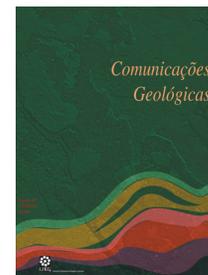


Monitorização ambiental de escombreira de S. Pedro da Cova: temperatura de combustão

Environmental monitoring of S. Pedro da Cova waste pile: combustion temperature

J. Ribeiro^{1,2}, D. Viveiros³, J. Ferreira³, J. L. Santos^{3,4}, J. M. Baptista^{3,4}, D. Flores^{1,2*}



Artigo Curto
Short Article

© 2014 LNEG – Laboratório Nacional de Geologia e Energia IP

Resumo: Apesar da importância socioeconómica da atividade mineira na Bacia Carbonífera do Douro, a exploração e utilização do carvão originaram impactos no ambiente. Destes destacam-se a escombreira de S. Pedro da Cova que está em autocombustão desde 2005. Os potenciais impactos ambientais associados a esta escombreira incluem: poluição atmosférica causada pela emissão de gases e dispersão de partículas sólidas; poluição dos solos e das águas superficiais e subterrâneas causadas pela mobilização de partículas sólidas, lixiviação de elementos perigosos, dissolução dos minerais neoformados e deposição de partículas sólidas; desmoronamentos e movimentos de massa provocados também pelos agentes de meteorização; e, deterioração da vegetação que pode, igualmente, ser devida à drenagem ácida.

O principal objectivo deste trabalho é a monitorização da temperatura de combustão na escombreira de S. Pedro da Cova, com recurso à técnica de termografia de infravermelhos. Os resultados adquiridos ao longo das campanhas de monitorização da temperatura permitem o estudo da dinâmica e de cenários evolutivos do processo de autocombustão na escombreira, contribuindo para a definição dos riscos para o ambiente e a saúde humana.

Palavras-chave: Resíduos de exploração mineira, Autocombustão, Impacte ambiental, Temperatura de combustão.

Abstract: Despite the socio-economic importance of mining in Douro Coalfield, the coal exploitation and utilization originated impacts on the environment. From these stands out the S. Pedro da Cova waste pile which is self-burning since 2005. The potential environmental impacts associated with this coal waste pile include: air pollution caused by the gaseous emissions and dispersion of solid particles; pollution of soils, surface and groundwater caused by mobilization of solid particles, leaching of hazardous elements, dissolution of neoformed and deposition of solid particles; landslides and mass movements also caused the weathering agents, and deterioration of vegetation that may also be due to the acid drainage. The main objective of this work is the combustion temperature monitoring in S. Pedro da Cova waste pile using the infrared thermography technique. The acquired results during the temperature monitoring campaigns allow the study of the dynamics and evolutionary scenarios of the self-burning process in the coal waste pile, contributing to a precise definition of the risks to the environment and human health.

Keywords: Mining residues, Self-burning, Environmental impact, Combustion temperature.

³INESC Porto – Unidade de Optoelectrónica e Sistemas Electrónicos, Portugal. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal.

⁴Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Rua do Campo Alegre 687, 4169-007 Porto, Portugal.

⁵Centro de Competência de Ciências Exatas e da Engenharia, Universidade da Madeira, Funchal, Portugal.

*Autor correspondente / Corresponding author: dflores@fc.up.pt

1. Introdução

A Bacia Carbonífera do Douro representa a maior ocorrência de carvão em Portugal, tendo sido explorada durante décadas (1795-1994) (Custódio, 2004). O carvão explorado, do tipo antracite A (ISO 11760, 2005), foi o principal combustível usado para produção de energia na central termoelétrica da Tapada do Outeiro, cuja atividade terminou em 2004. Apesar da importância socioeconómica que a atividade mineira teve na região da Bacia Carbonífera do Douro (Porto, Portugal), a exploração e utilização industrial do carvão originaram vários impactos negativos sobre o ambiente, tal como aconteceu na exploração mineira e uso de carvão em qualquer parte do mundo (Orem & Finkelman, 2004; Suárez-Ruiz & Crelling, 2008, Suárez-Ruiz *et al.*, 2012). Destes destacam-se as vinte e oito escombreiras que resultaram da deposição dos materiais estéreis e rejeitados, produzidos durante as atividades mineiras, originando um impacto ambiental significativo (Ribeiro *et al.*, 2010a; Ribeiro *et al.*, 2010b; Ribeiro *et al.*, 2011; Ribeiro *et al.*, 2012). Aos efeitos negativos sobre o ambiente, acresce o facto de três dessas escombreiras (S. Pedro da Cova, Lomba e Midões) estarem ou terem estado em autocombustão, tendo sido a ignição causada por incêndios florestais em 2005. Com base nos resultados obtidos em estudos anteriores sabe-se que os potenciais impactos ambientais associados a estas escombreiras compreendem: poluição atmosférica causada pela emissão de gases e dispersão de partículas sólidas; poluição dos solos e das águas superficiais e subterrâneas causadas pela mobilização de partículas sólidas, lixiviação de elementos perigosos, dissolução dos minerais neoformados e deposição de partículas sólidas; desmoronamentos e movimentos de massa provocados também pelos agentes de meteorização; e, deterioração da

