

A influência da gestão florestal pós-fogo na diversidade da vegetação do sobreiral na Serra do Caldeirão

The influence of post-fire forest management on the diversity of cork oak vegetation in Serra do Caldeirão

João Horta Marques^{1,2,*}, Inês Duarte³, Leónia Nunes³, Ana Paula Paes⁴, Yacine Benhalima^{3,5}, Luís Lopes³, Ana Carolina Menoita⁴, Maria Luísa Oliveira⁴, Vicente Oliveira Sousa⁴, Paula Soares¹, Diego Arán^{5,6}, Maria Manuela Abreu⁵, Madalena Fonseca¹, Victoria Lerma⁷, Vanda Acácio³, Paulo Forte⁴, Francisco Castro Rego³ & Erika Santos⁵

¹ CEF – Centro de Estudos Florestais e Laboratório Associado Terra, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

² MED - Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento & CHANGE, Universidade de Évora, Évora, Portugal

³ CEABN-InBIO - Centro de Ecologia Aplicada "Prof. Baeta Neves", Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

⁴ Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

⁵ LEAF – Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Associate Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

⁶ Inproyen Consulting, Santa Comba, A Coruña, Espanha

⁷ Universitat Politècnica de València, Institute of Information and Communication Technologies, Valencia, Espanha

(*E-mail: joao.horta.marques@uevora.pt)

<https://doi.org/10.19084/rca.35126>

Recebido/received: 2024.01.15

Aceite/accepted: 2024.02.28

RESUMO

A gestão florestal tradicional pós-fogo pode influenciar a vegetação futura do local e a recuperação da área ardida. O presente estudo, integrado no projeto SUDOE-REMAS (SOE3/P4/E0954) e na Unidade Curricular de Silvicultura II ministrada no Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, avaliou o efeito da gestão florestal na diversidade da vegetação pós-fogo no sobreiral da Serra do Caldeirão (Algarve, S de Portugal). A maioria dos solos são classificados como Leptosolos e o clima é do tipo Cs. Selecionaram-se parcelas de 3 tipos: não ardidas com gestão pós-fogo (A), ardidas com gestão pós-fogo (B) e ardidas sem gestão pós-fogo (C). Efetuaram-se inventários florísticos através de transeptos (15 transeptos por tipologia), com 10 m de comprimento cada, para avaliação da abundância e diversidade de espécies. Estimaram-se os índices de diversidade da série de Hill para os indivíduos inventariados. Os resultados indicaram que as parcelas do tipo C apresentam maior diversidade em todos os índices da Série de Hill. As parcelas A apresentaram maior diversidade quando comparadas com as parcelas B. A espécie *Lavandula stoechas* ssp. *luisieri* Rozeira é a espécie dominante nos 3 grupos (19% in plots A, 17% in B and 19% in C). Nas parcelas ardidas (B+C), *Cistus ladanifer* L. representa 14% dos indivíduos presentes, com ou sem gestão. Verificou-se maior presença de espécies pirófitas (géneros *Cistus* e *Ulex*) nas parcelas ardidas, com ou sem gestão. Este estudo aponta que o fogo pode favorecer a diversidade de espécies mas não a resistência das mesmas a novos fogos. Ainda assim, a gestão da flora herbácea nas parcelas ardidas parece influenciar positivamente a composição e diversidade.

Palavras-chave: abundância/diversidade de espécies, *Cistus ladanifer* L., *Lavandula stoechas* ssp. *luisieri* Rozeira, levantamento florístico, *Quercus suber* L.

ABSTRACT

Traditional post-fire forest management can influence future vegetation composition and recovery of a burned area. The present study, integrated in SUDOE-REMAS project (SOE3/P4/E0954) and Curricular Unit Silviculture II (Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa), evaluated the effect of forest management on the diversity of post-fire vegetation in the cork oak forest from Serra do Caldeirão (Algarve, Portugal). Climate is classified as Csa and most of soils are Leptosols. We selected three types of cork oak plots: unburned (A), burned with post-fire management (B) and burned with post-fire abandonment (C). Floristic inventories were carried out through transects (15 transects per group and each one with 10 m of length) to determine species abundance and diversity. Hill series diversity indices were estimated for the individuals inventoried. The results indicated that plots C present greater diversity in all Hill Series

