

## PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO EM ÁREAS DE MONTANHA SOB COBERTO DE MATOS: EFEITO DO FOGO

Micaela Leite

Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança/ESAB

Felícia Fonseca

Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança/ESAB  
ffonseca@ipb.pt

Tomás Figueiredo

Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança/ESAB

### RESUMO

Os fogos de origem antropogénica em áreas de matos com a finalidade de obter melhores pastagens para os animais, é uma prática relativamente comum no Norte de Portugal. Durante o fogo, o coberto vegetal e os horizontes orgânicos do solo são total ou parcialmente consumidos e os horizontes minerais são aquecidos, o que pode conduzir a modificações das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. A fim de avaliar o efeito deste tipo de incêndios em propriedades físicas e químicas do solo, duas regiões distintas foram selecionadas para amostragem: Edroso, Concelho de Vinhais, Trás-os-Montes e Alto Douro; Revelhe, Concelho de Fafe, Entre Douro e Minho. A amostragem realizou-se em áreas contíguas queimadas e não queimadas, com vegetação arbustiva semelhante, predominando *Cytisus multiflorus* e *Ulex europeus*. Em cada área de amostragem (Edroso e Revelhe) foram selecionados 16 locais onde se colheram amostras (8 na zona queimada e 8 na zona não queimada), 6 meses após a ocorrência do fogo. As amostras de vegetação arbustiva e herbácea bem como de horizonte orgânico foram colhidas numa área de 0,49 m<sup>2</sup> por local e as amostras de solo nas profundidades 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 e 20-30 cm. Os resultados mostram que o teor de elementos grosseiros, a porosidade e a permeabilidade diminuem após fogo e a densidade aparente sofre um ligeiro aumento nas zonas queimadas. No que respeita às propriedades químicas, o teor de matéria orgânica, o alumínio de troca e a capacidade de troca catiónica efetiva registaram aumentos após fogo, verificando-se o contrário com o fósforo, as bases de troca e a condutividade elétrica. O potássio, o azoto total e a acidez de troca têm comportamento diferente nas duas áreas de amostragem. As propriedades físicas e químicas do solo sofreram alterações após fogo, por comparação das zonas queimadas e não queimadas, sendo o tipo de vegetação que cobre os solos, relevante neste contexto.

**Palavras-chave:** Vegetação arbustiva, fogo, propriedades do solo, Norte de Portugal

### PHYSICAL AND CHEMICAL SOIL PROPERTIES IN SHRUB COMMUNITIES: EFFECTS OF FIRE

#### ABSTRACT

Anthropogenic fire in shrublands for obtain better pastures for cattle, is relatively common practice in North Portugal. During burning, plant cover and litter layers are consumed, and the mineral soil is heated, resulting in changes to physical, chemical,

mineralogical, and biological soil properties. In order to evaluate the effect of this kind of fires on some physical and chemical soil properties, two distinct regions were selected for sampling: Edroso, Municipality of Vinhais, Trás-os-Montes and Alto Douro; Revelhe, Municipality of Fafe, Entre Douro e Minho. Sampling was carried out in contiguous areas burned and unburned, with shrub vegetation, predominantly *Cytisus multiflorus* and *Ulex europeus*. In each sampling area (Edroso and Revelhe) were selected 16 locations where collected samples (8 in the burned area and 8 in unburned area), six months after the fire occurrence. Disturbed soil samples were collected at depths 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 and 20-30cm, for assess organic matter, nutrients concentration, soil pH and soil texture. Bulk density and permeability were determined in undisturbed samples, collected in 100 cm<sup>3</sup> cylinders (bulk density in the same depths above referred and permeability only in layer 0-5 cm). When compared burned with unburned areas the results show that: (content of coarse elements, porosity and permeability decrease and bulk density increases slightly. Regarding chemical properties, organic matter content, aluminum exchange and cation exchange capacity recorded increases, checking the opposite with phosphorus, exchange basis and electrical conductivity. The potassium, total nitrogen and acid cation exchange have different behavior in the two sampling areas. The physical and chemical soil properties have been altered after fire, by comparison of burned and unburned areas, and the type of vegetation which covers the soil is relevant in this context.

**Keywords:** Fire, Shrubs areas, Soil properties

## INTRODUÇÃO

O fogo constitui o fator responsável pela destruição do coberto vegetal e como tal agente potencial direto de degradação da terra e desertificação na Região Mediterrânea (Coelho, 2001). Ao longo do tempo, mas sobretudo nos últimos anos, a problemática dos fogos tem estado no centro das atenções, não somente pelo elevado número de ocorrências, mas também pela sua intensidade e severidade (Fernandes, 2009). Os incêndios em áreas de matos e florestas são comuns durante os verões quentes e secos da Península Ibérica (Cerdà *et al.*, 2005), existindo desde épocas anteriores à ocupação humana, constituindo parte integrante dos ecossistemas mediterrâneos.