¹Centro de Geologia da Universidade do Porto. Rua do Campo Alegre 687, 4169-007 Porto, Portugal.

²Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Rua do Campo Alegre 687, 4169-007 Porto, Portugal.

vegetação que pode, igualmente, ser devida à drenagem ácida (Ribeiro *et al.*, 2010a; Ribeiro *et al.*, 2010b; Ribeiro *et al.*, 2010c; Ribeiro *et al.*, 2012; Ribeiro *et al.*, 2013). Estes problemas são ainda mais preocupantes quando estas escombrelas estão localizadas perto de centros urbanos, como é o caso da escombrela de S. Pedro da Cova, uma vez que alguns dos poluentes podem afetar a saúde humana.

O projeto de investigação científica “ECOAL - Gestão Ecológica de Pilhas de Resíduos de Carvão”, está a ser desenvolvido por um consórcio entre o INESC Porto (Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto) e os Departamentos de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território e de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, em colaboração com parceiros de Espanha (Universidade de Alcalá e Universidade Pública de Navarra) e França (CNRS XLIM Research Institute), e tem como um dos principais objectivos a monitorização remota, multiponto e contínua da temperatura de combustão e emissão de gases na escombrela de S. Pedro da Cova, com base em sensores de fibra ótica. Espera-se que os resultados obtidos contribuam para a minimização dos problemas ambientais e de saúde humana que podem, eventualmente, estar associados à combustão desta escombrela e ao, mesmo tempo, contribuir para o desenvolvimento de novos sistemas tecnológicos visando a sua aplicação generalizada.

Neste contexto, o objectivo deste trabalho é a monitorização da temperatura de combustão da escombrela de S. Pedro da Cova, desde fevereiro de 2013 até fevereiro de 2014 através de termografia de infravermelhos. Esta monitorização permite o acompanhamento sistemático do processo de autocombustão na escombrela e irá permitir a validação das medições de temperatura com recurso a sensores de fibra ótica. A importância da monitorização da temperatura de combustão está ainda relacionada com o facto de que esta influencia não só o tipo e concentração de gases emitidos, bem como alterações mineralógicas, petrográficas e geoquímicas do material da escombrela (Ribeiro *et al.*, 2010a; Ribeiro *et al.*, 2012).

2. Metodologia

A monitorização da temperatura de combustão da escombrela de S. Pedro da Cova está a ser efetuada mensalmente, desde fevereiro de 2013, e em duas áreas de combustão ativa (áreas A e B). Durante as campanhas de monitorização procurou-se manter constante a hora de aquisição das medidas para eliminação dos efeitos causados pelas variações de temperatura do ar diárias. A técnica utilizada é a de termografia de infravermelhos, com uma máquina FLIR I7, que permite a aquisição de imagens termográficas. Os sistemas de termografia de infravermelhos captam a radiação térmica (que é emitida por todos os corpos) e convertem-na numa imagem que representa a distribuição da temperatura superficial do campo observado em tempo real. O tratamento das

imagens adquiridas com a câmara termográfica é feito através do *software* FLIR.

3. Resultados e discussão

As imagens da figura 1 mostram como é efetuada a medição da temperatura nas áreas de combustão ativa com recurso a câmara termográfica. As imagens, relativas à campanha de monitorização de fevereiro de 2014, mostram: as áreas alvo de monitorização (A e B); as respetivas imagens termográficas de variação da temperatura (A1 e B1); as regiões com temperatura superior (a vermelho) e inferior (a cinzento) a 50°C (A2 e B2). Estes registos e respetivos valores de temperatura associados foram efetuados em todas as campanhas de monitorização.

