
Parecer técnico relativo ao Decreto-Lei nº
10/2018, de 14 de fevereiro: critérios para a
gestão de combustíveis na rede secundária



Elaborado para a CELPA – Associação da Indústria Papeleira
Abril de 2018

Paulo Fernandes

Departamento de Ciências Florestais e Arquitetura Paisagística, Universidade
de Trás-os-Montes e Alto Douro

Fotos da capa:

Comportamento do fogo num povoamento de *Eucalyptus globulus*, com (direita) e sem (esquerda) gradagem e em condições meteorológicas extremas

Autoria: Miguel G. Cruz

Parecer técnico relativo ao Decreto-Lei nº 10/2018, de 14 de fevereiro: critérios para a gestão de combustíveis na rede secundária

1. Introdução

O Decreto-Lei nº 10/2018, de 14 de fevereiro (DL10/2018), constitui a quinta alteração ao Decreto-Lei nº 124/2006, de 28 de junho (DL124/2006), tendo clarificado “os critérios aplicáveis à gestão de combustível nas faixas secundárias de gestão de combustível no âmbito do Sistema Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios”.

As prescrições de intervenção na vegetação são indicadas no Anexo ao DL10/2018. Aqui, apresentam-se de acordo com a hierarquia própria da silvicultura preventiva, ou seja, por ordem decrescente de relevância no que respeita ao impacto no comportamento de um potencial incêndio:

1. A altura máxima dos estratos arbustivo e subarbustivo não pode ultrapassar 50 e 20 cm, respetivamente. Esta especificação procurou aparentemente simplificar a regra prescrita no DL124/2006, a qual admitia distintas combinações de altura e revestimento do solo pela vegetação do sob-coberto até um volume máximo de 2000 m³/ha.
2. O estrato arbóreo, independentemente da espécie, deve ser desramado até “50 % da altura da árvore até que esta atinja os 8 m, altura a partir da qual a desramação deve alcançar no mínimo 4 m acima do solo”, no que não há diferença relativamente ao DL124/2006.
3. A distância mínima permitida entre copas de árvores é de 4 m, excepto em povoamentos de pinheiro bravo ou eucalipto, onde é de 10 m. No DL124/2006 a distância de 4 m entre copas era de aplicação geral.

Qualquer apreciação técnica de uma recomendação ou regulamento de gestão de combustíveis ou de silvicultura preventiva deve ser balizada pelos objectivos, gerais e específicos, do tratamento. O propósito genérico destas intervenções é a redução do comportamento potencial do fogo, tal como expresso por descritores como a velocidade de propagação, o comprimento da chama ou a intensidade da frente de chamas, assegurando maior facilidade de combate a um eventual incêndio e diminuição dos respectivos impactes. Mais especificamente, a gestão de combustíveis visa expandir a capacidade efetiva de extinção para condições meteorológicas severas. Os princípios da gestão de combustíveis em ambiente florestal estão bem definidos e são amplamente descritos na literatura, por exemplo Agee & Skinner (2005):

1. Reduzir os combustíveis de superfície (manta morta e vegetação herbácea e arbustiva sob coberto florestal), reduzindo assim a velocidade de propagação do fogo e a sua intensidade.
2. Elevar a copa do estrato arbóreo por desramação e eliminação dos combustíveis de transição (arbustos altos, regeneração arbórea, árvores dominadas), criando ou reforçando a descontinuidade vertical entre o copado e os combustíveis de superfície. O objectivo é impedir o fogo de copas.
3. Diminuir a densidade foliar do copado através do desbaste de árvores. Esta redução da continuidade horizontal no andar arbóreo evitará a propagação do fogo entre copas adjacentes, ou seja, o fogo ativo de copas, que está acima da capacidade de extinção por qualquer dispositivo de combate a incêndios.

