 6,3 and are poorly mineralized (EC=44-190 µS/cm; TDS= 49-137 mg/L). However, some waters are contaminated with NO₂, Fe, Mn, Cu, As and U and must not be used neither for human consumption nor in agricultural activities. The water contamination is mainly associated with the old radium/uranium mine and subsequent human activities developed in the area.

Keywords: radium/uranium mines, water, contamination, remediation, central Portugal.

Introdução

A extração de elementos metálicos produz elevados volumes de resíduos, potencialmente contaminantes, geralmente acumulados em escombrelas, junto das áreas mineiras. Em Portugal, cerca de 60 depósitos de minério radioativo foram produzidos entre 1908 e 2001, devido à extração de rádio e urânio (Carvalho, 2014). Após o seu encerramento, estas minas foram abandonadas e algumas estudadas para avaliar a influência da radioatividade ambiental e de potenciais elementos tóxicos na saúde humana (e.g., Pinto et al., 2004; Carvalho et al., 2013; Carvalho, 2014; Neiva et al., 2014; 2015; 2016; Antunes et al., 2017).

O presente estudo tem por principal objetivo a identificação de áreas sensíveis face à contaminação da água superficial e subterrânea na influência da antiga mina de Picoto, 65 anos após o encerramento.

Mina de Picoto

A área mineira de Picoto (povoação de Vilar Seco) está localizada na Zona Centro Ibérica (ZCI), a sudeste de Viseu, centro de Portugal. É uma área de topografia e declive suave, com altitudes variando entre 360 e 380 m, incluída na bacia hidrográfica do rio Cagavaio, com drenagem dominante NE-SW (Fig. 1).

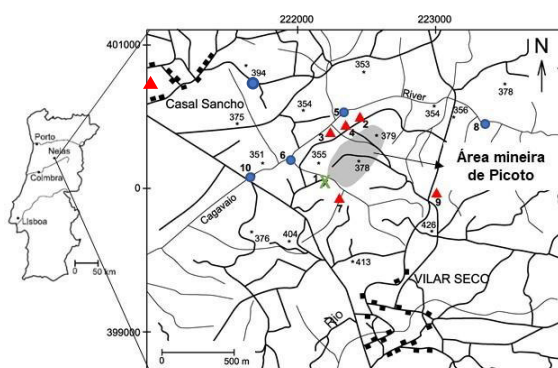


Fig. 1 – Enquadramento geográfico da área mineira de Picoto e localização dos pontos de amostragem de água (x – nascente; – poço; – linha de água).

Nesta zona ocorrem formações graníticas de idade Varisca (tardi- e pós- D3), que intruíram filitos e metagrauvaques, precâmbrios a câmbrios, pertencentes ao Grupo das Beiras (Oliveira et al., 1992;

Azevedo et al., 2005). O granito porfiróide de grão médio a grosseiro, com biotite>muscovite, contém em média 9-17 ppm de U, em minerais de urânio, tais como uraninite, zircão e monazite (Cotelo Neiva, 2003). O granito encontra-se afetado por diferentes graus de episientitização (Teixeira et al., 2010). A mineralização ocorre principalmente em filões de quartzo, que atravessam o granito. Estes veios de quartzo preenchem falhas e fraturas de orientação N37°-45°E e N50°-70°E, localmente, brechificados (Cotelo Neiva, 2003). A meta-torbernite e uranófanio, conjuntamente com alguns minerais portadores de U, como a clorite e hidróxidos de Fe e Mn, e pirite, ocorrem nos filões de quartzo e disseminados em microfracturas (Teixeira et al., 2010).

A exploração mineira ocorreu a céu aberto e em galeria subterrânea. Entre 1917 e 1921, foi explorado rádio em duas minas a céu aberto (a NE rio Cagavaio) e, posteriormente, foi explorado urânio, entre 1950/53, em galerias subterrâneas, com cerca de 150 m de comprimento. A mina cessou a sua atividade em 1953, permanecendo três escombrelas de resíduos, com cerca de 35 000 toneladas, sem qualquer plano de intervenção e reabilitação. Atualmente, a zona é ocupada por culturas locais, com destaque para a vinha e produtos agrícolas de consumo doméstico.