A severidade do fogo é determinante na alteração de propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, pois modifica a temperatura dos horizontes minerais do mesmo (Fernandes, 2009). O grau de aquecimento do solo durante o fogo é variável e depende do tipo de combustível (vegetação herbácea, arbustos e árvores), da intensidade do fogo, da natureza da camada orgânica (espessura e conteúdo de humidade), e das propriedades do solo (matéria orgânica, teor de humidade, textura) (Batista *et al.*, 2000). A época de incêndios é normalmente seguida das chuvas torrenciais do Outono, o que intensifica os processos de erosão e aumenta o risco de desertificação (Campo *et al.*, 2006). Os fogos em áreas de matos destroem a vegetação, deixando as rochas e o solo expostos diretamente à ação dos agentes erosivos, intensificando os processos de meteorização das rochas e movimentação dos solos (Lourenço, 1994). Por vezes, as áreas ardidas ainda em recuperação são afetadas por novos incêndios, favorecendo claramente uma progressiva degradação dos ecossistemas, com modificações das condições estruturais e hidrológicas do solo (Campo *et al.*, 2006).

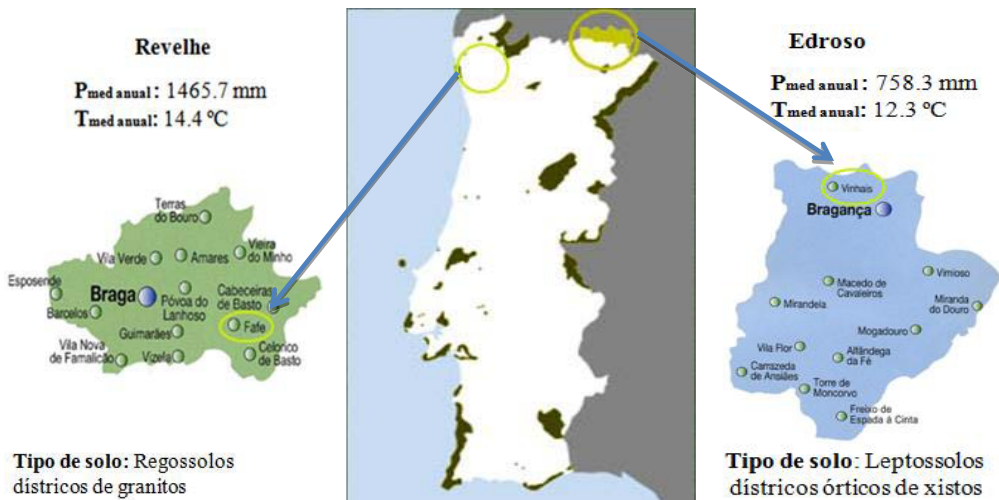
Após fogo, normalmente a concentração de nutrientes em formas mais disponíveis para as plantas e microrganismos aumenta, devido à destruição das formas orgânicas e a sua transformação em formas mais biodisponíveis. Pode também ocorrer a incorporação de nutrientes no solo, provenientes da morte de plantas e da biomassa microbiana. No entanto, por vezes a quantidade de nutrientes diminui, em consequência de perdas por mineralização, imobilização, lixiviação ou arrastamento superficial (Fernandes, 2009). Também, após fogo, a resistência do solo, a condutividade hidráulica e a taxa de infiltração tendem a diminuir nas primeiras camadas de solo. No entanto, a superfície dos solos respondem de diferentes formas à passagem do fogo

(Are *et al.*, 2009). As propriedades hidrofóbicas da superfície do solo estão relacionadas com a severidade do fogo (Chafer, 2008).

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar propriedades do solo e avaliar o impacto do fogo sobre propriedades e processos relevantes para a proteção dos recursos solo e água, em áreas de matos. Para tal, foram estudadas propriedades físicas e químicas do solo e da vegetação, sendo dada especial relevância às primeiras.

## 1. MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de estudo localizam-se em duas regiões distintas (Figura 1). A primeira, Edroso, situa-se no Parque Natural de Montesinho (PNM), Concelho de Vinhais (41° 54' N, 7° 09' W), acima dos 900 m de altitude, com predominância de Leptossolos dístricos derivados de xisto. A segunda, Revelhe, localiza-se na região Entre Douro e Minho, Concelho de Fafe (41° N, 8° 9' W), a 700 m de altitude. Predominam os Regossolos dístricos derivados de granito. A temperatura média anual é de 12,3°C (Edroso) e de 14,4°C (Revelhe). A precipitação média anual é de 758,3 e de 1465,7 mm, respetivamente para Edroso e Revelhe, com uma distribuição sazonal tipicamente mediterrânea (INMG, 1991; INMG, 2011)