índices. Plots A presented greater diversity when compared to B. The species *Lavandula stoechas* ssp. *luisieri* Rozeira was the dominant in the 3 groups (19% in plots A, 17% in B and 19% in C). In the burned plots (B+C), *Cistus ladanifer* L. represented 14% of the total individuals, with or without management. In the unburned plots (A), *Ulex argenteus* Welw. ex Webb represents 17% of the individuals present. There's a greater presence of pyrophytic species (genera *Cistus* and *Ulex*) in burned plots, with or without management. Fire is favourable to species diversity but not to their resistance to new fires. Nevertheless, management of herbaceous flora in burned plots seems to positively influence vegetation composition and diversity.

Keywords: *Cistus ladanifer* L., floristic survey, *Lavandula stoechas* ssp. *luisieri* Rozeira, *Quercus suber* L., species abundance and diversity

INTRODUÇÃO

Os fogos florestais são um problema na época estival das regiões com clima mediterrânico. Num contexto de alterações climáticas, prevê-se que o regime de fogo mudará para episódios mais frequentes e de maior área e intensidade (Ruffault *et al.*, 2020). Os fogos florestais provocam alterações na vegetação e no solo, função da sua severidade e frequência (Vallejo e Alloza, 2004; Rego *et al.*, 2021). As consequências do fogo revelam-se num extenso hiato temporal (González *et al.*, 2016), sendo escasos os estudos que avaliam os efeitos do fogo a longo prazo (Rego *et al.*, 2021).

A Serra do Caldeirão, na transição do Baixo Alentejo para o Algarve, é uma Zona Especial de Conservação da Rede Natura 2000, onde se pode verificar baixa fertilidade dos solos e irregularidade climática inter e intra anual, bem como elevado risco de incêndio associado à vegetação existente. Acresce que a cortiça que provém dos sobreirais existentes nesta área é considerada de excelente qualidade (Palmeiro, 2004; Nunes, 2012). No entanto, estes sobreirais estão em acentuado declínio desde 1980, devido à intensidade dos incêndios de 2004 e 2012 (Nunes, 2012), anos sucessivos de seca, doenças como a *Phytophthora* sp. (Leal Oliveira, 1986; Palmeiro, 2004) e gestão humana (Acácio *et al.* 2009, 2010).

A gestão pós-fogo (ex. descortiçamento da cortiça queimada, favorecimento da regeneração natural, regeneração artificial, podas, relvamento) é frequentemente aplicada para reduzir os riscos de degradação do solo, promover o desenvolvimento da vegetação, bem como promover a recuperação do ecossistema (Buma & Wessman, 2011). De um modo geral, a recuperação pós-fogo a curto prazo dos sistemas florestais mediterrânicos tem sido bem estudada (ex., Granged *et al.*, 2011) mas, o mesmo

não acontece ao nível do sistema solo-planta a médio-longo prazo (Leverkus *et al.*, 2018) e, principalmente, em áreas de sobreiral. O efeito combinado dos incêndios florestais e das operações de gestão pós-fogo pode originar mudanças duradouras, nomeadamente ao nível do solo, e afetar a resiliência dos ecossistemas florestais ardidos a médio-longo prazo (Buma & Wessman, 2011; Leverkus *et al.*, 2018; Kleinman *et al.*, 2019; Bowd *et al.*, 2019, 2021).

O sobreiral é um ecossistema florestal muito importante em termos ambientais e socioeconómicos, em particular no Algarve, possivelmente por ser uma das reduzidas regiões de proveniência genética (Varela, 2000; Monteiro Alves *et al.*, 2019) e por dar uma cortiça de boa qualidade. O sobreiral da Serra do Caldeirão apresenta outras espécies como o medronheiro (*Arbutus unedo* L.), azinheira (*Quercus rotundifolia* Lam.), carrasco (*Q. coccifera* L.) e pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Ait). A cobertura arbustiva é dominada por diferentes espécies das famílias *Cistaceae* e *Ericaceae* e dos géneros *Genista* e *Ulex*.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da gestão florestal na diversidade da vegetação pós-incêndio no sobreiral da Serra do Caldeirão (Algarve, Sul de Portugal).