Esta hierarquia de princípios e operações implica que, dependendo da intensidade da intervenção e de outros fatores (por exemplo, natureza dos combustíveis), a aplicação do primeiro princípio pode dispensar a aplicação dos restantes princípios ou, mais frequentemente, que o resultado da combinação da redução do combustível de superfície com a desramação tornem desnecessário um desbaste. Na formulação da prescrição há também que considerar os efeitos indiretos das intervenções no arvoredo, seja no ambiente meteorológico local e na humidade dos combustíveis, seja na dinâmica do combustível subsequentemente ao tratamento.

2. Prescrições de gestão do combustível

2.1. Vegetação sob coberto arbóreo

A prescrição constante do DL10/2018 dispensa de intervenção as situações nas quais o estrato arbustivo não exceda 0,5 m de altura. No limite, se o revestimento do solo for total, são permitidos 5000 m³/ha de matos, o que equivale, dependendo das espécies, a cerca de 10 a 20 t/ha de combustível fino, em contraste com os 2000 m³/ha (4-8 t/ha) do DL124/2006.

Há uma incongruência notória no DL10/2018, uma vez que na ausência de arbustos mas existindo um estrato subarbustivo (vegetação não lenhosa, portanto herbáceas, fetos, silvas) a altura máxima autorizada é de 0,2 m. Neste caso tal corresponderá no máximo (revestimento total do solo) a cerca de 2000 m³/ha e a 1-3 t/ha de combustível fino, dada a menor densidade (biomassa por unidade de volume) deste estrato.

O DL10/2018, tal como o DL124/2006, não faz menção à manta morta florestal que se acumula no solo, pressupondo ou sugerindo que o perigo de incêndio se deve exclusivamente aos estratos arbustivo e subarbustivo. Porém, a manta morta pode representar por si só elevada acumulação de combustível (até cerca de 30 t/ha), e quando resultante da deposição de material vegetal que

forme uma estrutura arejada (como no caso do pinhal, eucaliptal e carvalhal) arderá rapidamente e com intensidade (Figura 1). Sugere-se que a espessura da manta morta (excluindo o húmus) não deva superar 3 cm (cerca de 9 t/ha), um valor frequentemente indicado como correspondendo ao limite superior da capacidade de extinção do fogo em condições meteorológicas extremas.

2.2. Descontinuidade vertical

O DL10/2018 mantém a altura de base da copa de 4 m preconizada no DL124/2006. Em pinhal e em outros tipos de floresta de folha persistente e copado denso este grau de descontinuidade vertical dificilmente evitará que em condições meteorológicas extremas um fogo de superfície transite para fogo de copas, mesmo quando cumprida a prescrição de tratamento da vegetação sob coberto. Contudo, por motivos que serão discutidos adiante, ressalve-se que esta preocupação é bastante menos relevante em plantações de eucalipto.

A Figura 1 ilustra esta insuficiência da legislação para um caso de estudo em pinhal bravo, com base em Fernandes et al. (2004). A altura da base da copa era de 5,4 m e o fogo (com um comprimento de chama de 2,5 m) propagou-se no limiar da transição para fogo de copas, queimando ramos mortos abaixo da linha da copa viva mas também alguma folhagem em parte das árvores. O estrato arbustivo tinha somente 31 cm de altura e cobria 21% do solo, existindo porém manta morta com 5,9 cm de espessura.



Figura 1. Comportamento de um fogo experimental em pinhal bravo com a base da copa a 5,4 m do solo e sob condições de perigo meteorológico de incêndio Muito Elevado (Fernandes et al. 2004).

2.2.1. Distância entre copas de árvores

A densidade do coberto arbóreo pode ter implicações na possibilidade de fogo ativo de copas, mas influencia também as condições micrometeorológicas locais, tal como anteriormente referido. A fim de esclarecer as implicações que advêm de diferentes graus de coberto arbóreo considerámos três cenários de distância média entre copas, respetivamente dois, quatro (DL124/2006) e 10 m (DL10/2018 para pinhal e eucaliptal). Assumimos um eucaliptal com 20 m de altura, sendo que a escolha deste valor é razoavelmente indiferente para efeito das análises que se seguem. Não é fácil fazer corresponder as distâncias entre copas a outros descritores da estrutura de um povoamento florestal mas cobertos de copas de 50, 30 e 10%, densidades de 533, 311 e 107 árvores por ha e áreas basais de 9,4, 5,5 e 1,9 m²/ha (fixando o diâmetro médio à altura do peito em 15 cm) constituem uma boa aproximação às distâncias de dois, quatro e 10 m entre copas, respetivamente.