**Figura 1.** Localização das áreas de amostragem, Revelhe e Edroso

Nas duas áreas de amostragem estudaram-se propriedades físicas e químicas do solo e a vegetação. A amostragem realizou-se em zonas vizinhas queimadas e não queimadas, com vegetação arbustiva idêntica, principalmente constituída por *Cytisus multiflorus* e *Ulex Europeus*. Em cada área de amostragem (Edroso e Revelhe) foram selecionados 16 locais (8 na zona queimada e 8 na zona não queimada), onde se colheram amostras 6 meses após a ocorrência do fogo. As amostras de vegetação arbustiva e herbácea bem como de horizonte orgânico foram colhidas numa área de 0,49 m<sup>2</sup> por local e as amostras de solo nas profundidades 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 e 20-30 cm (Figura 2). Também nestas profundidades foram colhidas amostras não perturbadas para avaliação da densidade aparente e da permeabilidade do solo. Para o último parâmetro referido apenas foram colhidas amostras na camada 0-5 cm. As amostras foram transportadas para o laboratório onde foram processadas e analisadas. O tratamento estatístico dos dados baseou-se em análises de variância e testes de comparação múltipla de médias (Tukey, 5%) para as variáveis em análise.



Figura 2. Recolha de amostras de vegetação arbustiva e de solo

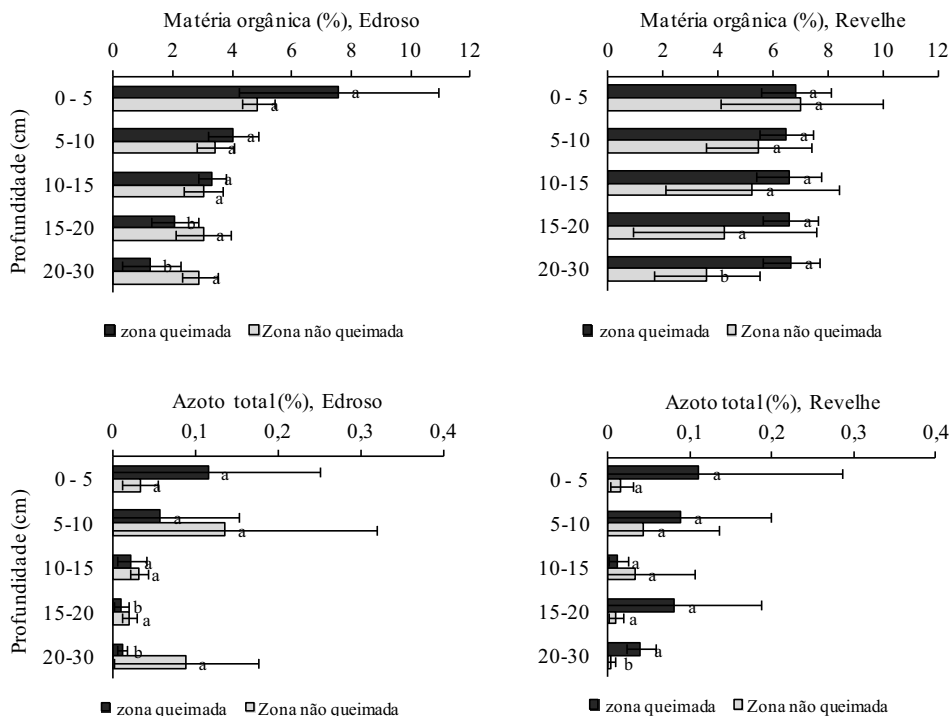
## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1 pode-se observar algumas características da vegetação arbustiva (tojo e giesta), vegetação herbácea (VH) e horizonte orgânico (HO), para as duas áreas de amostragem (Edroso e Revelhe). A composição da vegetação, bem como do horizonte orgânico influencia a quantidade de nutrientes que poderão ser devolvidos ao solo sob a forma de cinzas, no caso de ocorrência de incêndios. As concentrações em elementos químicos na vegetação arbustiva, de um modo geral, é bastante similar em ambas as áreas de amostragem com exceção do potássio (K) e magnésio (Mg), que tendem a duplicar os valores em Revelhe. Também o azoto (N) apresenta valores significativamente mais elevados em Revelhe que se refletem na relação C/N e consequentemente na velocidade de decomposição dos resíduos orgânicos. No que respeita aos valores no horizonte orgânico (HO), na grande maioria das vezes, são significativamente superiores em Revelhe.