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo situa-se na Serra do Caldeirão, no Sul de Portugal. Esta área teve um incêndio extremo em 2004, que consumiu cerca de metade da sua área, e outro incêndio em 2012 com impactos também significativos. Anteriormente, de 1890 a 1960, a Serra do Caldeirão foi alvo de cultura cerealífera intensiva, o que promoveu a erosão e a perda de matéria orgânica do solo (Leal Oliveira, 1955; Almeida Alves, 1961).

De uma maneira geral as operações de gestão convencional tem-se mantido nas últimas décadas consistindo no controlo arbustivo superficial (essencialmente gradagens, com profundidade média de 5 cm). Estas têm o intuito de facilitar o descortiçamento e minimizar o risco de incêndio (Leal Oliveira, 1986). Os sobrantes/resíduos são normalmente deixados no terreno sem qualquer ação adicional.

O clima da região é mediterrânico (Csa), caracterizado por invernos chuvosos e verões muito quentes e secos (Köpen, 1936) com elevada irregularidade intra e interanual. Os solos, desenvolvidos sobre xistos e grauaques da formação de Mira (Oliveira, 1982), são classificados maioritariamente como Leptosolos (IUSS Working Group WRB, 2015).

Para caracterizar a diversidade da vegetação pós-fogo na área de estudo, selecionaram-se três tipos de parcelas de sobreiral de baixa a muito baixa densidade arbórea: não ardidadas com gestão pós-fogo (A), ou seja descortiçamento da cortiça queimada e podas sanitárias; ardidadas (em 2004 ou 2012) com gestão pós-fogo (B); e ardidadas (em 2004) sem gestão pós-fogo (C). As parcelas geridas (A e B) foram sujeitas a descortiçamento e corte periódico de subcoberto com uma periodicidade de uma vez a cada década. Efetuaram-se inventários florísticos em 15 transeptos por tipologia, cada um com 10 m de comprimento, para determinação da abundância e diversidade de espécies (Pickford & Stewart, 1935). Estimou-se os índices de diversidade da série de Hill para os indivíduos inventariados (Rego *et al.*, 2019). Esta série é composta por: Índice de Diversidade de Shannon (SHDI), número médio de espécies das parcelas do grupo (S), Índice de Simpson modificado (IS) e o Índice de Abundância (IA)

Quadro 1 - Equações utilizadas para estimar os Índices com compõem a Série de Hill

Índice	Fórmula	Índice	Fórmula
S	$\frac{N}{n_{\text{transectos}}}$	SHDI	$-\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$
IS	$\frac{1}{\sum_{i=1}^s p_i^2}$	IA	$\frac{1}{p_{\text{max}}}$

S o número de espécies; pi a proporção de indivíduos de espécies encontradas (n) dividido pelo número total de indivíduos encontrados (N); ln o natural log; Σ o somatório das parcelas de cálculo; o número de transectos por grupo (= 15).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As parcelas C apresentaram maiores valores de diversidade em todos os índices da Série de Hill (Quadro 2). As parcelas A apresentaram maior diversidade em comparação às B. Embora as parcelas não ardidadas (A) tenham menor número de espécies (S), estas possuem maior heterogeneidade, com maiores valores de SHDI e IS em relação às parcelas ardidadas com gestão (B) mas sem valores tão elevados às parcelas ardidadas e não geridas (C).

Quadro 2 - Resultados/Valores dos índices de diversidade da Série de Hill

	Tipologia de parcelas		
	Não ardidadas (A)	Ardidas com gestão (B)	Ardidas sem gestão (C)
S	31	33	38
SHDI	16.32	14.00	18.05
IS	10.44	9.18	12.06
IA	4.35	5.24	5.88

