

— Escombreyras de carvão em autocombustão

CITAÇÃO

Ribeiro, J. (2020)

Escombreyras de carvão em autocombustão,

Rev. Ciência Elem., V8(01):007.

doi.org/10.24927/rce2020.007

EDITOR

José Ferreira Gomes,
Universidade do Porto

RECEBIDO EM

15 de janeiro de 2020

ACEITE EM

17 de janeiro de 2020

PUBLICADO EM

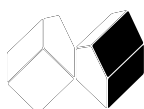
28 de fevereiro de 2020

COPYRIGHT

© Casa das Ciências 2020.

Este artigo é de acesso livre, distribuído sob licença Creative Commons com a designação [CC-BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), que permite a utilização e a partilha para fins não comerciais, desde que citado o autor e a fonte original do artigo.

rce.casadasciencias.org



Joana Ribeiro

ICT/ DCT/ Universidade de Coimbra

A exploração mineira de carvão na Bacia Carbonífera do Douro causou impactes negativos no ambiente, dos quais se destacam as escombreyras de materiais estéreis e rejeitados da exploração e beneficiação do carvão. A autocombustão das escombreyras representa um impacte ambiental ainda mais significativo que pode afetar o ambiente, ecossistemas, a biodiversidade e a saúde humana, devido à emissão atmosférica de partículas, gases que contribuem para o efeito de estufa, compostos orgânicos voláteis e poluentes, e à mobilização de compostos químicos para os solos e águas das áreas envolventes, principalmente através da percolação de águas.

Minas de Carvão em Portugal

A atividade mineira relacionada com a exploração de carvão em Portugal ocorreu num total de 143 minas. Destas, destacam-se pela sua importância, as minas da Bacia Carbonífera do Douro, da Bacia de Lignites de Rio Maior, da Bacia de Santa Susana e da Bacia do Cabo Mondego¹. A primeira concessão está registada em 1850, embora se saiba que a exploração de carvão em São Pedro da Cova teve início em 1795. A exploração de carvão em Portugal terminou em 1994, com o encerramento da mina do Pejão-Germunde.

Na inventariação de áreas mineiras abandonadas de Portugal², realizada pela EDM - Empresa de Desenvolvimento Mineiro, constam as minas de carvão do Moinho da Ordem (Bacia de Santa Susana, em Alcácer do Sal), de Pejão-Germunde (Bacia Carbonífera do Douro, em Castelo de Paiva) e de São Pedro da Cova (Bacia Carbonífera do Douro, em Gondomar).

A Bacia Carbonífera do Douro, com enchimento sedimentar datado do Carbónico Superior (período geológico compreendido entre 300 a 360 Ma), é a maior ocorrência de carvão em Portugal, localizando-se entre S. Pedro de Fins (Maia) e Janarde (S. Pedro do Sul), numa faixa com cerca de 53 km de comprimento e 30 a 250 m de espessura (FIGURA 1). Durante quase dois séculos, entre 1795 e 1994, o carvão da Bacia Carbonífera do Douro, do tipo antracite A, foi explorado em dezenas de minas de pequenas dimensões, destacando-se pela sua dimensão e importância socioeconómica, os Coutos Mineiros de São Pedro da Cova e do Pejão. O carvão explorado foi principalmente utilizado como combustível para produção de energia na Central Termoelétrica da Tapada do Outeiro (desativada desde 2004).

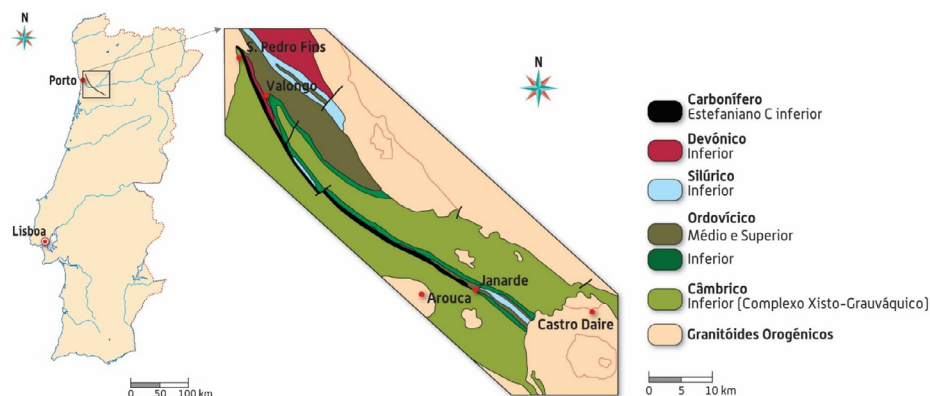


FIGURA 1 - Enquadramento geográfico e geológico da Bacia Carbonífera do Douro.