**Quadro 1.** Composição da vegetação arbustiva (tojo e giesta), herbácea (VH) e horizonte orgânico (HO) nas duas áreas de amostragem, Edroso e Revelhe. Para cada variável e tipo de vegetação, médias seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Parâmetros (%)	Edroso				Revelhe		
	Tojo	Giesta	VH	HO	Tojo	Giesta	HO
Ca	0,14 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,21	0,23 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>	0,36 <sup>b</sup>
Mg	0,06 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,12	0,09 <sup>a</sup>	0,13 <sup>b</sup>	0,13 <sup>b</sup>	0,25 <sup>b</sup>
K	0,36 <sup>a</sup>	0,39 <sup>a</sup>	0,91	0,43 <sup>b</sup>	0,62 <sup>b</sup>	0,72 <sup>b</sup>	0,22 <sup>a</sup>
P	0,01 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,03	0,02 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,01 <sup>a</sup>
N	1,16 <sup>a</sup>	1,96 <sup>a</sup>	1,85	1,54 <sup>b</sup>	1,52 <sup>b</sup>	1,87 <sup>a</sup>	0,97 <sup>a</sup>
C	98,2 <sup>a</sup>	97,8 <sup>a</sup>	86,8	83,7 <sup>b</sup>	96,8 <sup>a</sup>	96,9 <sup>a</sup>	57,7 <sup>a</sup>
C/N	85,2 <sup>a</sup>	50,4 <sup>a</sup>	47,1	54,6 <sup>a</sup>	65,8 <sup>b</sup>	52,4 <sup>a</sup>	59,3 <sup>a</sup>

A matéria orgânica do solo (Figura 3), de um modo geral, aumenta após fogo em Revelhe e também nos primeiros 15 cm em Edroso. Nas observações de campo foi visível a presença de grandes quantidades de vegetação carbonizada depositada na superfície do solo. Após a ocorrência de fogos de intensidade baixa / moderada, frequentemente observa-se um aumento do teor de matéria orgânica no solo, devido a uma considerável inclusão de resíduos vegetais carbonizados (González-Pérez *et al.*, 2004) e à presença de cinzas residuais (Pardini *et al.*, 2004). O azoto total mostra um comportamento bastante heterogêneo entre áreas de amostragem (Figura 3). Embora, o fogo habitualmente contribua para perdas de azoto por volatilização (Wienhold and Klemmedson, 1992), os aumentos observados para este elemento podem estar associados à entrada frequente de espécies fixadoras de azoto nas áreas queimadas (Johnson and Curtis, 2001), bem como aos aumentos registados para os teores de matéria orgânica.

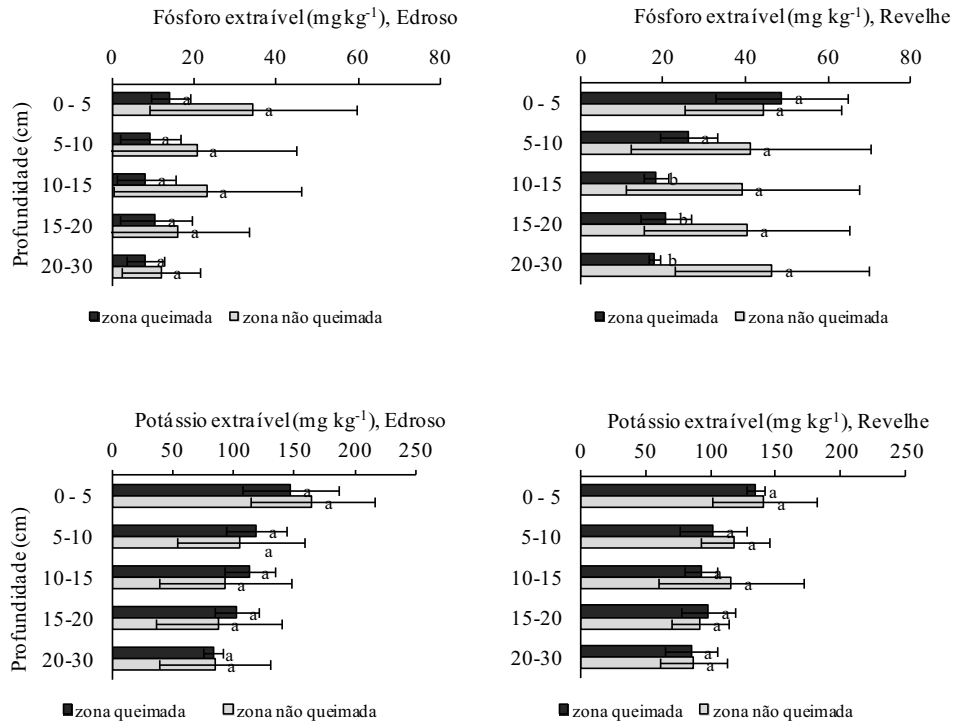


**Figura 3.** Matéria orgânica e azoto total no solo antes e após fogo. Para cada variável, profundidade e área de amostragem, médias seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

O fósforo extraível decresce após fogo, com exceção da primeira camada (0-5 cm) em Revelhe, enquanto o potássio tende a apresentar valores idênticos antes e após fogo (Figura 4) Apesar do fogo contribuir para a redução da solubilidade do fósforo (Rashid, 1987), este e outros nutrientes ficam geralmente depositados nas cinzas na superfície do solo, sendo suscetíveis de sofrer perdas por erosão e lixiviação (Wienhold and Klemmedson, 1992). As baixas perdas de potássio após fogo podem ser justificadas pelas temperaturas atingidas pelo solo (baixa / moderada intensidade do fogo). O potássio, normalmente volatiliza perto dos 760°C, temperaturas estas bastante difíceis de serem atingidas (Alauzis *et al.*, 2004).

