

Alterações estruturais num pinhal bravo de regeneração natural submetido a desbaste térmico

Paulo Fernandes, Carlos Loureiro, e Hermínio Botelho

Centro de Estudos em Gestão de Ecossistemas / Departamento Florestal, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. E-mail: pfern@utad.pt

Resumo

Um pinhal bravo na serra do Alvão, regenerado naturalmente e com 14 anos de idade e estrutura irregular, foi objecto de um programa experimental de queima do qual resultou um efeito de desbaste térmico. Quatro anos e meio depois, os pinheiros na zona tratada (D) distribuíam-se normalmente pelas classes de diâmetro, enquanto na zona adjacente não intervencionada (T) 45% dos indivíduos apresentavam DAP inferior a 2,5 cm. O número de indivíduos por hectare, área basal, altura dominante, carga de combustível fino e distância da copa viva ao solo cifravam-se na zona D respectivamente em 2800 ha⁻¹, 32,5 m² ha⁻¹, 10,9 m, 8,0 t ha⁻¹ e 3,8 m, representando 58%, 116%, 108%, 45% e 123% dos valores observados em T. Um incêndio de severidade reduzida percorreu o pinhal no final do Verão de 2004, com um decréscimo para metade da intensidade do fogo em D, onde não é expectável que os indivíduos do andar superior venham a sofrer mortalidade. A redução de perigo facultada pela intervenção é óbvia, mas o desenvolvimento de um fogo de copas em D sob condições meteorológicas próprias da época estival dependeria apenas da velocidade do vento. Os resultados apoiam claramente o uso do fogo controlado em pinhais originados por regeneração natural, de forma a que se cumpram simultaneamente objectivos silvícolas e de protecção florestal.

Introdução

O pinhal bravo juvenil proveniente de sementeira ou regeneração natural é com frequência demasiado denso, sendo desejáveis operações de limpeza que corrijam o excesso de densidade e eliminem os indivíduos defeituosos, melhorando assim a estrutura produtiva (Oliveira et al., 2000). Os custos envolvidos podem desencorajar a intervenção, já que o material lenhoso removido é usualmente destituído de valor comercial. O uso judicioso do fogo controlado como técnica simultânea de gestão de combustíveis e de limpeza do povoamento constitui assim uma alternativa cuja

viabilidade merece ser examinada, aproveitando conhecimento existente que permite prescrever uma queima de forma a eliminar selectivamente indivíduos em função das suas dimensões e do comportamento do fogo (Botelho et al., 1998; Fernandes, 2002).

Não são novidade referências à utilização do fogo na selecção positiva de árvores, suprimindo os indivíduos mais fracos ou dominados tal como um silvicultor faria. Diversos estudos na América do Norte têm evidenciado as potencialidades do fogo controlado nesse domínio, nomeadamente para as espécies *Pinus ponderosa* (Morris e Mowat, 1958), *P. taeda* (Wade, 1993), e *P. elliottii* (Johansen e Wade, 1987). No sudeste dos E.U.A., uma análise custo-benefício a 30 anos identificou o fogo controlado como a técnica mais lucrativa de desbaste pré-comercial de *P. taeda* (Lloyd e Waldrop, 1999). Na Austrália, Burrows et al. (1989) investigaram a aptidão do fogo de reduzida intensidade para eliminar o estrato de pequenas árvores que surge após um desbaste nas plantações de *Pinus radiata*, apresentando uma prescrição para o efeito.

A expressão “desbaste térmico” deve-se a Binggeli (1997), que refere alguma experimentação deste tipo no sul de França, em folhosas de várias espécies e em pinhais, incluindo *Pinus pinaster*. Num pinhal bravo regenerado naturalmente no Massif des Maures, Rigolot (2000) estudou a mortalidade causada pelo fogo controlado, considerando-o uma técnica versátil cujo impacte é muito dependente das condições de utilização, e concluiu pela sua exequibilidade como técnica de primeiro desbaste. Em Portugal, Silva (1997) reportou a introdução do fogo controlado em pinhais de regeneração natural com 5 anos de idade no Alto Minho, com o propósito expresso de os desbastar.