2.2.2. Efeito na humidade do combustível morto fino

A humidade do combustível morto fino e a velocidade do vento são os dois factores que determinam as características de comportamento do fogo num determinado cenário de combustível, tal como definido pela sua natureza física e estrutura. Na ausência de precipitação recente ou condensação a humidade do combustível morto fino é controlada essencialmente pela humidade relativa e temperatura do ar e, secundariamente, pela radiação solar.

Para uma temperatura ambiente de 35°C e uma humidade relativa do ar de 15%, uma combinação próxima daquela registada ao início da tarde nos incêndios de Pedrogão Grande e 15 de outubro, o modelo de estimação da humidade do combustível morto fino de Anderson et al. (2015) prevê valores de 5,6, 5,5 e 5,4% para distâncias entre copas de dois, quatro e 10 metros. Comparativamente, o efeito do desbaste no grau de secura do combustível morto é portanto praticamente negligenciável, uma vez que a situação de maior ensombramento (distância de 2 m, coberto de copas 50%) corresponde a um povoamento já razoavelmente aberto.

2.2.3. Efeito na velocidade do vento

A estrutura de um povoamento florestal afecta, por atrito, a velocidade do vento no seu interior, e portanto as características de comportamento do fogo. Floresta mais densa reduzirá mais a intensidade do vento relativamente à altura e situação de referencia, tipicamente 10 m em terreno aberto. Esse efeito pode ser calculado através de um coeficiente de ajustamento do vento cuja multiplicação

pela velocidade do vento a 10 m de altura resulta na velocidade do vento à superfície (2 m) e no interior do povoamento.

Utilizando a aplicação BehavePlus 5.0.5. (Andrews 2014) determinaram-se os coeficientes de ajustamento do vento correspondentes às três distâncias de copa, para três modelos de combustível e distinguindo entre dois rácios de copa (proporção da extensão vertical do tronco com copa), respetivamente 0,3 (eucaliptal típico) e 0,8 (eucaliptal bastante jovem). Os modelos de combustível, desenvolvidos para Portugal (Fernandes et al. 2009) e calibrados para reproduzirem o comportamento real do fogo, são:

M-EUCd. Eucaliptal recentemente gradado.

F-EUC. Eucaliptal com folhada.

M-EUC. Eucaliptal com folhada e sub-bosque bastante desenvolvido.

Os resultados (Quadro 1) indicam que num eucaliptal com rácio de copa normal (0,3) e sujeito a desbaste a velocidade do vento duplica relativamente ao espaçamento 2m, não havendo diferença entre as distâncias 4m e 10m. Em eucaliptal jovem a velocidade do vento aumenta 1,4 vezes quando a distância entre copas aumenta de 2m para 4m, e aumenta 2,5 a 2,8 vezes quando a distância entre copas aumenta de 4m para 10m, sendo neste caso o efeito idêntico àquele verificado num povoamento plenamente desenvolvido.

Quadro 1. Coeficientes de ajustamento para o interior do povoamento da velocidade do vento em terreno aberto e à altura de 10 m, por modelo de combustível e distância entre copas e para dois rácios de copa (0,3/0,8).

Modelo de combustível	2 m	4 m	10 m
M-EUCd	0,19 / 0,11	0,38 / 0,15	0,38 / 0,38
F-EUC	0,19 / 0,11	0,37 / 0,15	0,37 / 0,37
M-EUC	0,19 / 0,11	0,42 / 0,15	0,42 / 0,42

2.2.4. Efeito na vegetação sob coberto

É expectável que a redução da densidade de copas de um povoamento florestal favoreça o desenvolvimento da vegetação do sob coberto, por aumento da exposição à radiação solar e diminuição da competição. A fim de quantificar este efeito recorreremos aos modelos desenvolvidos por Castedo-Doredó et al. (2012) para pinhais no noroeste de Espanha, e por Botequim et al. (2015) para floresta indiferenciada em Portugal.