As bases de troca (Ca, Mg, K, Na) tendem a diminuir em ambas as áreas de amostragem após fogo, registrando comportamento inverso o alumínio de troca (Quadro 2). As bases de troca volatilizam a temperaturas muito elevadas (740 – 12400°C) e, conseqüentemente permanecem no local sob a forma de cinza, ou então são arrastadas para fora do sistema por ação do vento, lixiviação e erosão hídrica (Alauzis *et al.*, 2004). As variações destes elementos refletem-se nos valores de pH do solo, mostrando um aumento da acidez após fogo (Figura 5). Vários autores reportam resultados similares (Rashid, 1987; Franco-Vizcaino and Sosa-Ramirez, 1997).

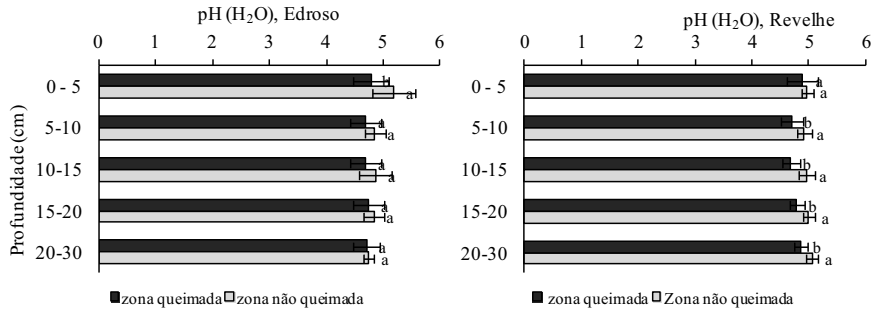
Como referido anteriormente, o teor de matéria orgânica tende a aumentar após fogo, seguindo tendência idêntica os teores de argila (Quadro 5), conduzindo a ligeiros aumentos da capacidade de troca catiônica efetiva (CTCe) e da acidez de troca (AT) (Quadro 3).



**Figura 4.** Fósforo e potássio extraíveis antes e após fogo. Para cada variável, profundidade e área de amostragem médias seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

**Quadro 2.** Bases (Ca, Mg, K, Na) e alumínio (Al) de troca do solo antes e após fogo. Para cada variável, profundidade e área de amostragem, médias seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Prof (cm)	Edroso					Revelhe				
	Ca	Mg	K	Na	Al	Ca	Mg	K	Na	Al
(cmol(+) kg <sup>-1</sup> )										
Zona queimada										
0-5	1,81 <sup>a</sup>	0,92 <sup>a</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,64 <sup>a</sup>	2,30 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>	2,24 <sup>a</sup>
5-10	1,30 <sup>a</sup>	0,74 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	2,10 <sup>a</sup>	1,31 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	2,50 <sup>b</sup>
10-15	1,20 <sup>a</sup>	0,74 <sup>a</sup>	0,43 <sup>a</sup>	0,59 <sup>a</sup>	1,90 <sup>a</sup>	1,25 <sup>a</sup>	0,50 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	2,93 <sup>b</sup>
15-20	1,29 <sup>a</sup>	0,74 <sup>a</sup>	0,39 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	1,80 <sup>a</sup>	1,28 <sup>a</sup>	0,74 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	2,78 <sup>b</sup>
20-30	1,20 <sup>a</sup>	0,75 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	0,63 <sup>b</sup>	1,79 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	0,29 <sup>b</sup>	2,71 <sup>b</sup>
Zona não queimada										
0-5	2,21 <sup>a</sup>	1,05 <sup>a</sup>	0,56 <sup>b</sup>	0,75 <sup>a</sup>	1,75 <sup>a</sup>	2,18 <sup>a</sup>	0,72 <sup>a</sup>	0,56 <sup>b</sup>	0,41 <sup>a</sup>	2,16 <sup>a</sup>
5-10	1,34 <sup>a</sup>	0,79 <sup>a</sup>	0,30 <sup>b</sup>	0,69 <sup>a</sup>	1,81 <sup>a</sup>	2,10 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,48 <sup>b</sup>	0,44 <sup>a</sup>	1,76 <sup>a</sup>
10-15	1,29 <sup>a</sup>	0,76 <sup>a</sup>	0,23 <sup>b</sup>	0,69 <sup>a</sup>	1,80 <sup>a</sup>	1,73 <sup>a</sup>	0,58 <sup>a</sup>	0,45 <sup>b</sup>	0,38 <sup>a</sup>	1,91 <sup>a</sup>
15-20	1,16 <sup>a</sup>	0,68 <sup>a</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,69 <sup>a</sup>	1,66 <sup>a</sup>	1,88 <sup>a</sup>	0,68 <sup>a</sup>	0,41 <sup>b</sup>	0,39 <sup>a</sup>	1,66 <sup>a</sup>
20-30	1,24 <sup>a</sup>	0,76 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,71 <sup>a</sup>	1,70 <sup>a</sup>	2,04 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>	0,17 <sup>b</sup>	0,38 <sup>a</sup>	1,44 <sup>a</sup>