Este trabalho descreve os resultados de um desbaste térmico em pinhal bravo, centrando-se no impacte em variáveis dendrométricas e estruturais, incluindo as implicações no âmbito da prevenção de incêndios. O desbaste térmico resultou de fogos realizados nos meses de Fevereiro e Março de 2000 para um estudo de modelação do comportamento e efeitos do fogo (Fernandes, 2002). O inventário decorreu em Setembro de 2004, sensivelmente quatro anos e meio após os fogos experimentais. Um incêndio percorreu a área no final desse mês, oferecendo uma oportunidade rara de examinar a efectividade de uma intervenção de silvicultura preventiva.

Metodologia

As queimas experimentais que originaram o desbaste térmico, de pequena dimensão (50-150 m²), contíguas e em número de oito, decorreram num pinhal bravo do Perímetro Florestal do Marão e Ordem, localizado na freguesia de Borbela, Vila Real, a 820 m de altitude. A encosta apresenta exposição SSO e declive médio de 17°. O pinhal, originado por regeneração natural após um incêndio e com estrutura irregular, tinha então 14 anos de idade e uma altura dominante de 7,8 m. O sub-bosque era dominado por um estrato contínuo de fetos (*Pteridium aquilinum*), cobrindo os arbustos (principalmente *Erica umbellata*, *E. cinerea* e *Chamaespartium tridentatum*) cerca de 30% do solo. A informação do parágrafo seguinte provém de Fernandes (2002).

As condições de queima foram conformes à prática do fogo controlado (Fernandes et al., 2002a), tendo a temperatura ambiente, a humidade relativa do ar, a velocidade do vento, a humidade do combustível fino e morto, e a humidade da manta morta em decomposição variado entre fogos nos intervalos de 7-15 °C, 43-85%, 2-5 km h⁻¹, 18-39%, e 96-180%, respectivamente. Contudo, à excepção de duas parcelas, o fogo progrediu livremente sob a acção do vento e do declive do terreno, contrariamente ao procedimento usual de condução de um fogo controlado. Assim, em quatro das oito parcelas, o comportamento do fogo excedeu a magnitude própria de um fogo controlado em ambiente arborizado, tendo a intensidade¹ média variado de 77 a 1458 kW m⁻¹. Em seis parcelas ocorreu mortalidade em indivíduos com DAP ≥ 2 cm, num total de 33 a 55% dos efectivos, tendo o DAP e altura máximos dos indivíduos mortos variado nos intervalos 1,6-11,6 cm e 1,9-7,1 m.

O inventário pós-fogo (2004) recorreu a duas parcelas circulares de 300 m², respectivamente na zona do desbaste térmico (D) e numa zona adjacente não intervencionada (T). Mediram-se os DAP e as alturas total e da base da copa viva dos pinheiros contidos no seu interior com mais de 1,30 m de altura, respectivamente com uma fita de diâmetros e um hipsómetro digital. Contabilizaram-se também os indivíduos mortos, mas apenas se mensurou o seu DAP. Com base nas medições computaram-se métricas descritivas do pinhal, incluindo o diâmetro (dd) e a altura dominantes (hd), que representam respectivamente a média do DAP e da altura das três árvores mais grossas na parcela. As árvores distribuíram-se por um de três níveis hierárquicos, de acordo com a definição da IUFRO: os andares superior, intermédio e inferior incluem as árvores

¹ Intensidade da frente do fogo de Byram (1959), a libertação de energia por unidade de comprimento da frente de chamas, calculada como o produto da velocidade de propagação do fogo, quantidade de combustível fino consumido, e calor de combustão (assumido o valor de 18 000 kJ kg⁻¹).

cujas alturas excedem 2/3, estão entre 1/3 e 2/3 e não alcançam 1/3 da h_d , respectivamente (Oliveira, 1985).

