

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

Avaliação do Risco Ambiental de Elementos Potencialmente Tóxicos em Sedimentos de Corrente – Estudo de Caso em Monfortinho (Centro Portugal)

Environmental Risk Evaluation of Potential Toxic Elements in Stream Sediments – Monfortinho Area (Central Portugal)

Antunes, I. M. H. R.^{1*}, Albuquerque, M. T. D.²

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

² Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal; CERENA

Resumo

Os elementos potencialmente tóxicos (EPT) em sedimentos de corrente constituem uma importante ferramenta na avaliação do risco ambiental na influência de depósitos minerais. A região de Monfortinho está localizada na bacia hidrográfica do rio Erges, que faz fronteira com Espanha. Desde a época romana, que se conhecem evidências da exploração de ouro sedimentar nesta região do país, a qual tem vindo a desaparecer ao longo do tempo. Na avaliação do risco ambiental de EPT selecionados – As, B, Ba, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, V e Zn - foram analisadas 217 amostras de sedimentos de corrente. Os sedimentos de corrente mostram uma elevada variabilidade na concentração dos EPT, podendo concluir-se que os valores mais elevados se relacionam com as mineralizações de Au na região de Monfortinho, bem como, com as de Sn-W que ocorrem nas proximidades. A maioria dos EPT apresenta um grau de contaminação moderado, embora para o Ba, Cr e B este seja elevado a muito elevado; o que se reflete num grau de contaminação moderado a elevado para a área de estudo. Na influência dos vários EPT, a maioria da área mostra um índice de resposta à toxicidade baixo, embora em 5% das amostras este seja moderado.

Palavras-chave: sedimentos de corrente, fator de contaminação, toxicidade, ouro, Portugal.

Abstract

Potentially toxic elements (PTE) of stream sediments are an important tool in environmental risk assessment associated with mineralized deposits. Monfortinho is in the watershed of the Erges river, a transboundary river with Spain. Since Roman period, there is evidence of sedimentary gold exploitation in this region, which has ceased over time. To define a spatial distribution of selected PTE - As, B, Ba, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, V and Zn - 217 samples of stream sediments were analysed. Stream sediments show a high PTE contents variability, suggesting that the highest values are related to the Au mineralization in Monfortinho, as well as the Sn-W mineralization's around the study area. Almost stream sediments show a moderate PTE contamination factor, although for Ba, Cr and B has a very high contamination; which is reflected in a moderate to high degree of contamination in the area. All the PTE contribution indicate a low toxic response index for the area, although for 5% of stream sediments indicate a moderate associated toxicity.

Keywords: stream sediments, contamination factor, toxicity, gold, central Portugal.

Introdução

A ocorrência de elementos potencialmente tóxicos (EPT) num sistema fluvial é influenciada por fatores como a geologia, mineralogia, hidrologia, uso do solo, entre outros (Albanese et al., 2013). Os EPT podem ser transferidos desde áreas mineralizadas para os sedimentos de corrente e solos através das águas de escorrência e/ou por deposição atmosférica (e.g. Boularbah et al., 2006; Antunes et al., 2017). A geoquímica dos sedimentos de corrente constitui uma importante ferramenta na avaliação do risco ambiental para os ecossistemas e a saúde humana, face à sua transferência entre reservatórios, refletindo as condições naturais e atividades humanas (e.g. Chen et al., 2016; Neiva et al., 2016).

Os sedimentos de corrente podem, também, ser utilizados na prospeção de depósitos minerais. A exploração de ouro sedimentar (aluvial) ocorreu em diferentes áreas mineralizadas associadas a distintos depósitos genéticos (Darwish e Poellmann, 2010; Goovaerts et al., 2016). Os EPT associados à exploração de Au - incluindo Cu, Zn, Sn, W, Cr, Cd, As e Pb - podem sofrer mobilidade e dispersão, constituindo um potencial risco ambiental onde se inclui a saúde humana. Este trabalho tem por objetivo a avaliação do risco ambiental de EPT em sedimentos de corrente associados às antigas extrações de Au sedimentar no rio Erges, na região de Monfortinho.