O Passivo Ambiental

As minas abandonadas são a maior causa de degradação ambiental relacionada com as atividades da indústria extrativa. Em Portugal, reconhece-se que a atividade mineira do passado originou um passivo ambiental significativo². Muitos dos problemas ambientais associados a estes passivos refletem valores, conhecimentos e exigências distintos dos de hoje, principalmente nas questões relacionados com a gestão e recuperação ambiental de áreas mineiras.

A exploração mineira de carvão na Bacia Carbonífera do Douro, para além dos benefícios socioeconómicos, foi responsável pela geração de impactes negativos no ambiente. Destes impactes destacam-se os relacionados com as escombrelas de materiais estéreis e rejeitados da exploração e beneficiação do carvão. Na proximidade das minas exploradas na Bacia Carbonífera do Douro foram identificadas trinta escombrelas, das quais, seis foram afetadas por processos de autocombustão cuja ignição teve origem em fogos florestais⁴.

A combustão em escombrelas de estéreis e rejeitados da exploração de carvão pode ocorrer devido à quantidade de material combustível que existe nestas escombrelas, isto é, o carvão disseminado na matéria mineral. A presença de oxigénio atmosférico facilita a ignição causada por incêndios florestais. Menos frequente é a ignição causada pelo aquecimento do material devido à oxidação de sulfuretos, principalmente pirite, que é uma reação exotérmica.

As escombrelas em autocombustão representam um impacte ambiental ainda mais significativo que pode afetar o ambiente, ecossistemas, a biodiversidade e a saúde humana, uma vez que a combustão do material que constitui as escombrelas é responsável pela emissão atmosférica de partículas, gases que contribuem para o efeito de estufa, compostos orgânicos voláteis e poluentes, assim como pela mobilização, principalmente através da percolação de águas, de compostos químicos para os solos e águas das áreas envolvidas às escombrelas^{3, 4, 5}.

As Escombrelas em Autocombustão

A autocombustão das escombrelas de São Pedro da Cova, Lomba e Midões, em Gondomar, teve início em 2005, após incêndios florestais que afetaram a região. Nas escombrelas da Lomba (área de cerca de 7300 m²) e de Midões (área de cerca de 200 m²), o processo de autocombustão aparenta ter terminado entre 2010 e 2011. Contudo, a escombrela de São Pedro da Cova está ainda em autocombustão nos dias de hoje (FIGURAS 2 e 3). A escombrela de São Pedro da Cova localiza-se junto ao Poço de São Vicente, que era o principal

acesso à mina de São Pedro da Cova, ocupa uma área de cerca de 28 000 m² e posiciona-se muito perto de um centro populacional e infraestruturas sociais.



FIGURA 2. Visão geral da vertente exposta a SW da escombreira de São Pedro da Cova após autocombustão; note-se a vegetação queimada, a instabilidade do talude e a coloração avermelhada do material da escombreira devido à formação de óxidos de ferro durante a combustão.



FIGURA 3. Aspetto de pormenor de material da escombreira após autocombustão em São Pedro da Cova.

Mais recentemente, em outubro de 2017, o processo de autocombustão teve início em três escombreliras localizadas perto da mina de Pejão-Germunde, tendo sido a ignição também causada por incêndios florestais que ocorreram na região. Uma vez que estas escombreliras se situam perto de zonas habitadas muito afetadas pelas emissões gasosas, a EDM - Empresa de Desenvolvimento Mineiro iniciou o processo de extinção da combustão através da remobilização do material e da adição de um agente acelerador do arrefecimento do material, evitando o possível reacendimento.