Em cada uma das parcelas de inventário realizaram-se três levantamentos da altura e coberto da vegetação do sub-bosque ao longo de um transecto linear com 10 m de comprimento. O combustível morto fino (diâmetro inferior a 6 mm) recolheu-se em *quadrats* de 0,07 m² (9 por parcela) após medição da espessura, e individualizando a folhada superficial (horizonte L), a folhada em decomposição (horizonte F) e os fetos. Delimitou-se em cada parcela uma área de 25 m² (5x5 m) subjectivamente julgada representativa, para colheita do combustível morto fino de transição, isto é, os ramos e agulhas suspensas entre o sub-bosque e a copa viva das árvores. Os pesos secos determinaram-se após estadia de 24 horas em estufa à temperatura de 85 °C. A conjugação do peso de cada amostra com a sua altura permitiu o cálculo da respectiva massa volúmica (kg m⁻³). A carga de combustível do estrato arbustivo e dos fetos vivos estimou-se de acordo com Fernandes et al. (2002b) com base na informação dos transectos.

Duas semanas após o incêndio de 29 de Setembro de 2004 mediram-se as marcas do fogo em 20 árvores dominantes e codominantes de cada parcela: altura de copa dessecada, definida pela altura média da linha que separa a folhagem castanha da folhagem verde, e alturas máxima e mínima de tronco enegrecido. A conjugação desta informação com os dados relativos ao combustível e à meteorologia permitiu inferências acerca do comportamento e severidade do fogo, obtidas com a ferramenta PiroPinus (Fernandes, 2003).

A comparação da vulnerabilidade ao fogo das áreas desbastada e testemunha recorreu ainda à simulação da velocidade de propagação de um fogo de superfície com o sistema Behave Plus (Andrews et al., 2004), antecedida pelo desenvolvimento e calibração (a partir dos fogos experimentais de 2000) de modelos de combustível para as duas situações. A intensidade do fogo estimou-se de acordo com a formulação original (Byram, 1959). A possibilidade de desenvolvimento de fogo de copas examinou-se com as equações de Van Wagner (1977) e Cruz et al. (2004).

Resultados e Discussão

Os efeitos do desbaste térmico na estrutura do pinhal são apresentados no Quadro I e Figura 1. Não ocorreu infestação por escolitídeos. Quatro anos e meio após os fogos,

a densidade na parcela D, 2800 árvores ha⁻¹, é apenas 58% da densidade na parcela T. Este importante decréscimo deve-se fundamentalmente a uma enorme redução da quantidade de indivíduos de DAP inferior a 2,5 cm, e a uma redução moderada no nº de indivíduos na classe dos 5 cm (Figura 1), enquanto em T a classe <2,5 cm representa 45% dos efectivos. Note-se no entanto que a densidade em D é ainda bastante elevada (mais do dobro) face ao que é preconizado pelos modelos de silvicultura (Oliveira et al., 2000). Uma intervenção mais precoce ou efectuada na Primavera (Rigolot, 2000), originariam maior mortalidade e um efeito mais interessante de rectificação da densidade.

O desbaste pelo baixo operado pelo fogo reflecte-se naturalmente numa perda significativa da importância relativa do andar inferior, que constitui 31% do efectivo em D quando em T ascende a 59% do total (Figura 1), e num aumento significativo ($p < 0,05$, teste de Tukey-Kramer HSD) e de 23% do espaço entre o solo e a base da copa (Quadro 1).

Quadro I. Caracterização dendrométrica das parcelas.

Parâmetros	Desbaste	Testemunha
N	2800	4828
G, m ² ha ⁻¹	32,5	27,9
G ₂ , m ² ha ⁻¹	27,9	26,0
hd, m	10,9	10,1
dd, cm	21,9	20,7
Hc, m	3,8 ± 0,5	3,1 ± 0,6

N = nº de árvores ha⁻¹; G = área basal; G₂ = área basal excluindo árvores inclinadas e partidas; hd = altura dominante; dd = diâmetro dominante; Hc = distância média da copa viva ao solo.