A facilitação do desenvolvimento do sob coberto arbustivo por abertura do copado é bastante reduzida, indicando que não haverá necessidade de diminuir o tempo entre tratamentos sucessivos. Note-se porém que os modelos aplicados

foram desenvolvidos para povoamentos florestais. Nas situações de interface contempladas pelo DL10/2018 o impacto pode ser maior, uma vez que as condições edáficas tenderão a favorecer o crescimento vegetal e a vegetação herbácea.

Quadro 2. Alteração (%) no desenvolvimento do estrato arbustivo em função da distância entre copas.

Variável	Castedo-Dorado et al. (2012)		Botequim et al. (2015)	
	De 2m para 4m	De 2m para 10m	De 2m para 4m	De 2m para 10m
Coberto	3,7	7,8	-	-
Altura	1,5	3,1	-	-
Carga	3,7	7,7	1,7	3,6

2.3. Efeito no comportamento do fogo

A simulação das características de comportamento do fogo permite finalmente avaliar as consequências das três distâncias entre copa em causa, integrando os efeitos na humidade do combustível morto fino e velocidade do vento à superfície, e considerando os dois rácios de copa, respetivamente 0,3 e 0,8. Tal como no Quadro 1 consideram-se três modelos de combustível, representativos de uma gradagem recente (M-EUCd), portanto com redução da manta morta e da vegetação sob coberto; de um eucaliptal apenas com manta morta após remoção da vegetação de superfície (F-EUC); e de um eucaliptal não intervencionado (M-EUC). As simulações efetuaram-se com a aplicação BehavePlus 5.0.5. (Andrews 2014), assumindo terreno plano e condições meteorológicas próximas daquelas verificadas no dia 15 de outubro.

Os resultados da simulação do comportamento do fogo (Quadro 3) estão em linha com aqueles apresentados no Quadro 1 e referentes à alteração da velocidade do vento. Assim, ao aumentar a distância entre copas de dois para quatro metros em eucaliptal plenamente desenvolvido, agravam-se a velocidade de propagação e o comprimento de chama, respetivamente 2,2 a 2,7 vezes mais e 1,4-1,5 vezes mais, dependendo do modelo de combustível. Ao distanciar as copas em 10 m não se verificam diferenças relativamente à distância de quatro metros.

Em povoamentos jovens, com bastante menor descontinuidade vertical, o impacto no comportamento do fogo do aumento do distanciamento entre copas de 2 para 4 m é ainda significativo, apesar de mais reduzido. No entanto, em contraste com os povoamentos adultos, verifica-se um aumento dramático no potencial de fogo quando a distância entre copas muda de 4 para 10 m, com triplicação da velocidade de propagação e multiplicação do comprimento de chama por 1,6-1,8.

Quadro 3. Simulação do comportamento do fogo por modelo de combustível e distância entre copas e para dois raios de copa (0,3/0,8), para terreno plano, uma velocidade do vento (10 m) de 40 km/h, humidade relativa do ar de 15% e temperatura do ar de 35° C.

Modelo de combustível	Distância entre copas (m)	Velocid. propagação (m/min)	Comprimento de chama (m)	Fogo de copas	Distância de segurança (m)
M-EUCd	2	2,5 / 1,4	1 / 0,8	Não / Não	9 / 8
	4	5,9 / 1,9	1,5 / 0,9	Não / Não	11 / 9
	10	5,9 / 5,9	1,5 / 1,5	Não / Não	11 / 11
F-EUC	2	4,4 / 2,6	1,8 / 1,4	Não / Não	12 / 11
	4	9,5 / 3,5	2,6 / 1,6	Não / Não	16 / 12
	10	9,6 / 9,6	2,6 / 2,6	Não / Sim	16 / 16
M-EUC	2	10,3 / 5,9	3,8 / 2,9	Não / Sim	20 / 17
	4	27,9 / 7,9	5,9 / 3,3	Sim / Sim	24 / 13
	10	28,0 / 28,0	6,0 / 6,0	Sim / Sim	29 / 29