O processo de autocombustão nas escombreliras de São Pedro da Cova, Lomba, Midões e nas escombreliras de Pejão-Germunde têm sido alvo de investigação, nomeadamente para a identificação das alterações causadas no material da escombrelira, assim como para a identificação, quantificação e monitorização dos impactes ambientais causadas nas áreas envolventes e na previsão de cenários evolutivos que possam suportar tomadas de decisão para a gestão e mitigação dos impactes ambientais.

A caracterização dos materiais que constituem as escombreliras em autocombustão, incluindo a análise dos materiais afetado pela combustão (material queimado) e dos materiais não afetados pela combustão (material não queimado) são fundamentais para o reconhecimento dos impactes ambientais associados. A identificação dos produtos resultantes do processo de combustão, isto é, das emissões gasosas e dos minerais neoformados são também fundamentais.



FIGURA 4. Visão geral de uma das escombreliras localizada perto da mina de Pejão-Germunde, na margem do Rio Douro, após autocombustão; note-se a instabilidade do terreno e a coloração avermelhada do material da escombrelira devido à formação de óxidos de ferro durante a combustão.



FIGURA 5. Aspetto de pormenor de material da escombreira após autocombustão no Pejão-Germunde.

As metodologias de análise destes tipos de materiais geológicos podem incluir: microscopia ótica de reflexão, microscopia eletrônica de varrimento e microanálise por raios-X, difração de raios-X e determinação de parâmetros magnéticos para a caracterização petrográfica e mineralógica; análise imediata, análise elementar, espectrometria de massas acoplada a plasma indutivo e cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa para a caracterização geoquímica orgânica e inorgânica.

O estudo petrográfico dos materiais das escombreiras mostrou que a matéria orgânica e inorgânica evidencia alterações muito intensas³ (FIGURA 6). As fases minerais identificadas nos materiais sujeitos à autocombustão sugerem que a temperatura de combustão atingiu, pelo menos, 1000 °C. Os parâmetros magnéticos evidenciaram um aumento das propriedades magnéticas atribuído à formação de óxidos de ferro durante o processo de combustão⁶. A maior concentração de elementos químicos nos lixiviados dos materiais de escombreiras sujeitos à combustão, a diminuição da concentração dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos com baixa massa molecular e o aumento dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos de elevada massa molecular são atribuídos às alterações provocadas pelo processo da combustão, e consequente modificação do modo de ocorrência e disponibilidade de alguns elementos químicos^{4,7}.

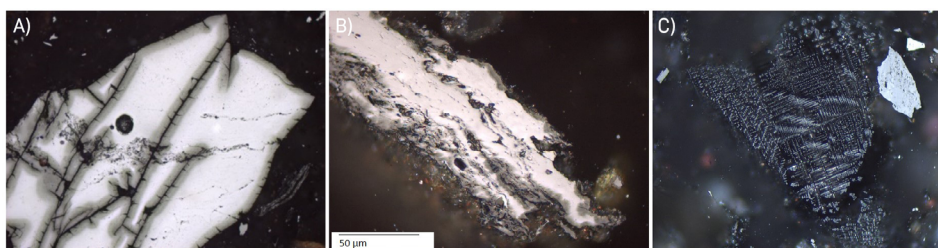


FIGURA 6. Imagens petrográficas que mostram as alterações causadas pelo processo de autocombustão, nomeadamente bordos de reação com refletância menor nas partículas de matéria orgânica A), B) e formação de óxidos de ferro C) (escala igual em todas as microfotografias).

A caracterização dos materiais que constituem as escombrelas em autocombustão e respetivos produtos permite concluir que os potenciais impactes ambientais associados a estas escombrelas compreendem: contaminação atmosférica causada pela emissão de gases e dispersão de partículas sólidas; contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas devido à mobilização de partículas sólidas, lixiviação de elementos perigosos e dissolução dos minerais neoformados; instabilidade de terrenos, potenciada pelos agentes de meteorização; e, deterioração da vegetação associada à drenagem ácida e ao processo de autocombustão. Os potenciais efeitos sobre a saúde humana estão associados às emissões gasosas consequentes do processo de autocombustão e dispersão atmosférica de partículas sólidas. A contaminação de solos e águas podem afetar a biodiversidade local, assim como a saúde humana, através do consumo de água e uso dos solos para a agricultura.