De acordo com uma tipologia de classificação da estrutura do pinhal bravo com base na dimensão das árvores (Fonseca, 2004), as parcelas têm dimensão irregular, pois o desvio padrão dos diâmetros supera 5,5 cm em ambos os casos (D – 5,7 cm; T – 6,2 cm). No entanto, como é visível na Figura 1, o desbaste térmico aproximou a distribuição diamétrica da parcela D da normalidade (o que é confirmado pelo teste de Shapiro-Wilk), enquanto que na parcela T a distribuição é tendencialmente decrescente (em forma de J invertido).

O efeito do fogo que observámos está bem documentado noutros estudos focados no pinheiro bravo (Ryan et al., 1994; Botelho et al., 1998; Rigolot, 2000), explicando-se

pela menor protecção do câmbio (devido à casca mais fina) e, principalmente, pela maior extensão do dano foliar — já que o volume de tecido fotossintético ao alcance do calor libertado pelo fogo é proporcionalmente maior — em plantas de menores dimensões. A maior representatividade da classe mais grossa (20 cm) na parcela D pode resultar do desbaste, sendo expectável que a eliminação dos indivíduos de menor porte tenha favorecido as árvores dominantes, a julgar pelos acréscimos de 6% no dd e de 8% na hd em D face a T (Quadro 1).

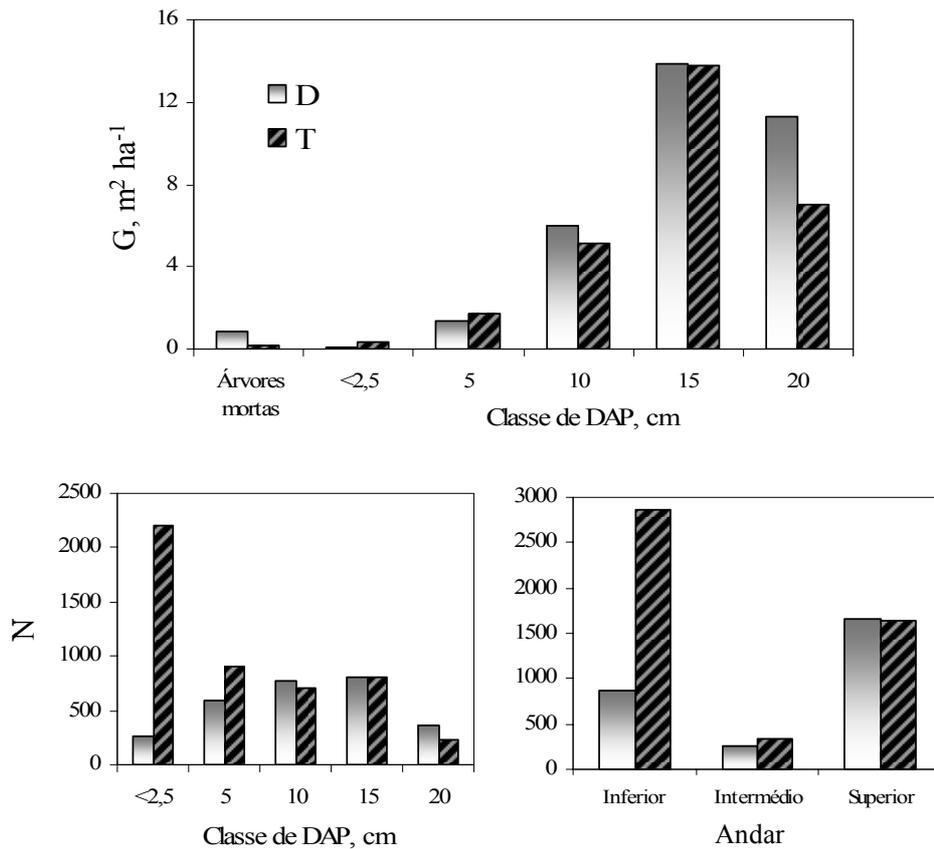


Figura 1. Repartição da densidade (G, N) por classe de DAP e da densidade (N) por andar arbóreo nas parcelas de desbaste (D) e testemunha (T).