Amostragem e métodos analíticos

Na área mineira de Picoto foram selecionados dez pontos de amostragem de água superficial (linha de água: 5, 6, 8 e 10) e subterrânea (nascente: 1; poço: 2, 3, 4, 7 e 9). Os pontos de amostragem 8 e 9 recolhidos a montante da influência mineira, representam o background local (Fig. 1). Para cada ponto de amostragem foram realizadas duas colheitas, no ano hidrológico de 2008/09, representativas da época mais seca (verão) e da mais chuvosa (inverno). Temperatura, pH, Eh, oxigénio dissolvido, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Condutividade Elétrica (CE) e alcalinidade foram determinados "in situ". Os principais catiões foram

determinados, na subamostra acidificada com HNO₃ (pH=2), por ICP-OES (Horiba Jovin Yvon JV2000 2) e os aniões por cromatografia iónica (Dionex ICS 3000), no Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra. A validação da precisão dos resultados analíticos foi realizada de acordo com as metodologias de Xuejing (1995) e Min et al. (2014).

Resultados e conclusões

A área mineira abandonada de Picoto está localizada numa zona rural, nas imediações de Vilar Seco, e algumas das águas são utilizadas na rega de terrenos agrícolas.

De um modo geral, as águas são um pouco ácidas ou próximo da neutralidade com valores de pH variando entre 4,7 e 6,3, em que o valor mais ácido foi encontrado na linha de água de escorrência das escombrelas da área mineira (ponto de água 6; Fig. 1). A maioria das águas é pouco mineralizada (EC = 44-190 µS/cm), o que é apoiado pelos valores baixos de sólidos totais dissolvidos (TDS = 49–137 mg/L). No verão, as águas tendem a ser mais ácidas e apresentar valores mais elevados de CE, particularmente as águas subterrâneas (nascentes e poços). As águas mais ácidas resultam da oxidação de sulfuretos dos filões mineralizados e, consequentemente dos “tailings” e escombrelas, o que torna a água mais agressiva, promovendo a lixiviação de elementos potencialmente tóxicos a partir da rocha encaixante (Antunes et al. 2016; 2017). As águas projetam-se no campo da neutralidade com elevada concentração de metais (Fig. 2). Não existe diferença significativa entre a composição química das águas colhidas fora da área de influência da mina (pontos de água 8 e 9; Fig. 1) e a das águas que recebem a influência desta área mineira.

A fácies hidroquímica dominante é a do tipo indefinido a Na-Cl-HCO₃, de acordo com a classificação de Piper. Na época de verão (mais seca) ocorrem teores mais elevados de NO₂, Fe, Cu e As do que na época de chuva (Fig. 3), provavelmente devido ao efeito de concentração com menor quantidade de água associada.

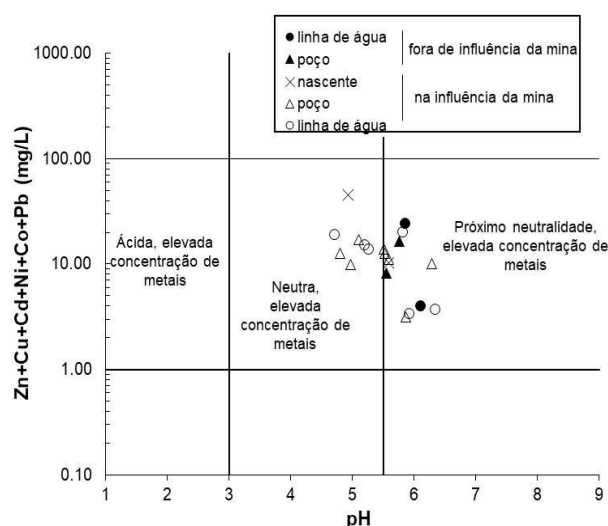


Fig. 2 – Projeção das águas da área mineira de Picoto no diagrama de Ficklin et al. (1992).