Além dos estudos de caracterização dos materiais das escombrelas e produtos da combustão, a escombrela de São Pedro da Cova tem sido alvo de investigação no âmbito de dois projetos de investigação científica, nomeadamente os projetos ECOAL e COALMINE. O projeto de investigação científica ECOAL - Gestão ecológica de pilhas de resíduos de carvão (2013-2015) teve como principais objetivos a monitorização remota, de forma distribuída e contínua da temperatura de combustão e emissão de gases na escombrela de São Pedro da Cova, com base em sensores de fibra ótica^{8,9}. O projeto de investigação COALMINE - Resíduos de exploração de carvão: avaliação, monitorização e recuperação de impactes ambientais através de deteção remota e análise geoestatística (2018-2021) tem como principais objetivos o estudo de solos e águas da área envolvente à escombrela de São Pedro da Cova, que permitirá a caracterização e quantificação dos impactes ambientais causados pela autocombustão¹⁰. A análise geoestatística da distribuição espacial e da extensão da contaminação, assim como a exploração de dados geoespaciais possibilitarão a caracterização dos riscos ambientais e de saúde humana.

REFERÊNCIAS

- ¹ SOUSA, L. et al., *Carvões Portugueses: Petrologia e Geoquímica*. In: Coteló Neiva, J.M., Ribeiro, A., Mendes Victor, L., Noronha, F., Magalhães Ramalho, M., 2010. Ciências Geológicas: Ensino, Investigação e sua História, Vol. 1 Geologia Clássica. Associação Portuguesa de Geólogos e Sociedade Geológica de Portugal, 291-311. 2010.
- ² *A Herança das Minas Abandonadas. O Enquadramento e a Actuação em Portugal*. EDM - Empresa de Desenvolvimento Mineiro, S.A. DGEG - Direcção Geral de Energia e Geologia. ISBN 978-972-95226-2-8.
- ³ RIBEIRO, J. et al. *Burning of coal waste piles from Douro Coalfield (Portugal): Petrological, geochemical and mineralogical characterization*. *International Journal of Coal Geology*. 81, 359-372. 2010.
- ⁴ RIBEIRO, J. et al. *Petrographic and geochemical characterization of coal waste piles from Douro Coalfield*. *International Journal of Coal Geology*. 87, 226-236. 2011.
- ⁵ RIBEIRO, J. et al. *Volatile organic compounds emitted from self-burning coal waste piles in Spain and Portugal - environment and human health concerns*. In: Ibaraki, M., Mori, H., (Eds.), *Progress in Medical Geology*. Cambridge Scholars Publishing, pp. 229-247. ISBN 978-1-4438-7319-2. 2017.
- ⁶ RIBEIRO, J. et al. *Mineralogy and magnetic parameters of materials resulting from mining and consumption of coal from Douro Coalfield (NW Portugal)*. In: Stracher, G. B., Prakash, A., Sokol E.V. (Eds.), *Coal and Peat Fires: A Global Perspective*. Elsevier. Volume 3: Case Studies - Coal Fires, pp. 493-507. 2015.
- ⁷ RIBEIRO, J. et al. *Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in burning and non-burning coal waste material*. *Journal of Hazardous Materials*. 199-200, 105-110. 2012.
- ⁸ RIBEIRO, J. et al. *ECOAL Project - Delivering Solutions for Integrated Monitoring of Coal Related Fires Supported on Optical Fiber Sensing Technology*. *Applied Science*. 7 (9), 956. DOI:10.3390/app7090956. 2017.

⁹ DUARTE, L. et al. [Distributed temperature measurement in a self-burning coal waste pile through a GIS open source desktop application](#). *International Journal of Geo-Information*. 6, 87. 2017.

¹⁰ SANTOS, P. et al. [Caracterização da Contaminação dos Solos da Envolvente da Escombreira da Antiga Mina de Carvão de São Pedro da Cova](#). *Extended Abstracts do Congresso Ibérico de Geoquímica*. 457-460. 2019.