A espécie *L. stoechas* ssp. *luisieri* (rosmaninho) foi a espécie dominante nos 3 grupos (A e C: 19%; B: 17%). Nas parcelas ardidadas (B+C), a espécie *C. ladanifer* apresentou 14% de representatividade independentemente da gestão. *Ulex argenteus* representou 17% dos indivíduos nas parcelas A, ou seja, co-domina com o rosmaninho. É ainda de salientar a maior presença de espécies pirófitas nas parcelas ardidadas com ou sem gestão, como por exemplo espécies do género *Cistus* e *Ulex*, também observados nos trabalhos de Vallejo e Alloza (2004). Braun-Blanquet *et al.* (1956) também identificaram, em condições edafo-climáticas e ecológicas semelhantes, o domínio das espécies *C. ladanifer*,

Helichrysum stoechas L. e *L.stoechas* ssp. *luisieri*. Assim, verificou-se que o fogo favoreceu a diversidade de espécies, mas não o aumento da resistência das mesmas a novos incêndios. Para isso, o controlo do crescimento do subcoberto nas parcelas ardidas parece influenciar positivamente a composição e diversidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fogo parece ter contribuído para o aumento da diversidade de espécies arbustivas e herbáceas do sobreiral da Serra do Caldeirão. Esta diversidade é mais evidente para as parcelas ardidas sem gestão (C), onde os valores em todos os índices da Série de Hill foram maiores. Dada a vulnerabilidade às alterações globais, é importante associar o estudo da herbologia e vegetação com outras áreas, como as ciências do solo e silvicultura. Assim, prevê-se o estudo e monitorização da composição florística

ao longo do tempo para apoiar estratégias de gestão a adotar em cada povoamento. O envolvimento de equipas multidisciplinares, proprietários e de associações locais serão bases importantes para a definição destas estratégias de modo a planear a longo prazo uma silvicultura preventiva para a Serra do Caldeirão, tal como na definição do ordenamento florestal, a criação de modelos de auxílio à gestão, otimização dos domínios da sustentabilidade e maior resiliência desta área face aos desafios futuros.

AGRADECIMENTOS

Projeto SUDOE-REMAS (SOE3/P4/E0954) co-financiado pelo Programa Interreg Sudoeste através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional, e Fundação para a Ciência e Tecnologia (UID/AGR/04129/2020 LEAF, UID/BIA/50027/2019 CEABN).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acácio, V.; Holmgren, M.; Rego, F.; Moreira, F. & Mohren, G.M. (2009) - Are drought and wildfires turning Mediterranean cork oak forests into persistent shrublands? *Agroforestry Systems*, vol. 76, p. 389-400. <https://doi.org/10.1007/s10457-008-9165-y>
- Acácio, V.; Holmgren, M.; Moreira, F. & Mohren, G. (2010) - Oak persistence in Mediterranean landscapes: the combined role of management, topography, and wildfires. *Ecology and Society*, vol. 15, n. 4, art. 40.
- Almeida Alves, J. (1961) - O problema da manutenção da fertilidade na agricultura do sul: notas para o seu estudo. *Melhoramento, Estudos da Estação de Melhoramento de Elvas*, 14, Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas – Serviço de Informação Agrícola, Elvas, p. 5-458.
- Bowd, E.; Banks, S.; Strong, C. & Lindenmayer, D. (2019) - Long-term impacts of wildfire and logging on forest soils. *Nature Geoscience*, vol. 12, p. 113-118. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0294-2>
- Bowd, E.; Banks, S.; Bissett, A.; May, T. & Lindenmayer, D. (2021) - Direct and indirect disturbance impacts in forests. *Ecology Letters*, vol. 24, n. 6, p. 1225-1236. <https://doi.org/10.1111/ele.13741>
- Braun-Blanquet, J.; Pinto da Silva, A. & Rozeira, A. (1956) - Resultats de trois excursions géobotaniques à travers le Portugal Septentrional et Moyen: II chenaies a feuilles caduques (Quercion Occidentale) et chenaies a feuilles persistentes (Quercion fagineae) au Portugal. *Agronomia Lusitana*, vol. 18, n. III, p. 167-235.
- Buma, B. & Wessman, C. (2011) - Disturbance interactions can impact resilience mechanisms of forests. *Ecosphere*, vol. 2, n. 5, p. 1-13. <https://doi.org/10.1890/ES11-00038.1>
- González, S.; Heras, J. & Moya, D. (2016) - Resilience of mediterranean terrestrial ecosystems and fire severity in semiarid areas: responses of Aleppo pine forests in the short, mid and long term. *Science of The Total Environment*, vol. 573, p. 1171-1177. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.115>
- Granged, A.J.; Zavala, L.M.; Jordán, A. & Bárcenas-Moreno, G. (2011) - Postfire evolution of soil properties and vegetation cover in a Mediterranean heathland after experimental burning: a 3-year study. *Geoderma*, vol. 164, n. 1-2, p. 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.05.017>