A diferença de área basal entre T e D indica um aumento de 16% na zona intervencionada (Quadro 1), que se deve essencialmente à classe dos 20 cm (Figura 1). Tal exprime presumivelmente o benefício para as árvores sobreviventes da redução de competição, tal como num desbaste convencional, ao que se somarão os efeitos do fogo de aumento da disponibilidade de nutrientes (via diminuição da competição com o sub-bosque, fertilização e eventual estímulo do ciclo de nutrientes) e favorecimento do crescimento em árvores moderadamente desfolhadas (Botelho, 1996). Note-se porém

que ao excluir do cálculo de G os indivíduos inclinados e com a flecha ou o fuste quebrados a diferença entre T e D diminui para 7%, uma vez que esses problemas afectam 31% das árvores da parcela D mas apenas 18% das árvores da parcela T, provavelmente devido a reduções de vigor causadas pelo fogo; ainda assim a área basal na classe dos 20 cm em D supera em 44% o valor correspondente em T.

Ao contrário do que sucede num desbaste convencional, as árvores mortas pelo fogo permanecem em pé. Assim, inventariaram-se 933 indivíduos ha^{-1} nesta condição na parcela D, correspondendo a uma área basal de $0,8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, enquanto em T os valores correspondentes eram 100 ha^{-1} e $0,2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$.

Quadro II. Caracterização do complexo-combustível das parcelas (média \pm erro padrão).

Parâmetros	Desbaste	Testemunha
Altura dos fetos secos, cm	16 ± 5 a	24 ± 5 a
Carga de fetos secos, t ha^{-1}	$1,85 \pm 0,54$ a	$1,89 \pm 0,56$ a
Altura dos fetos vivos, cm	81 ± 3 a	85 ± 1 a
Coberto dos fetos vivos, %	56 ± 7 a	62 ± 8 a
Carga de fetos vivos, t ha^{-1}	0,71	0,82
Altura dos arbustos, cm	24 ± 3 a	56 ± 8 b
Coberto dos arbustos, %	4 ± 1 a	14 ± 8 a
Carga de arbustos, t ha^{-1}	0,36	2,09
Carga de folhada L, t ha^{-1}	$2,14 \pm 0,15$ a	$3,42 \pm 0,53$ b
Carga de folhada F, t ha^{-1}	$2,56 \pm 0,86$ a	$8,02 \pm 1,35$ b
* Massa volúmica, kg m^{-3}	$3,2 \pm 0,5$	$2,4 \pm 0,3$
Carga de combustível de transição, t ha^{-1}	0,42	1,61

* Do estrato folhada L e fetos secos, vector de propagação do fogo. As médias que na mesma linha sejam seguidas de letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$, teste de Tukey-Kramer HSD).

O Quadro II descreve quantitativamente o complexo-combustível, que é dominado visualmente por um estrato de fetos vivos pouco expressivo em carga de combustível. Devido fundamentalmente às diferenças existentes no horizonte F da folhada e no estrato arbustivo, a carga total de combustível fino alcança $8,0 \text{ t ha}^{-1}$ em D mas é substancialmente superior em T ($17,8 \text{ t ha}^{-1}$); o combustível de transição e a folhada L contribuem em menor grau para a superior acumulação de combustível na parcela T. A combinação da folhada superficial com os fetos secos e acamados deverá constituir o vector primário de propagação de um fogo, não havendo diferença significativa ($p > 0,05$) entre a compactação (inferida da massa volúmica) das duas parcelas.

Estatisticamente, apenas os parâmetros carga da folhada F, carga da folhada L e altura dos arbustos diferem entre D e T.

