

## **Petrografia e geoquímica orgânica das escombrelas de carvão da Bacia Carbonífera do Douro – implicações ambientais**

### ***Organic petrography and geochemistry of coal waste piles from Douro Coalfield – environmental implications***

**J. RIBEIRO** – joanaribeiro@fc.up.pt (Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Centro de Geologia)

**A.D.P. JESUS** – adelmar@fc.up.pt (Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território e Centro de Geologia)

**D. FLORES** – dflores@fc.up.pt (Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território e Centro de Geologia)

**RESUMO:** As escombrelas de carvão resultantes da exploração de carvão na Bacia Carbonífera do Douro representam um dos impactos ambientais mais significativos causados pela actividade mineira. O objectivo deste trabalho é fazer a caracterização petrográfica e geoquímica da fracção orgânica de quinze escombrelas, para se identificar e compreender potenciais impactos sobre o ambiente. Os dados apontam para a existência de oxidação, drenagem ácida e, conseqüentemente, lixiviação de elementos para o ambiente. Os processos de auto-combustão em três escombrelas potenciam a drenagem ácida e lixiviação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bacia Carbonífera do Douro, escombrelas de carvão, petrografia orgânica, geoquímica orgânica, impacto ambiental.

**ABSTRACT:** *The coal waste piles that result from Douro Coalfield exploitation represent one of the most significant environmental impacts caused by mining activities. The aim of this work is the petrographic and geochemical characterization of the organic fraction of fifteen coal waste piles, to identify and understand potential impacts on the environment. The data point to the existence of oxidation, acid drainage and consequently, the leaching of elements to the environment. The self-combustion processes in three coal waste piles enhance the acid drainage and leaching.*

**KEYWORDS:** *Douro Coalfield, coal waste piles, organic petrography, organic geochemistry, environmental impact.*

## **1. INTRODUÇÃO**

A Bacia Carbonífera do Douro (BCD), onde foi explorado carvão do tipo meta-antracites, situa-se a NW de Portugal e estende-se por cerca de 53km, desde São Pedro de Fins, no concelho da Maia até Janarde, no concelho de Arouca (Sousa, 1978).

Datada como Estefaniano C inferior, a BCD contacta a SW com as formações do “Complexo Xisto-Grauváquico” através de uma descontinuidade por inconformidade com discordância angular, excepto no extremo SE onde a bacia contacta com terrenos do Silúrico. A NE a bacia contacta com o Ordovícico por falha inversa, que provocou o cavalgamento da bacia para os

terrenos mais antigos do Paleozóico inferior (Sousa, 1984; Pinto de Jesus, 2001). A figura 1 ilustra o enquadramento geológico e geográfico da BCD.



Figura 1 – Enquadramento geológico e geográfico da BCD (adaptado de Pinto de Jesus, 2001).

Dada a estrutura alongada da BCD, a exploração do carvão foi sendo feita, ao longo dos anos de actividade mineira, em várias minas dispersas geograficamente. Essas minas localizam-se nos distritos do Porto e Aveiro, concelhos de Valongo, Gondomar e Castelo de Paiva e agrupadas em quatro coutos mineiros: S. Pedro da Cova, Pejão, Valdeão e Pederneira (Custódio, 2004).

Apesar da importante contribuição para o desenvolvimento económico e social da região, a actividade mineira na BCD originou vários impactes ambientais. As escombrelas que resultaram da exploração das várias minas representam um dos impactes ambientais mais significativos. Assim como as minas, também as escombrelas (mais de vinte) encontram-se dispersas um pouco por toda a área geográfica da BCD. Algumas dessas escombrelas têm sido alvo de vários estudos (Gama e Arrais, 1996; Ribeiro e Flores, 2008, 2009; Ribeiro et al., 2010) devido aos problemas ambientais a elas associados. As escombrelas alvo de estudos recentes têm sido a escombrela da Serrinha, pelas suas dimensões, e as escombrelas de S. Pedro da Cova, Lomba e Midões porque estão, desde 2005, em auto-combustão.

As escombrelas apresentam características muito diferentes, quer relativamente ao material que as contituem, quer relativamente à forma que apresentam. Esta heterogeneidade e a dispersão geográfica das escombrelas faz com que não se possa estabelecer um padrão de efeitos sobre o ambiente. Assim, é essencial a caracterização de todas as escombrelas de forma a que se identifique e compreenda os impactes ambientais associados. No sentido de complementar os estudos já efectuados, os objectivos deste trabalho é a caracterização petrográfica e geoquímica orgânicas das escombrelas e identificar eventuais implicações ambientais.