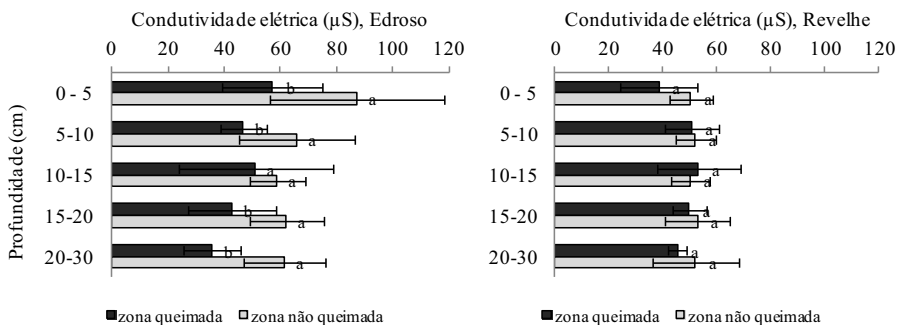


**Figura 5.** Valores de pH do solo antes e após fogo. Para a mesma profundidade e área de amostragem, médias seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

**Quadro 3.** Capacidade de troca catiônica efetiva (CTCe) e acidez de troca (AT) do solo antes e após fogo. Para cada variável, profundidade e área de amostragem, médias seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Profundidade (cm)	Edroso		Revelhe	
	CTCe	AT	CTCe	AT
	(cmol(+) kg <sup>-1</sup> )			
	Zona queimada			
0-5	8,92 <sup>a</sup>	2,70 <sup>a</sup>	7,60 <sup>b</sup>	2,95 <sup>a</sup>
5-10	7,90 <sup>a</sup>	2,70 <sup>a</sup>	7,80 <sup>a</sup>	2,88 <sup>b</sup>
10-15	7,19 <sup>a</sup>	2,38 <sup>a</sup>	8,82 <sup>b</sup>	3,54 <sup>b</sup>
15-20	7,21 <sup>a</sup>	2,29 <sup>a</sup>	8,63 <sup>b</sup>	3,49 <sup>b</sup>
20-30	7,36 <sup>a</sup>	2,45 <sup>a</sup>	8,02 <sup>b</sup>	2,98 <sup>b</sup>
	Zona não queimada			
0-5	8,62 <sup>a</sup>	2,38 <sup>a</sup>	7,45 <sup>a</sup>	2,41 <sup>a</sup>
5-10	7,66 <sup>a</sup>	2,78 <sup>a</sup>	7,44 <sup>a</sup>	2,00 <sup>a</sup>
10-15	7,13 <sup>a</sup>	2,57 <sup>a</sup>	7,36 <sup>a</sup>	2,31 <sup>a</sup>
15-20	7,13 <sup>a</sup>	2,65 <sup>a</sup>	6,77 <sup>a</sup>	1,85 <sup>a</sup>
20-30	6,90 <sup>a</sup>	2,43 <sup>a</sup>	6,58 <sup>a</sup>	1,70 <sup>a</sup>

A condutividade elétrica é significativamente afetada pelo fogo em Edroso, apresentando frequentemente valores mais baixos na zona queimada em ambas as áreas de amostragem. Alauzis *et al.* (2004) verificaram um incremento da condutividade elétrica do solo após a passagem do fogo, mas Lambao *et al.* (s/d) referem que este incremento é temporário, conduzindo num período curto de tempo a que as áreas queimadas apresentem menor condutividade elétrica que as áreas não queimadas.



**Figura 6.** Condutividade elétrica do solo antes e após fogo. Para a mesma profundidade e área de amostragem, médias seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Após fogo observa-se um aumento da densidade aparente (Dap), relacionado com o decréscimo da porosidade (Pt) e da permeabilidade (Quadro 4). Resultados similares foram obtidos por Hubbert *et al.* (2006). A redução destes parâmetros (porosidade e permeabilidade) deve-se à deposição de cinzas na superfície do solo, com a consequente obstrução dos poros. Frequentemente, a condutividades hidráulica diminui significativamente nas primeiras camadas de solo, apesar da superfície do solo responder de diversas formas à passagem do fogo (Are *et al.*, 2009). Como os processos de meteorização de rochas e minerais tendem a ser acelerados pelo efeito do aumento da temperatura e da exposição direta à ação dos agentes erosivos, o teor de elementos grosseiros tende a ser mais baixo no solo em áreas queimadas (Quadro 4) (Chafer, 2008).