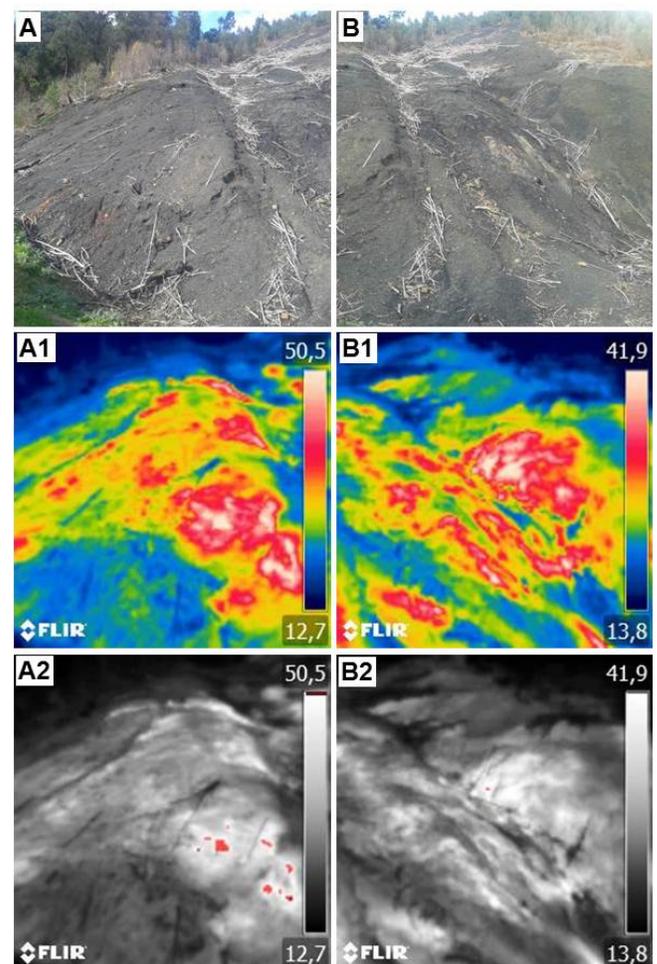


Fig. 1. Áreas de combustão ativa (A e B) alvo de monitorização, respectivas imagens termográficas de variação da temperatura (A1 e B1) e as regiões com temperatura superior (a vermelho) e inferior (a cinzento) a 50°C (A2 e B2) (imagens relativas à monitorização de fevereiro de 2014).

Fig. 1. Areas of active combustion (A e B) under monitoring, the respective thermographic images of temperature variation (A1 e B1) and the regions with temperature higher (red) and lower (gray) than 50°C (A2 e B2) (images relative to the monitoring of February 2014).

A figura 2 ilustra a variação dos valores máximos de temperatura medidos nas áreas A e B ao longo dos meses de monitorização. A análise dos dados adquiridos ao longo das campanhas de monitorização da temperatura permite o estudo da dinâmica e cenários evolutivos do processo de autocombustão na escombreira, contribuindo para a definição dos riscos para o ambiente e saúde humana. Assim, a análise da figura 2 permite verificar que nos meses de verão a temperatura tende a subir e que, de um modo geral, verifica-se a diminuição da temperatura em dias de chuva (ver, por exemplo, os valores de junho de 2013 quando comparados com os de maio de 2013). Verifica-se ainda que, após períodos de chuva, a temperatura sobe de forma mais intensa, o que pode ser devido a produção de águas ácidas como consequência da oxidação da pirite na presença de água. A oxidação da pirite com consequente produção de águas ácidas, promove a oxidação do carvão presente no material da escombreira causando reacções exotérmicas que se retroalimentam e que fazem com que o processo de combustão se mantenha ativo.

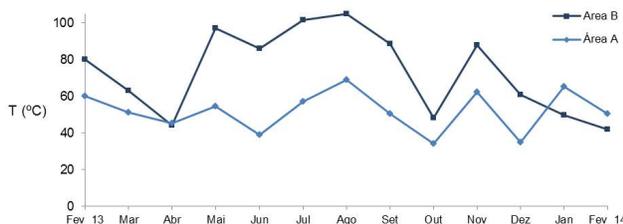


Fig. 2. Variação da temperatura máxima medida nas áreas A e B de fevereiro de 2013 a fevereiro de 2014.

Fig. 2. Variation of the maximum temperature measured in areas A and B from February 2013 to February 2014.

A avaliação contínua da temperatura de combustão na escombreira permite a identificação do seu estado e de prováveis cenários evolutivos. Desta forma, a informação obtida é fundamental para a implementação de medidas corretivas e preventivas de modo a minimizar o impacto da combustão, não só em S. Pedro da Cova, mas também noutras escombreiras. Permite, ainda, identificar o traçado e localização dos sensores de fibra ótica para a monitorização remota, multiponto e contínua da temperatura de combustão e da emissão de gases nesta escombreira, para a consecução dos objetivos do projeto ECOAL, cuja instalação no terreno está prevista para maio de 2014.