O incêndio de Setembro de 2004 permitiu comparar a combustibilidade e vulnerabilidade ao fogo das parcelas de estudo. No Quadro III figuram os respectivos efeitos e comportamento do fogo, observados e estimados. No dia 29 de Setembro o índice de risco de incêndio em Vila Real foi elevado (FWI=28, de acordo com o Instituto de Meteorologia), mas o fogo deflagrou à noite e apenas atingiu as parcelas por volta das 22:00 h, portanto sob condições meteorológicas substancialmente diferentes (velocidade média do vento, 3 km h⁻¹; temperatura ambiente, 13 °C; humidade relativa do ar, 60%; humidade do combustível morto fino, 11%;). Adicionalmente, a progressão do incêndio na área de estudo fez-se contra o vento e o declive, o que explica a sua reduzida intensidade.

Quadro III. Comportamento do incêndio de Setembro de 2004 e seus efeitos nas árvores dominantes e codominantes (média ± erro padrão).

Parâmetros	Desbaste	Testemunha
Comprimento da chama, m	1,4 ± 0,1 a	2,0 ± 0,1 a
Intensidade de Byram, kW m ⁻¹	197 ± 13 a	368 ± 14 b
Altura de copa dessecada, m	5,8 ± 0,2 a	8,8 ± 0,2 b
*Altura relativa de dessecação da copa	0,57 ± 0,03 a	0,86 ± 0,02 b
**Altura de tronco chamuscado, m	1,5 ± 0,1 a	2,7 ± 0,1 a

* Em proporção da altura total das árvores. ** Média do mínimo e máximo em cada árvore.

As médias que na mesma linha sejam seguidas de letras diferentes são significativamente diferentes (p<0,05, teste de Tukey-Kramer HSD).

Os descritores do comportamento e severidade do incêndio são significativamente diferentes entre D e T (p<0,05, Quadro III), em consonância com os resultados do inventário de combustíveis. A intensidade do fogo quase duplicou na testemunha, motivando um acréscimo de 52% na extensão vertical de dessecação foliar da copa, e estimando-se a consequente morte de 45% das árvores do andar superior. Na parcela D prevê-se a sobrevivência total das árvores, e um impacte relativamente reduzido no seu crescimento.

A simulação do comportamento do fogo para o declive do terreno no local, condições severas de secura estival (humidade do combustível morto, 4-6 %; humidade do combustível arbustivo vivo, 85%; humidade dos fetos vivos, 150%) e um gradiente de velocidades do vento de superfície (0-20 km h⁻¹) aponta para um fogo três a quatro

vezes mais intenso na testemunha. Na prática, importa averiguar em que condições o complexo-combustível permitiria o desenvolvimento de um fogo de copas, dado o seu carácter destrutivo e dificuldade de supressão. De acordo com Van Wagner (1977), qualquer fogo nas condições ambientais supracitadas se transmitiria ao copado da parcela T, enquanto que em D tal sucederia com ventos de superfície (no interior do povoamento) a partir de 4 km h^{-1} . Os resultados do modelo de Cruz et al. (2004) são similares, indicando 2 km h^{-1} (T) e 11 km h^{-1} (D) como limiares da velocidade do vento (no exterior do povoamento a 10 m de altura) para a ocorrência de um fogo de copas. Trata-se de ventos relativamente fracos, donde se conclui que a prevenção efectiva de um fogo de copas exigiria maior descontinuidade vertical na formação, de preferência combinada com uma carga de combustível inferior.

Conclusão

A desrama e o desbaste de povoamentos florestais melhoram quantitativa e qualitativamente a produção lenhosa. No âmbito da silvicultura preventiva estas operações visam reduzir a vulnerabilidade da formação ao incêndio, reduzindo o potencial de desenvolvimento de um fogo de copas. Desramar, e especialmente desbastar, diferem marcadamente nas suas características dependendo da finalidade, produtiva ou de protecção florestal. Neste caso de estudo, e quatro anos e meio após a aplicação do fogo, foram evidentes os benefícios em ambas as vertentes.