**Quadro 4.** Elementos grosseiros (El gros), densidade aparente (Dap), porosidade total (Pt) e permeabilidade do solo antes e após fogo. Para cada variável, profundidade e área de amostragem, médias seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Prof (cm)	Edroso				Revelhe			
	El gros (%)	Dap ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Pt (%)	Permeabilidade ( $\text{cm h}^{-1}$ )	El gros (%)	Dap ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Pt (%)	Permeabilidade ( $\text{cm h}^{-1}$ )
Zona queimada								
0-5	37,5 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>	51,1 <sup>a</sup>	47,12 <sup>a</sup>	25,3 <sup>a</sup>	1,29 <sup>a</sup>	64,2 <sup>a</sup>	12,2 <sup>a</sup>
5-10	33,6 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>	50,8 <sup>a</sup>		28,2 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>	63,8 <sup>a</sup>	
10-15	36,2 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	46,8 <sup>a</sup>		24,4 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	64,2 <sup>a</sup>	
15-20	36,9 <sup>b</sup>	1,35 <sup>a</sup>	49,0 <sup>a</sup>		23,7 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>	61,4 <sup>a</sup>	
20-30	30,1 <sup>b</sup>	1,42 <sup>a</sup>	46,6 <sup>a</sup>		24,0 <sup>a</sup>	1,42 <sup>a</sup>	55,0 <sup>a</sup>	
Zona não queimada								
0-5	38,1 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	55,8 <sup>a</sup>	51,68 <sup>a</sup>	28,0 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	66,3 <sup>a</sup>	172,3 <sup>b</sup>
5-10	39,1 <sup>a</sup>	1,21 <sup>a</sup>	54,3 <sup>a</sup>		31,9 <sup>a</sup>	1,21 <sup>a</sup>	65,8 <sup>a</sup>	
10-15	44,1 <sup>a</sup>	1,29 <sup>a</sup>	51,2 <sup>a</sup>		32,4 <sup>a</sup>	1,28 <sup>a</sup>	63,8 <sup>a</sup>	
15-20	48,0 <sup>a</sup>	1,27 <sup>a</sup>	52,2 <sup>a</sup>		36,6 <sup>b</sup>	1,26 <sup>a</sup>	66,2 <sup>a</sup>	
20-30	42,7 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>	49,1 <sup>a</sup>		43,2 <sup>b</sup>	1,35 <sup>a</sup>	62,3 <sup>a</sup>	

**Quadro 5.** Distribuição das partículas minerais do solo por classe de tamanho antes e após fogo. Para cada variável, profundidade e área de amostragem, médias seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Profundidade (cm)	Edroso			Revelhe		
	Areia	Limo (%)	Argila	Areia	Limo (%)	Argila
Zona queimada						
0-5	44,0 <sup>a</sup>	34,8 <sup>b</sup>	21,2 <sup>a</sup>	68,4 <sup>a</sup>	15,8 <sup>a</sup>	15,7 <sup>a</sup>
5-20	44,7 <sup>a</sup>	34,5 <sup>a</sup>	20,8 <sup>b</sup>	66,8 <sup>b</sup>	16,3 <sup>a</sup>	16,9 <sup>b</sup>
20-30	40,6 <sup>a</sup>	39,2 <sup>b</sup>	20,2 <sup>a</sup>	64,2 <sup>b</sup>	16,3 <sup>a</sup>	20,7 <sup>a</sup>
Zona não queimada						
0-5	48,8 <sup>b</sup>	30,5 <sup>a</sup>	20,7 <sup>a</sup>	71,5 <sup>a</sup>	12,4 <sup>a</sup>	16,0 <sup>a</sup>
5-20	45,4 <sup>a</sup>	31,9 <sup>a</sup>	22,7 <sup>a</sup>	75,4 <sup>a</sup>	13,0 <sup>a</sup>	11,6 <sup>a</sup>
20-30	47,5 <sup>b</sup>	30,7 <sup>a</sup>	21,9 <sup>a</sup>	74,9 <sup>a</sup>	12,0 <sup>b</sup>	13,0 <sup>a</sup>

As condições climáticas registadas após fogo nas duas áreas de amostragem (com elevadas quantidades de precipitação, conduzindo eventualmente a taxas elevadas de lixiviação e erosão do solo) e a baixa severidade do fogo (indicada pela presença de materiais incompletamente queimados), podem explicar parcialmente as modificações observadas nas propriedades do solo após a passagem do fogo.

### 3. CONCLUSÕES

Este estudo teve como principal objetivo contribuir para um melhor conhecimento do impacto do fogo em solos cobertos por matos, uma vez que a disponibilidade de informação para este tipo de sistemas ainda é muito escassa. Os resultados foram analisados por comparação de zonas queimadas e zonas não queimadas. A vegetação e o horizonte orgânico do solo presente



nas duas áreas de amostragem, Edroso e Revelhe, têm um efeito importante no controlo da erosão e nas relações solo-planta. Por seu lado, a avaliação dos parâmetros físicos e químicos do solo permite estimar o efeito do fogo no solo.