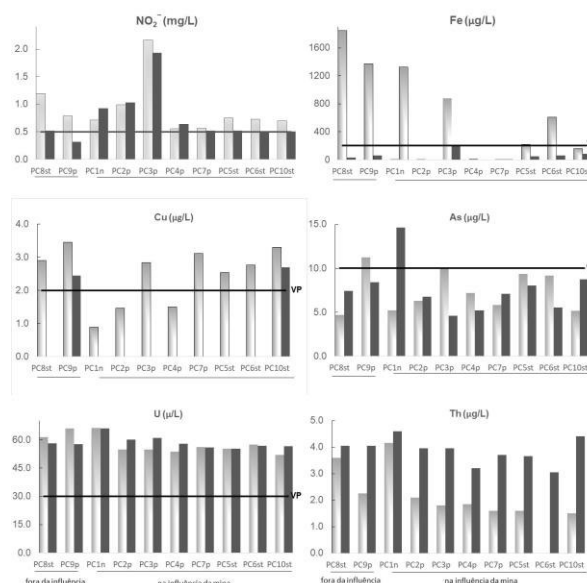


Fig. 3 – Diagramas de variação sazonal para as águas da área mineira de Picoto. Época mais seca (verão) – cinzento claro; Época mais chuvosa (inverno) – negro. St – linhas de água; p – poço; n – nascente. VP – valor paramétrico (Diário da República, 1998; 2007; WHO, 2011).

A maioria das águas não apresenta variação significativa nos teores de U entre a época de verão e de inverno. Por outro lado, os teores de Th registam valores mais elevados na época de inverno do que na de verão (Fig. 3), provavelmente devido à sua dissolução. Contudo, a maioria das águas estão contaminadas em NO₂, Fe, Mn, Cu, As e U e não devem ser usadas para consumo humano nem em atividades agrícolas. A contaminação em Fe e Cu ocorre

preferencialmente na época de verão em que os valores de pH são mais baixos, promovendo um aumento da dissolução das espécies químicas em solução, com libertação dos metais. Os resultados de radiação externa (gama) mostraram valores elevados, particularmente próximo das escombrelas ($0.61\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$), ultrapassando o valor de fundo regional para a região de Oliveira do Hospital; sendo um indicador de contaminação radiológica decorrente da atividade mineira (EDM, 2007).

A contaminação da água está associada principalmente às explorações mineiras na região de Picoto e atividades humanas desenvolvidas. Os resultados obtidos nas águas superficiais e subterrâneas desta área mineira abandonada de rádio/urânio reforça o efeito potencialmente contaminante para o ambiente e saúde humana. Em trabalhos futuros, sugere-se um estudo de transferência de elementos químicos, desde as águas para as plantas, de forma a realizar uma análise de risco na área em estudo; como em outras áreas mineiras (Neves et al., 2012).

Agradecimentos

Os autores agradecem à EDM pela informação cedida relativa à área mineira de Picoto. Este trabalho teve suporte financeiro através do ICT e do projeto UID/GEO/04035/2013

Referências

Antunes, I.M.H.R., Neiva, A.M.R., Albuquerque, M.T.D., Carvalho, P.C.S., Santos, A.C.T., Cunha, P.P., 2017. Potential toxic elements in stream sediments, soils and waters in an abandoned radium mine (central Portugal). *Environ. Geochem. Health*, DOI 10.1007/s10653-017-9945-2.

Antunes, I.M.H.R., Gomes, M.E.P., Neiva, A.M.R., Carvalho, P.C.S., Santos, A.C.T., 2016. Potential risk assessment in stream sediments, soils and waters after remediation in an abandoned W>Sn mine (NE Portugal). *Ecot. Environ. Saf.* 133, 135-145.

Azevedo, M.R., Valle Aguado, B., Nolan, J., Martins, M., Medina J., 2005. Origin and emplacement of syn-orogenic Variscan granitoids in Iberia the Beiras massif. *J Virtual Explorer*, E Edition 19 (7), 1–18.

Carvalho, F.P., 2014. The National radioactivity monitoring program for the regions of uranium legacy sites in Portugal. *Proc. Earth Planet. Sci.* 8, 33-37.