4. Conclusões

Sabe-se que os potenciais impactos ambientais associados à escombreira de S. Pedro da Cova compreendem: poluição atmosférica causada pela emissão de gases e dispersão de partículas sólidas; poluição dos solos, águas superficiais e subterrâneas devido à mobilização de partículas sólidas, lixiviação de elementos perigosos, dissolução dos minerais neoformados e deposição de partículas sólidas; desmoronamentos e movimentos em massa originados pelos agentes de meteorização e pelo processo de autocombustão

nas escombreiras; deterioração da vegetação associada à drenagem ácida e ao processo de autocombustão. Neste contexto, considera-se que o desenvolvimento do projeto ECOAL, que inclui a monitorização da temperatura da superfície da escombreira de S. Pedro Cova, permitirá a gestão ambiental da escombreira através do controlo contínuo e a identificação dos prováveis cenários evolutivos, tornando-se assim possível a implementação de medidas corretivas/preventivas para minimizar o impacto causado pelo processo de autocombustão.

Agradecimentos

A autora J. Ribeiro beneficia de uma bolsa de pós-doutoramento financiada pela FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia, Portugal, Ref: SFRH/BPD/76230/2011. Este trabalho foi financiado pelo projeto ECOAL - MGT - SOE3/P2/P714, Ecological Management of Coal Waste Piles in Combustion, SUDOE - Interreg IV B. Este trabalho foi ainda parcialmente financiado por fundos FEDER através do programa COMPETE e por fundos nacionais através do projeto FCT PEst-OE/CTE/UI0039/2014.

Referências

- Custódio, J., 2004. *Museu do Carvão & das Minas do Pejão*. Programa Museológico, Castelo de Paiva. 87 p.
- ISO 11760, 2005. *Classification of Coals*. 1st edition. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. 9 p.
- Orem, W.H., Finkelman, R.B., 2004. Coal formation and geochemistry. In: H.D. Holland, K.K. Turekian, F.T. Mackenzie, (Eds). *Treatise on Geochemistry, Sediments Diagenesis and Sedimentary Rocks*. 7, Elsevier, 191-222.
- Ribeiro, J., Ferreira da Silva, E., Flores D., 2010b. Burning of coal waste piles from Douro Coalfield (Portugal): Petrological, geochemical and mineralogical characterization. *International Journal of Coal Geology*, **81**, 359-372.
- Ribeiro, J., Ferreira da Silva, E., Li, Z., Ward, C., Flores D., 2010a. Petrographic, mineralogical and geochemical characterization of the Serrinha coal waste pile (Douro Coalfield, Portugal) and the potential environmental impacts on soil, sediments and surface waters. *International Journal of Coal Geology*, **83**, 456-466.
- Ribeiro, J., Ferreira da Silva, E., Pinto de Jesus, A., Flores, D., 2011. Petrographic and geochemical characterization of coal waste piles from Douro Coalfield. *International Journal of Coal Geology*, **87**, 226-236.
- Ribeiro, J., Flores, D., Ward, C., Silva, L.F.O., 2010c. Identification of nanominerals and nanoparticles in burning coal waste piles from Portugal. *Science of the Total Environment*, **408**, 6032-6041.
- Ribeiro, J., Moura, R., Flores, D., Lopes, D. B., Gouveia, C., Mendonça, S., Frazão, O., 2013. The Douro Coalfield Fires of Portugal. In: G.B. Stracher, A. Prakash, E.V. Sokol, (Eds). *Coal and Peat Fires: A Global Perspective*. Vol 2: Coal-Fire Atlas of the World. Elsevier, 313-337.
- Ribeiro, J., Silva, T.F., Mendonça Filho, J.G., Flores, D., 2012. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in burning and non-burning coal waste material. *Journal of Hazardous Materials*, **199-200**, 105-110.
- Suárez-Ruiz, I., Crelling, J.C. (Eds.), 2008. *Applied coal petrology. The role of petrology in coal utilization*. Elsevier, 388 p.
- Suárez-Ruiz, I., Flores, D., Mendonça Filho, J.G., Hackley, P.C., 2012. Review and update of the applications of organic petrology: Part 2, geological and multidisciplinary applications. *International Journal of Coal Geology*, **98**, 73-94.