Os resultados da possibilidade de ocorrência de fogo de copas no Quadro 3 são particularmente relevantes no que toca à avaliação da pertinência dos critérios de intervenção no copado arbóreo definidos no DL124/2006 e DL10/2018. Verifica-se que nas situações de gradagem recente e ausência de vegetação sob coberto não é possível a combustão da copa das árvores, com uma exceção (modelo F-EUC em povoamento jovem para um espaçamento de 10 m entre copas). O desenvolvimento de um fogo de copas não é expectável porque o tratamento do combustível de superfície impede que seja libertada a quantidade de energia requerida para vencer a descontinuidade vertical, que é naturalmente bastante elevada em eucaliptal. Note-se que mesmo na presença de um estrato arbustivo significativo (M-EUC) não há fogo de copas quando a distância entre copas é de 2 m e o rácio de copas é o típico em eucaliptal (0,3), passando a ser possível se houver desbaste (distâncias entre copas de 4 e 10 m) devido à maior penetração do vento no povoamento e consequente aumento da intensidade do fogo. Desta forma, não sendo possível um fogo de copas, não se justificam intervenções de aumento da distância entre copas, as quais podem, pelo contrário, criar condições para fogos mais intensos.

Os resultados destas simulações são amplamente comprováveis empiricamente, uma vez que após incêndio em eucaliptal predomina usualmente a copa castanha, portanto dessecada ou chamuscada mas não ardida (Figura 2). Nos incêndios de 15 de outubro de 2017 a avaliação por detecção remota indicou que a representatividade da severidade do fogo classificada como Muito Elevada ou Extrema diminuiu com o aumento da ocupação por eucalipto, refletindo a menor preponderância de copa queimada em comparação com o pinhal (Guerreiro et al. 2018). Adicionalmente, e não estando refletido nas simulações

efetuadas, as folhas comparativamente grossas e copas algo esparsas do *Eucalyptus globulus* reduzem o teor de voláteis na mistura gasosa e portanto a probabilidade de combustão (Guerreiro et al. 2017).



Figura 2. Predominância de copa dessecada (não ardida) nos incêndios de Pedrogão Grande (junho 2017) e Lousã (outubro 2017), respetivamente fotografia à esquerda e à direita. No 1º caso é visível a combustão dos indivíduos de menor porte.

3. Largura das faixas de proteção

O DL10/2018 (como antes o DL124/2006) impõe num raio não inferior a 50 m ou a 100 m, caso se trate respetivamente de edificações isoladas ou de aglomerados urbanos, a gestão de combustíveis de acordo com as especificações atrás descritas e analisadas. À semelhança da distância de 10 m entre copas constante do DL10/2018, trata-se de distâncias superiores àquelas regulamentadas nos restantes países do Mediterrâneo, bem como na América do Norte e Austrália. Na Galiza e em França o raio de “limpeza” é também de 50 m, mas em nenhum país a distância de proteção difere entre casas isoladas e povoações.

A investigação existente sobre este tema é escassa mas, tendo em vista o objetivo (defesa da integridade física das estruturas), aponta no sentido de faixas de proteção de largura inferior a 50 m. Na Califórnia (Syphard et al. 2014) e na Austrália (Gibbons et al. 2012) concluiu-se não haver vantagem em alargar o raio da faixa de proteção para mais de 20-30 e 40 m, respetivamente, sendo que nos países em causa as casas são frequentemente construídas em madeira, pelo que distâncias tão ou mais conservadoras deveriam ser adotadas em Portugal. Na verdade, a combustão e os danos causados por incêndios florestais no edificado são razoavelmente indiferentes à vegetação no seu entorno, uma vez que é o transporte de faúlhas e não a ação direta do fogo que na maioria dos casos causa a ignição (Calkin et al. 2014). Assim sucedeu por exemplo no incêndio de Pedrogão Grande, onde apenas 21,3% dos danos no património edificado resultaram do impacto direto do fogo (CEIF 2017).