## 2. AMOSTRAGEM E METODOLOGIAS

Foi feita uma campanha de amostragem onde se procedeu à colheita de amostras em quinze escombrelas, a saber: Midões, Serrinha, Lomba, S. Pedro da Cova, Pejão Novo, Fojo, Germunde, Sobrido, Rodelo, Céus Abertos da Serrinha, Lameira, Carvalhais, Paraduça, Ervedal e Vale da Cana. As escombrelas resultantes da exploração do carvão são constituídas por xistos carbonosos e arenitos líticos, de granulometrias diversas, assim como uma percentagem variável de carvão. Nas quatro primeiras escombrelas foram colhidas várias amostras por apresentarem problemas ambientais mais significativos, nomeadamente, grandes dimensões, localização perto de centros populacionais e processos de auto-combustão. Em cada uma das restantes foi colhida apenas uma amostra.

A análise petrográfica das amostras foi efectuada num microscópio óptico de reflexão Leitz Orthoplan, equipado com luz branca, objectivas de imersão em óleo, acoplado a um sistema de hardware (câmara-computador) e software Discus Fossil. A terminologia usada na análise da fracção orgânica e na descrição dos macerais foi a proposta pelo International Committee for

Coal and Organic Petrology (ICCP, 1998, 2001). Nos estudos de geoquímica orgânica foi efectuada análise imediata para a determinação dos teores em humidade e cinzas. Para além disso foram, ainda, determinados os teores de carbono e enxofre total das amostras. Os estudos de petrografia e análise imediata foram desenvolvidos no Centro de Geologia da Universidade do Porto, nomeadamente nos Laboratórios de Petrografia Orgânica e Geoquímica Orgânica. A determinação dos teores em carbono e enxofre total foi efectuada num analisador LECO no ACME Analytical Laboratories, Canadá.

### 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

#### 3.1 Petrografia orgânica

A predominância dos macerais do grupo da vitrinite é evidente em todas as amostras, embora a inertinite também esteja presente. Os macerais do grupo da vitrinite estão representados sob a forma de detrovitrinite e, em menor quantidade, gelinite e colotelinite. A inertinite surge, maioritariamente, na forma de inertodetrinite e na forma de semifusinite e fusinite. A matéria mineral compreende fragmentos líticos com laminação materializada por matéria orgânica, argilas, quartzo, pirite, pirite framboidal oxidada e óxidos de ferro.

Considerando os processos de oxidação e alteração da matéria orgânica podem-se separar as amostras em dois grupos: as amostras dos materiais que estiveram ou estão em auto-combustão e as restantes amostras de escombrelas onde não é evidente auto-combustão. Nas amostras de materiais que estiveram ou estão em auto-combustão observam-se aspectos petrográficos bastante particulares, observáveis quer nas partículas orgânicas quer na fracção inorgânica. As partículas orgânicas patenteiam fendas de retracção, bordos com poder reflector mais baixo, vacúolos de desvolatilização, estruturas de char e carbono pirolítico. Por sua vez, na fracção inorgânica foram observados, entre outros, material vítreo e espinelas de Fe-Al. Alguns destes aspectos, principalmente a presença de espinelas de Fe-Al, indicam que a temperatura de combustão poderia ter atingido valores de, pelo menos, 1000°C. Nas amostras das restantes escombrelas podem ser observados alguns sinais de oxidação na matéria orgânica, nomeadamente, fendas de retracção e fissuras, pirite framboidal oxidada e óxidos de ferro, devidos à meteorização.

#### 3.2 Geoquímica orgânica

A análise imediata (tabela 1) permitiu determinar que o teor em cinzas das amostras varia entre 23,0% e 93,7%. Os dados obtidos indicam que, de um modo geral, a variação dos teores em cinzas não é muito significativo, excepto na amostra R (escombrela de Rodelo), que apresenta o teor de cinzas mais baixo. Os valores de cinzas mostram a percentagem da fracção inorgânica destes materiais que inclui minerais primários e secundários resultantes dos efeitos associados à meteorização e à combustão.

Os teores de carbono variam entre 3,0% e 68,3% (tabela 1) e estima a quantidade da matéria orgânica dissiminada no material das escombrelas. Estes valores apresentam uma boa correlação ( $r=0,99$ ) com o teor de cinzas determinado na análise imediata.

Tabela 1 – Teores de humidade, cinzas, carbono e enxofre das amostras estudadas (em %).