Carvalho, P.C.S., Neiva, A.M.R., Silva, M.M.V.G., Antunes, I.M.H.R., 2013. Metal and metalloid leaching from tailings into stream water and

sediments in the old Ag-Pb-Zn Terramonte mine, northern Portugal. *Environ. Earth Sci.* 71/5, 2029-2041.

Cotelo Neiva, J.M., 2003. Jazigos portugueses de minérios de urânio e sua gênese. In Ferreira (Ed.), *Engineering Geology and Geological Resources*, Book in honour to Prof. J.M. Cotelo Neiva. Univ. Pr. 1, 15–76.

Diário da República, 1998. Decreto-Lei 236/98 – *Legislação Portuguesa de Qualidade da água. Diário da República I-A*, 3676-3722.

Diário da República, 2007. *Legislação Portuguesa de Qualidade da água. Diário da República I-A*, 5747-5765.

EDM. 2007. Mina do Picoto – Relatório Interno.

Ficklin, W.H., Plumlee, G.S., Smith, K.S., McHugh, J.B., 1992. Geochemical classification of mine drainage and natural drainage in mineralized areas. In Y.K. Kharaka, A.S. Maet (Eds.), *Water-rock interaction 7*, 81-384.

Min, L., Xiaohuan, X., Guiyi, X., Hangxin, C., Zhongfang, Y., Guohua, Z., Jiayu, Y., Zhonghui, L., 2014. National multi-purpose regional geochemical survey in China. *J. Geoch. Explor.* 139, 21-30.

Neiva, A.M.R., Antunes, I.M.H.R., Carvalho, P.C.S., Santos, A.C.T., 2016. Uranium and arsenic contamination in the former Mondego Sul uranium mine area, Portugal. *J. Geoch. Explor.* 162, 1-15.

Neiva, A.M.R., Carvalho, P.C.S., Antunes, I.M.H.R., Santos, A.C.T., Cabral-Pinto, M.M.S., 2015. Spatial and temporal variability of surface water and groundwater before and after remediation of a Portuguese uranium mine area. *Chem. Erde Geoch.* 75/3, 345-356.

Neiva, A.M.R., Carvalho, P.C.S., Antunes, I.M.H.R., Silva, M.M.V.G., Santos, A.C.T., Cabral-Pinto, M.M.S., 2014. Contaminated water, stream sediments and soils close to the abandoned Pinhal do Souto uranium mine, Central Portugal. *J. Geoch. Explor.* 136, 102-117.

Neves, M.O., Figueiredo, V.R., Abreu, M.M., 2012. Transfer of U, Al and Mn in the water–soil–plant (*Solanum tuberosum* L.) system near a former uranium mining area (Cunha Baixa, Portugal) and implications to human health. *Sci. Total Environm.* 416, 156-163.

Oliveira, J.T., Pereira, E., Ramalho, M., Antunes, M.T., Monteiro, J.H. (Coords.) 1992. *Geological map of Portugal*, 1/500 000 (5th Ed.). SGP. Lisboa.

Pinto, M.M.S.C., Silva, M.M.V.G., Neiva, A.M.R., 2004. Pollution of water and stream sediments associated with the Vale de Abrutiga uranium mine, Central Portugal. *Mine Water Environ.* 23, 66-75.

Teixeira, R.M., Antunes, I.M.H.R., Neiva, A.M.R., 2010. Uranium minerals from the Picoto uranium mine area, central Portugal. *Geoch. Cosmoch. Acta* 74, A1034.

WHO, 2011. Guidelines for drinking water quality. 4th Ed (Geneva). Available at http://Whqlibdoc.Who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf

Xuejing, X., 1995. Analytical requirements in international geochemical mapping. *Anal.* 120, 1497-1504

TÍTULO:

Livro de Atas do XIV Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa | XIX Semana de Geoquímica

SÉRIE: Única

EDITORES: Alcino Oliveira, Anabela Reis, Fernando Pacheco, José Lourenço, Maria Costa, Maria Gomes, Rui Teixeira

AUTORES: Vários

DATA: Março de 2018

PROPRIEDADE: Departamento de Geologia, Escola de Ciências da Vida e do Ambiente, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

ISBN: 978-989-704-269-0 - Eletrónico/PDF