Relativamente às propriedades físicas do solo verificou-se que a percentagem de elementos grosseiros, porosidade e permeabilidade diminuíram após fogo, enquanto a densidade aparente sofreu um ligeiro aumento. No que respeita às propriedades químicas do solo, o teor de matéria orgânica, alumínio de troca e capacidade de troca catiónica efetiva sofreram um aumento após fogo. Em contrapartida, o fósforo, as bases de troca e a condutividade elétrica diminuíram. Por sua vez, o potássio, o azoto total e a acidez de troca assumem comportamento diferente nas duas áreas de amostragem.

As propriedades físicas e químicas do solo sofreram alterações após fogo, sendo o tipo de vegetação que cobre os solos, relevante neste contexto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAUZIS, M.V., MAZZARINO, M.J., RAFFAELE, E., ROSELLI, L., 2004. Wildfires in NW Patagonia: long-term effects on a Nothofagus forest soil. *Forest Ecology and Management* 192, 131-142.
- ARE, K.S., OLUWATOSIN, G.A., ADEYOLANU, O.D., OKE, A.O., 2009. Slash and burn effect on soil quality of an Alfisol: Soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 103: 4-10.
- BATISTA, A.C., REISSMANN, C.B., SOARES, R.V., 2000. Efeitos da queima controlada sobre algumas propriedades químicas do solo em um povoamento de *Pinus taeda* no município de Sengés-PR. *Floresta* 27 (1/2), 50-70.
- CAMPO, J., ANDREU, V., GIMENO-GARCÍA, E., GONZÁLEZ, O., RUBIO, J.L., 2006. Occurrence of soil erosion after repeated experimental fires in a Mediterranean environment. *Geomorphology* 82, 376-387.
- CERDÀ, ARTEMI., LASANTA, TEODORO., 2005. Long-term erosional responses after fire in the Central Spanish Pyrenees 1. Water and sediment yield: *Catena* 60, 59-80.
- CHAFER, CHRIS J., 2008. A comparison of fire severity measures: An Australian example and implications for predicting major areas of soil erosion. *Catena* 74, 235-245.
- COELHO, C., 2001. Efeitos dos Incêndios Florestais sobre a erosão e a degradação do solo. In Ministério da Administração Interna SEAMAI (ed.). *A floresta que futuro?* 135-146. Instituto Nacional de Administração (INA).
- FERNANDES, R.C., CORDOVID, C.M., DE VARNENNES, A., 2009. Use of Organic Residues to recover Nutrients and Organic Matter Pools in burned soils. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa, Portugal.
- FRANCO-VIZCAÍNO, E., SOSA-RAMIREZ, J., 1997. Soil properties and nutrient relations in burned and unburned Mediterranean-climate shrublands of Baja California, Mexico. *Acta Ecologica* 18 (4), 503-517.
- GONZÁLEZ-PÉREZ, J.A., GONZÁLEZ-VILA, F.J., ALMENDROS, G., KNICKER, H., 2004. The effect of fire on soil organic matter – a review. *Environment International* 30, 855-870.
- HUBBERT, K.R., PREISLER, H.K., WOHLGEMUTH, P.M., GRAHAM, R.C., NAROG, M.G., 2006. Prescribed burning effects on soil physical properties and soil water repellency in a steep chaparral watershed, southern California, USA. *Geoderma* 130, 284-298.
- INMG, 2011. Normais Climatológicas. Braga. Período 1971/2000.
- INMG, 1991. Normais Climatológicas da Região de “Trás-os-Montes e Alto Douro” e “Beira Interior” Correspondentes a 1951-1980. Fascículo XLIX, Volume 3, Lisboa.
- JOHNSON, D.W., CURTIS, P.S., 2001. Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *Forest Ecology and Management* 140, 227-238.
- LOMBAO, A., BARREIRO, A., MARTIN, A., DÍAZ-RAVIÑA, M., s/d. Soil microbial community structure as affected by a wildfire in laza (NW Spain). Departamento de Bioquímica del Suelo, Instituto de Investigaciones Agrariológicas de Galicia (IIAG-CSIC). Santiago de Compostela (Spain).
- LOURENÇO, L., 1994. Risco de incêndio florestal em Portugal Continental. *Informação Florestal* 4, 22-32.
- PARDINI, G., GISPERT, M., DUNJÓ, G., 2004. Relative influence of wildfire on soil properties and erosion processes in different Mediterranean environments in NE Spain. *Science of the Total Environment* 328, 237-246.

- RASHID, G.H., 1987. Effects of fire on soil carbon and nitrogen in a Mediterranean oak forest of Algeria. *Plant and Soil*, 103: 89-93.
- WIENHOLD, B.J., KLEMMEDSON, J.O., 1992. Effect of prescribed fire on nitrogen and phosphorus in Arizona chaoarral soil-plant systems. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 6, 285-296.