Área de estudo (Monfortinho)

A área de estudo está localizada na região de Monfortinho, na bacia hidrográfica do rio Erges, um afluente da margem direita do rio Tejo, a cerca de 70 km a este de Castelo Branco (Centro de Portugal; Fig. 1). Pertence à faixa metalogénica Sn-W de Góis-Segura, localizada na Zona Centro Ibérica (ZCI) do Maciço Ibérico (Fig. 1). É ocupada por metapelitos e metagrauvaques com metaconglomerados e intercalações de mármore, constituintes do Complexo Xisto-Grauváquico (CXG), de idade Câmbria (Antunes et al., 2009). Os quartzitos ordovícios, NW-SE, ocorrem atravessando o CXG e os materiais

sedimentares terciários cobrem toda a área (Oliveira et al., 1992).

Na região de Idanha-a-Nova, o Au foi explorado desde o período romano, particularmente nas áreas de Rosmaninhal, Salvaterra do Extremo e Monfortinho, como evidenciado pelos restos arqueológicos na paisagem (Batata, 2006). Dados históricos, indicam uma exploração diária de 2 a 4 g de Au, com concentrados de Au com 30 a 40 g (Batata, 2006). Após o ano de 1933, registou-se um forte decréscimo na exploração deste recurso geológico e, no final dos anos 80, os estudos de prospeção indicaram 484 kg de Au disponíveis (Batata, 2006).

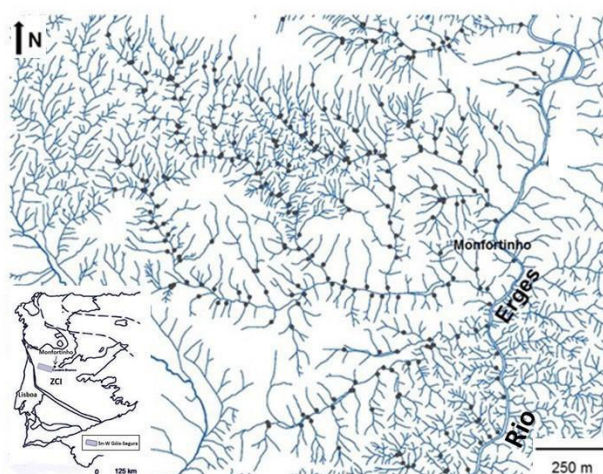


Fig. 1 – Enquadramento geográfico da área de estudo e localização dos pontos de amostragem de sedimentos de corrente (●).

Amostragem e métodos analíticos

Na área de estudo, ao longo de cerca de 140 km², foram colhidas 271 amostras de sedimentos de corrente (Instituto Geológico e Mineiro, 1988). A maioria das linhas de água correspondem a vales abertos, pelo que, localmente representam solos pouco evoluídos. Todas as amostras colhidas foram armazenadas em sacos de polietileno e transportadas para o laboratório do INETI (S. Mamede, Portugal). A preparação das amostras, incluiu secagem a 40° C, desagregação, homogeneização, redução (< 0.074 mm) e digestão por *aqua regia*. Os EPT - As, B, Ba, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, V e Zn, foram analisados por ICP-AES, com uma precisão de 20 % para As e 10 % para os

outros elementos (Instituto Geológico e Mineiro, 1988). O Sn e W foram obtidos com uma precisão de 10 % (0,05 ppb) (Antunes et al., 2002).

Na avaliação do risco ambiental de EPT nos sedimentos de corrente na região de Monfortinho, foram aplicados índices de contaminação. O Fator de Contaminação (FC) resulta da razão entre a concentração do elemento considerado (C_i) e o valor de referência para este mesmo elemento (C_b) (Håkanson, 1980). Os valores de referência utilizados referem-se aos teores de fundo obtidos em sedimentos de corrente da Europa (Fe=1.97 %, Ba = 86 ppm, Cu = 14 ppm, Zn = 60 ppm, Pb = 14 ppm, Sn = 2.25 ppm, V = 29 ppm, As = 6.0 ppm, W = 1.24 ppm, Cd = 0.28 ppm; Salminen et al., 2005) e de Portugal (B = 2 ppm; Ferreira 2000).

O grau de contaminação (CD) resulta da soma dos vários FC para cada EPT, sendo atribuída uma classe de contaminação (CD<6 – baixo; 6 <CD< 12 – moderado; 12<CD<24 considerável; CD>24 muito elevado; Håkanson, 1980).

O Índice Potencial de Risco Ecológico (E_i^r) é um indicador simples que reflete o impacto dos metais no ambiente ecológico. Este fator é diretamente proporcional ao FC pela resposta do coeficiente de toxicidade do metal (T_i^r), indicando o grau de perigosidade do EPT no ecossistema e o nível de toxicidade associado (Guo et al., 2010). Os coeficientes (T_i^r) aplicados foram: Cd = 30; As = 10; Cu = Pb = Ni = 5; Cr = 2 e Zn = 1 (Qinna et al., 2005).