Poder-se-á argumentar a favor de faixas de proteção de 50 ou 100 m por questões de segurança das forças de combate envolvidas na defesa de casas individuais ou perímetros urbanos. No entanto, também aqui a simulação mostra que tal é excessivo. A última coluna do Quadro 3 indica as distâncias de segurança para bombeiros providos de equipamento individual de proteção e em todos os casos (com tratamento dos combustíveis de superfície no seu conjunto ou apenas do estrato arbustivo) essa distância é inferior a 20 m.

Mais do que prescrever distâncias relativamente grandes de proteção a casas e infraestruturas, que são inúteis em incêndios extremos que projetam material em chamas a centenas de metros (ou até km) de distância, tal como ficou amplamente demonstrado nos episódios de junho e outubro de 2017, a legislação deveria dar ênfase a:

- Eliminação total do combustível suscetível de ignição na vizinhança imediata das casas, correspondendo usualmente a um raio de 10 m na regulamentação internacional;
- definição de padrões de edificação e de manutenção das habitações no sentido de eliminar vulnerabilidades conducentes a ignição.

4. Conclusão

O DL10/2018 parte de um equívoco, ao justificar a necessidade de revisão da legislação porque “as regras existentes revelaram-se ineficazes para conter a progressão dos incêndios”. Não é certamente objectivo das intervenções de gestão do combustível na interface florestal impedir a expansão de eventuais incêndios mas tão só proteger localizações específicas do impacto do fogo. Afirma-se também, sem qualquer base empírica, que a revisão é necessária “para garantir a segurança das pessoas e dos seus bens”. Esta afirmação pressupõe que as regras anteriormente em vigor eram generalizadamente aplicadas e que o seu desempenho (ao serem “testadas” pelos incêndios) terá sido analisado e julgado insuficiente, mas nenhum destes pressupostos é real. Tal não obsta a que a regulamentação carecesse de aperfeiçoamento, mas as alterações introduzidas no DL10/2018 deveriam ter sido orientadas pelo conhecimento do âmbito da silvicultura preventiva, aliás existente no seio da administração pública.

À luz dos princípios básicos da silvicultura preventiva contacta-se que o DL10/2018 dá relativamente pouca importância à gestão do combustível de superfície, ao não considerar a redução da folhada acumulada no solo e ao permitir presença de vegetação sobcoberto em excesso. O relaxamento destes critérios facilita a transição para fogo de copas, uma vez que a altura mínima de base da copa (4 m) é insuficiente para o impedir, pelo menos em povoamentos de resinosas, ainda que no caso do eucalipto seja um factor geralmente irrelevante. Em contraste, a prescrição de afastamento mínimo das copas em 10 m é drástica e

desnecessária, aumentando muito ligeiramente a secura do combustível morto fino, favorecendo a recuperação da vegetação sobcoberto e, principalmente, expondo o sobcoberto a ventos mais fortes. No entanto, neste particular e relativamente a eucaliptais que tenham atingido estatura razoável, o efeito no perfil de vento não se distingue daquele correspondente à distância de 4 m entre copas.

Não há diferenças entre a severidade do comportamento do fogo em eucaliptal decorrente da adopção de distâncias entre copas de 4 ou 10 m, excepto em eucaliptal jovem. É contudo bastante grande o agravamento relativamente a um espaçamento de copas de 2 m, e portanto mais ainda relativamente a um eucaliptal instalado de acordo com os compassos mais usuais. Não sendo possível o desenvolvimento de fogo de copas num eucaliptal cujos combustíveis de superfície estejam convenientemente geridos resulta que as intervenções de desbaste são não só desnecessárias como contraproducentes, qualquer que seja a intensidade do desbaste.

As análises efetuadas, a literatura científica, a evidência empírica existente e a regulamentação em vigor noutros países forma um todo coerente que não recomenda faixas de proteção mais largas do que 30 m em interfaces florestais. Em face do exposto, é bastante evidente que o DL10/2018 carece de melhorias, pelo menos no que respeita aos critérios e prioridades de intervenção, devendo contemplar prescrições devidamente suportadas tecnicamente e que reconheçam a especificidade dos vários tipos de floresta.