Escombrelas	M (n=8)	L (n=8)	SP (n=8)	S (n=9)	PN	F	G	Sb	R	Sca	La	C	P	E	V
Hu [sa]	1,7	1,5	2,1	1,4	1,6	1,6	2,1	1,8	3,5	1,6	0,8	2,1	1,0	2,1	2,1
Cz [s]	80,0	81,3	79,2	81,1	82,5	85,9	72,0	79,1	23,0	80,3	93,7	66,6	91,4	82,9	77,3
C	13,4	11,6	14,4	13,9	13,0	9,3	20,3	15,4	68,3	14,3	3,0	27,5	3,6	11,0	18,5
S	0,4	0,4	0,3	0,3	0,1	0,2	0,9	0,2	0,7	0,4	<0,02	0,4	0,2	0,3	0,2

n = número de amostras; Hu – humidade da amostra; Cz – cinzas; C – carbono; S – enxofre; [sa] - base “seco ao ar”; [s] – base “seco”; M – Midões; L – Lomba; SP – S. Pedro da Cova; S – Serrinha; PN – Pejão Novo; F – Fojo; G – Germunde; Sb – Sobrido; R – Rodelo; Sca – Ceús abertos da Serrinha, La – Lameira; C – Carvalhais; P- Paradaça; E – Ervedal; V – Vale da Cana.

Os teores de enxofre variam entre 0,1% e 0,9% (tabela 1) e estão associados à presença da pirite essencialmente sob a forma de pirite framboidal tal como mencionado anteriormente. Apesar dos valores do enxofre total serem relativamente baixos, é frequente a presença da pirite que se admite ser responsável quer pela drenagem ácida nas escombrelas, tendo sido nalguns casos identificados minerais de neoformação (pickeringite) na base das mesmas (Ribeiro e Flores, 2008), quer pela lixiviação de compostos orgânicos e inorgânicos (Vila et al., 2010).

#### 4. CONCLUSÕES

Os efeitos da meteorização e da combustão nos materiais orgânicos e inorgânicos das escombrelas foram identificados petrograficamente. Apesar dos teores em enxofre baixos, a oxidação da pirite promove a drenagem ácida. Os processos de lixiviação causados pelas águas da chuva e pela drenagem ácida potenciam a mobilidade de elementos potencialmente tóxicos.

Para identificar os elementos efectivamente remobilizados está em curso a determinação da composição química das amostras e dos lixiviados obtidos a partir dessas mesmas amostras.

#### Agradecimentos

*O presente trabalho foi efectuado no âmbito de uma bolsa de doutoramento (Ref: SFRH/BD/31740/2006) concedida pela FCT e da qual a autora J. Ribeiro beneficia.*

#### Referências

- Custódio, J. (2004) – *Museu do Carvão & das Minas do Pejão*. Programa Museológico. Castelo de Paiva. 87 p.
- Gama, C.D. & Arrais, C.M. (1996) – Recuperação ambiental e paisagística da escombrela da Serrinha anexa à mina de carvão de Germunde. *Boletim de Minas*, Lisboa, nº33, pp. 21-37.
- ICCP (1998) – The new vitrinite classification (ICCP System 1994). *Fuel* 77, pp. 349-358.
- ICCP (2001) – The new inertinite classification (ICCP system 1994). *Fuel* 80, pp. 459-471.
- Lemos de Sousa, M.J. (1978) – O grau de incarbonização (rang) dos carvões durienses e as consequências genéticas, geológicas e estruturais que resultam do seu conhecimento. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 63, pp. 179-365.
- Lemos de Sousa, M.J. (1984) – *Carta Geológica de Portugal na escala 1/50000*. Notícia Explicativa da Folha 9-D – Penafiel. Aditamento relativo ao Carbonífero. Serviços Geológicos de Portugal, 3 p.
- Pinto de Jesus, A. (2001) – *Génese e evolução da Bacia Carbonífera do Douro (Estefaniano C inferior, NW de Portugal): Um Modelo*. PhD Thesis, University of Porto, Portugal. Vol. Text: 232 p; Vol. Atlas: 71 p.
- Ribeiro, J., Ferreira da Silva, E., Flores D. (2010) – Burning of coal waste piles from Douro Coalfield (Portugal): Petrological, geochemical and mineralogical characterization. *International Journal of Coal Geology*, 81, pp. 359-372.
- Ribeiro, J., Flores, D. (2008) – Caracterização multidisciplinar da escombrela da Serrinha (Bacia Carbonífera do Douro) – implicações ambientais. *V Seminário Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território*, Universidade de Trás os Montes e Alto Douro, Vila Real, CD-ROM, pp. 79-86.
- Ribeiro, J., Flores, D. (2009) – A escombrela de S. Pedro da Cova (Bacia Carbonífera do Douro, Portugal) – Caracterização e Implicações Ambientais. *VII Congreso Ibérico de Geoquímica e a X Congreso Nacional de Geoquímica*, Soria, Espanha, CD-ROM, pp. 437-446.
- Vila, T., Ribeiro, J., Garcia, C., Algarra, M., Flores, D. (2010) – Avaliação do potencial de contaminação por elementos tóxicos e compostos orgânicos na escombrela da Lomba (Bacia Carbonífera do Douro). *Actas X Congreso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa/XVI Semana de Geoquímica*, Porto, Resumos, pp. 118; CD, pp. 413-419.