Resultados e conclusões

Os sedimentos de corrente da área de Monfortinho apresentam uma ampla variabilidade na concentração da maioria dos EPT analisados. Os sedimentos de corrente contêm teores máximos de Fe de 48000 mg/kg, 750 mg/kg de Ba, 464 mg/kg de Cr, 202 mg/kg de Zn e 313 mg/kg de V, indicando uma proveniência litológica com contributo das mineralizações locais. Os teores mais elevados de Fe estão provavelmente associados a oxi-hidróxidos de Fe que retêm metais e metalóides (e.g. Neiva et al., 2016; Antunes et al., 2017). Os

valores mais elevados de Ba, Cu, Pb, Zn, Sn, As, W e Cd podem ser associados às mineralizações Au de Monfortinho, bem como, às mineralizações em Sn-W que ocorrem próximo da área de estudo (Antunes et al., 2002).

A maioria dos EPT apresenta um fator de contaminação moderado. No entanto, o Ba, Cr e B mostram um FC elevado e muito elevado (Fig. 2). De um modo geral, ocorre um decréscimo de FC: Cr > B > Ba > V > Cd > As > Fe > Cu = W > Zn = Pb > Sn > Ni. Mais de 50 % das amostras de sedimentos de corrente revelam um FC moderado para o Fe (83 %), Cu (76 %), V (68 %), W (63 %), Cd (97 %), Pb (52 %) e As (82 %), enquanto que para o Ba (60 %), Cr (100 %) e B (94 %) é muito elevado (Fig. 2).

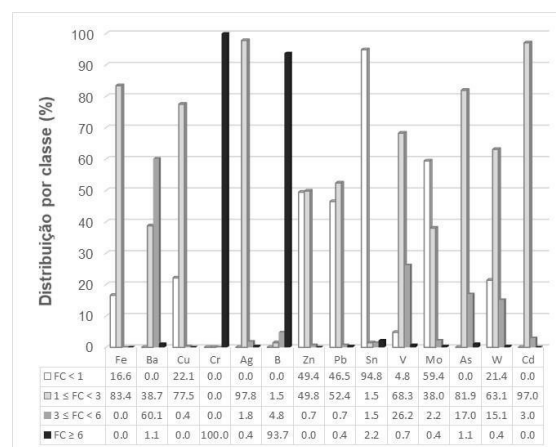


Fig. 2 – Distribuição dos EPT por classes de contaminação. Fator de contaminação: baixo FC<1; moderado 1≤FC<3; elevado 3≤FC<6; muito elevado; FC≥6

Os valores de CD obtidos para os EPT dos sedimentos de corrente da área de Monfortinho variam de 24 a 60, correspondendo a um grau de contaminação considerável (55%) a muito elevado (44%), respetivamente.

O valor médio de E_i^r obtido nos sedimentos de corrente para os elementos Cu, Zn, Pb e Cd é inferior a 40, sugerindo um baixo risco ecológico potencial para a maioria dos PTE (Tabela 1). No entanto, cerca de 97% das amostras de sedimentos de corrente apresentam um risco ecológico potencial moderado para o Cr (E_i^r máximo = 44.2) e 9% das amostras para o As (E_i^r máximo = 73; Tabela 1).

Os sedimentos de corrente apresentam um valor médio para o índice de resposta à

toxicidade baixo (RI < 150). Contudo, cerca de 5 % das amostras, revelam um índice de resposta à toxicidade moderado (150 ≤ RI < 300), atingindo o valor máximo de 189 (Tabela 1).

Tabela 1. Índice Potencial de Risco Ecológico (E_i^r) e resposta à toxicidade (RI) dos PTE estudados

	minimo	máximo	média
E_i^r Cu	1.8	22.9	6.4
E_i^r Cr	11.9	44.2	22.7
E_i^r Zn	0.3	3.4	1.0
E_i^r Pb	1.8	32.1	5.0
E_i^r As	16.7	73.3	16.7
E_i^r Cd	1.8	3.6	1.8
RI	92	189	107

$E_i^r = C_i^r * T_i^r$; $C_i^r = FC$ do EPT; T_i^r – Coeficiente de resposta à toxicidade do EPT. $E_i^r < 40$ – baixo; $40 \leq E_i^r < 80$ – moderado; $80 \leq E_i^r < 160$ – elevado. RI = Índice de resposta; RI < 150 – baixo; $150 \leq RI < 300$ – moderado; $300 \leq RI < 600$ – elevado; $600 \leq RI$ – muito elevado.