Referências

- Agee, J.K., Skinner, C.N. 2005. Basic principles of forest fuel reduction treatments. *Forest Ecology and Management* 211(1-2): 83-96.
- Anderson, W.R., Cruz, M.G., Fernandes, P.M., McCaw, L., Vega, J.A., Bradstock, R., Fogarty, L., Gould, J., McCarthy, G., Marsden-Smedley, J.B., Matthews, S., Mattingley, G., Pearce, G., van Wilgen, B. 2015. A generic, empirical-based model for predicting rate of fire spread in shrublands. *International Journal of Wildland Fire* 24: 443-460.
- Andrews, P.L. 2014. Current status and future needs of the BehavePlus Fire Modeling System. *International Journal of Wildland Fire* 23: 21-33.
- Botequim, B., Zubizarreta-Gerendiain, A., Garcia-Gonzalo, J., Silva, A., Marques, S., Fernandes, P.M., Pereira, J.M.C., Tomé, M. 2015. A model of shrub biomass accumulation as a tool to support management of Portuguese forests. *iForest – Biogeosciences and Forestry* 8: 114-125.
- Calkin, D.E., Cohen, J.D., Finney, M., Thompson, M.P. 2014. How risk management can prevent future wildfire disasters in the wildland-urban interface. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111: 746–51.
- Castedo-Dorado, F., Gómez-Vázquez, I., Fernandes, P.M., Crecente-Campo, F. 2012. Shrub fuel characteristics estimated from overstory variables in NW Spain pine stands. *Forest Ecology and Management* 275: 130-141.
- CEIF. 2017. Viegas, D.X. (Coord.), O complexo de incêndios de Pedrogão Grande e concelhos limítrofes, iniciado a 17 de junho de 2017. Universidade de Coimbra.
- Fernandes, P., Gonçalves, H., Loureiro, C., Fernandes, M., Costa, T., Cruz, M.G., Botelho, H. 2009. Modelos de combustível florestal para Portugal. *In* Actas do 6º Congresso Florestal Nacional. SPCF, Lisboa. pp. 348-354.
- Fernandes, P.M., Loureiro, C., Botelho, H. 2004. Fire behaviour and severity in a maritime pine stand under differing fuel conditions. *Annals of Forest Science* 61(6): 537-544.
- Gibbons, P., van Bommel, L., Gill, A.M., Cary, G.J., Driscoll, D.A., Bradstock, R.A., Knight, E., Moritz, M.A., Stephens, S.L., Lindenmayer, D.B. 2012. Land management practices associated with house loss in wildfires. *PLoS ONE* 7(1): e29212.
- Guerreiro, J., Fonseca, C., Salgueiro, A., Fernandes, P., Lopez, E., de Neufville, R., Mateus, F., Castellnou, M., Silva J.S., Moura, J., Rego, F., Mateus, P. 2017. Análise e apuramento dos factos relativos aos incêndios que ocorreram em Pedrogão Grande, Castanheira de Pêra, Ansião, Alvaiázere, Figueiró dos Vinhos,

Arganil, Góis, Penela, Pampilhosa da Serra, Oleiros e Sertão entre 17 e 24 de junho de 2017. Comissão Técnica Independente. Assembleia da República, Lisboa.

Guerreiro, J., Fonseca, C., Salgueiro, A., Fernandes, P., Lopez, E., de Neufville, R., Mateus, F., Castellnou, M., Silva J.S., Moura, J., Rego, F., Caldeira D.N. 2018. Avaliação dos incêndios ocorridos entre 14 e 16 de outubro de 2017 em Portugal Continental. Relatório Final. Comissão Técnica Independente. Assembleia da República. Lisboa.

Syphard, A.D., Brennan, T.J., Keeley, J.E. 2014. The role of defensible space for residential structure protection during wildfires. *International Journal of Wildland Fire* 23: 1165-1175.