- IUSS Working Group WRB (2015) - *World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, 192 p.
- Kleinman, J.; Goode, J.; Fries, A. & Hart, J. (2019) - Ecological consequences of compound disturbances in forest ecosystems: a systematic review. *Ecosphere*, vol. 10, n. 11, art. e02962. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2962>
- Köpen, W. (1936) - *Das geographische system der klimate*. Gebrüder Borntraeger, Berlin, 1-44 p.
- Leal Oliveira, A. (1955) - *Subsídios para o estudo da vegetação espontânea da Serra do Caldeirão: freguesia de Salir*. Relatório de fim de curso de Engenharia Agrónomica, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 216 p.
- Leal Oliveira, A. (1986) - Montado de sobro algarvio: possibilidades e sua expansão. *I Encontro sobre os montados de sobro e de azinho*. Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais/Liga para a Protecção da Natureza/Grupo Universitário de Évora de Estudos do Ambiente, Évora, p. 113-116.
- Leverkus, A.; Benayas, J.; Boucher, J.; Brewer, S.; Collins, B.; Donato, D.; Fraver, S.; Kishchuk, B.; Lee, E.; Lindenmayer, D.; Lingua, E.; Macdonald, E.; Marzano, R.; Rhoades, C.; Royo, A.; Thorn, S.; Wagenbrenner, J.; Waldron, K.; Wohlgemuth, T. & Gustafsson, L. (2018) - Salvage logging effects on regulating and supporting ecosystem services: a systematic map. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 48, n. 9, p. 983-1000. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0114>
- Monteiro Alves, A.; Almeida, M. & Goes, A. (2019) - *Plantações florestais*. ISAPress, Lisboa, 312 p.
- Nunes, A. (2012) - *Pulmão do Sul: a verde e o fogo*. Câmara Municipal de Monchique, Monchique, 324 p.
- Oliveira, J. (1982) - *Carta Geológica de Portugal - escala 1:200000*. Notícia Explicativa 8.
- Palmeiro, R. (2004) - *Análise espacial e temporal da mortalidade do sobreiro na Serra do Caldeirão*. Relatório do trabalho de final de curso em Engenharia Florestal, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 49 p.
- Pickford, G. & Stewart, G. (1935) - Coordinate Method of Mapping Low Shrubs. *Ecology*, vol. 16, n. 2, p. 257-261. <https://doi.org/10.2307/1932433>
- Rego, F.; Bunting, S.; Strand, E. & Godinho-Ferreira, P. (2019) - *Applied Landscape Ecology*. John Wiley & Sons Ltd., 288 p.
- Rego, F.; Morgan, P.; Fernandes, P. & Hoffman, C. (2021) - *Fire science: from chemistry to landscape management*. Springer, 644 p.
- Ruffault, J.; Curt, T.; Moron, V.; Trigo, R.; Mouillot, F.; Koutsias, N.; Pimont, F.; Martin-StPaul, N.; Renaud, B.; Dupuy, J.; Russo, A. & Belhadj-Khedher, C. (2020) - Increased likelihood of heat-induced large wildfires in the Mediterranean Basin. *Scientific Reports*, vol. 10, n. 1, art. 13790. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70069-z>
- Vallejo, R. & Alloza, A. (2004) - *Avances en el estudio de La Gestión del Monte Mediterráneo*. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo - CEAM. Valencia, 570 p.
- Varela, M. (2000) - *Handbook of the concerted action: European network for the evaluation of generic resources of cork oak for appropriate use in breeding and gene conservation strategies*. Estação Florestal Nacional, Oeiras, 122 p.