Estas amostras ocorrem preferencialmente na zona NW e SE da área de estudo, estando relacionadas com as mineralizações de Au, bem como, com as de Sn-W que ocorrem nas proximidades (Antunes et al., 2002). Os sedimentos de corrente recebem os EPT associados à paragénesis mineralógica da área, apresentando um grau de contaminação considerável a muito elevado, embora com um índice de resposta à toxicidade baixo a moderado.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao LNEG (atual representante dos Serviços Geológicos de Portugal) pela cedência dos dados. Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do ICT – Universidade do Minho (Braga).

Referências

- Albanese, S., Iavarro, P., Adamo, P., Lima, A., De Vivo B., 2013. Assessment of the environmental conditions of the Sarno river basin (south Italy): a stream sediment approach. *Environ. Geoch. Heal.* 35, 283-297.
- Antunes, I.M.H.R., Neiva, A.M.R., Silva, M.M.V.G., 2002. The mineralised veins and the impact of old mine workings on the environment at Segura, Central Portugal. *Chem. Geol.* 190/1-4, 417 – 431.
- Antunes, I.M.H.R., Neiva, A.M.R., Silva, M.M.V.G., Corfu, F., 2009. The genesis of I- and S-type granitoid rocks of the Early Ordovician Oledo pluton, Central Iberian Zone (central Portugal). *Lithos* 111 (3/4), 168-185;
- 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.
- Batata, C., 2006. Explorações mineiras antigas entre os rios Zêzere, Tejo e Ocreza. *Atas do III Simpósio sobre Mineração e Metalurgia Históricas no Sudoeste Europeu*. Porto, pp. 67-77.
- Boularbah, A., Schwartz, C., Bitton, G., Morel J.L., 2006. Heavy metal contamination from mining sites in south Morocco. Use of a biotest to assess metal toxicity of tailings and soils. *Chem.* 63, 802–810.
- Chen, H., Chen, R., Teng, Y., Wu, J., 2016. Contamination characteristics, ecological risk and source identification of trace metals in sediments on the Le'an River (China). *Ecot. Envir. Saf.* 125, 85-82.
- Darwish, M.A.G., Poellmann, H., 2010. Geochemical exploration for gold in the Nile valley Block (A) area, Wadi Allaqi, South Egypt. *Chem. Erde* 70, 353-362.
- Ferreira, A.M.P.J., 2000. *Dados geoquímicos de base de sedimentos fluviais de amostragem de baixa densidade de Portugal Continental: Estudo de factores de variação regional*. Unpublished PhD thesis, Univ. Aveiro, Portugal.
- Goovaerts, P., Albuquerque, M.T.D., Antunes, I.M.H.R., 2016. A Multivariate geostatistical methodology to delineate areas of potential interest for future sedimentary gold exploration. *Math. Geosc.* DOI10.1007/s11004-015-9632-8.
- Guo, W., Liu, X., Liu, Z., Li, G., 2010. Pollution and potential ecological risk evaluation of heavy metals in the sediments around Dongjiang Harbor, Tianjin. *Proc. Environ. Sci.* 2, 729-736.
- Håkanson, L. 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach. *Water Res.* 14(8), 975–1001.
- Instituto Geológico e Mineiro, 1988. Reports from a prospecting project for tungsten, tin and associated minerals from Góis-Segura. *Metallic Mineral Prospecting Section*. Oporto, Portugal, pp 10.
- 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.
- 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.
- Qinna, Z., Qixin, X., Kai, Y., 2005. Application of Potential Ecological Risk Index in soil pollution of typical polluting industries. *J. East. Nor. Univ.* 1, 110-115.
- Salminen, R., Batista, M.J., Bidovec, M., Demetriades, A., De Vivo, B., De Vos, W., Duris, M., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Halamic, J., Heitzmann, P., Lima, A., Jordan, G., Klaver, G., Klein, P., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mazreku, A., O'Connor, P.J., Olsson, S.A., Ottesen, R.-T., Petersell, V., Plant, J.A., Reeder, S., Salpeteur, I., Sandstrom, H., Siewers, U., Steenfelt, A., & Tarvainen, T., 2005. *FOREGS Geochemical Atlas of Europe*. Methodology and Maps (Part 1 – 526 pp. and Part 2 – 690 pp.).

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