O desbaste pelo baixo que resultou da intervenção favoreceu tendencialmente o desenvolvimento das árvores dominantes e codominantes e fez crescer a área basal em relação à testemunha. A intensidade potencial de um fogo de superfície diminuiu com a redução da carga de combustível, e a descontinuidade vertical do pinhal aumentou notoriamente, por eliminação de uma porção substancial dos indivíduos do andar inferior e do combustível suspenso, e por desfolha parcial dos andares intermédio e superior.

O fogo opera selectivamente em função da morfologia individual, pelo que só será efectivo na limpeza de formações com uma variação razoável de diâmetros e dimensões; caso contrário a grande maioria dos indivíduos sucumbirá ou sobreviverá. As desvantagens de um desbaste térmico face a uma limpeza convencional são evidentes, nomeadamente a pouca precisão na selecção dos indivíduos a eliminar e na definição da densidade residual, e a quase ausência de controlo sobre o espaçamento das

árvores. O fogo controlado constitui no entanto uma forma relativamente pouco onerosa de intervenção extensiva em manchas de pinhal bravo originadas por regeneração natural. O seu interesse é evidente dada a tolerância da espécie ao fogo de intensidade reduzida a moderada, especialmente onde outras soluções estejam à partida excluídas por limitações de recursos disponíveis, apetência para investir ou mão-de-obra.

Agradecimentos

Aos técnicos Délio Sousa, Carlos Brito e Carlos Fernandes do Departamento Florestal da UTAD, pela participação no trabalho de campo. À Natália Baptista, pela participação no trabalho laboratorial. O estudo insere-se na actividade 06 do projecto AGRO 372/2003090023072 – Experimentação e Demonstração de Técnicas Silvícolas e de Gestão Sustentável em Pinhal Bravo.

Referências

- Andrews, P., Bevins, C., Seli, R., 2004. BehavePlus Fire Modeling System: User's Guide. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-106WWW. Ogden.
- Binggeli, F. 1997. Elagage et éclaircie thermiques en DFCI. *Forêt Méditerranéenne* 18(4): 318-326.
- Botelho, H.S. 1996. Efeitos do Fogo Controlado em Árvores de Povoamentos Jovens de *Pinus pinaster* Ait. Tese de Doutoramento. UTAD, Vila Real.
- Botelho, H.S., Rego, F.C., Ryan, K.C. 1998. Tree mortality models for *Pinus pinaster* of Northern Portugal. In Proc. 13th Conf. on Fire and Forest Meteorology, IAWF. pp. 235-240.
- Burrows, N., Woods, Y., Ward, B., Robinson, A. 1989. Prescribing low intensity fire to kill wildings in *Pinus radiata* plantations in Western Australia. *Australian Forestry* 52(1): 45-52.
- Byram, G.M. 1959. Combustion of forest fuels. In Forest Fire: Control and Use, Davis, K.P. (Ed.), McGraw-Hill, New York. pp. 90-123.
- Cruz, M.G., Alexander, M.E., Wakimoto, R.H. 2004. Modeling the likelihood of crown fire occurrence in conifer forest stands. *Forest Science* 50(5): 640-658.

- Fernandes, P.M. 2002. Desenvolvimento de Relações Preditivas para Uso no Planeamento de Fogo Controlado em Povoamentos de *Pinus pinaster* Ait. Tese de Doutoramento, UTAD, Vila Real.
- Fernandes, P., Botelho, H., Loureiro, C. 2002a. Manual de Formação para a Técnica do Fogo Controlado. UTAD, Vila Real.
- Fernandes, P., Loureiro, C., Botelho, H., Ferreira, A., Fernandes, M. 2002b. Avaliação indirecta da carga de combustível em pinhal bravo. *Silva Lusitana* 10(1): 73-90.
- Fernandes, P. 2003. Sistema de apoio ao planeamento, execução e avaliação do fogo controlado em pinhal bravo. In Actas da I Jornada Técnica de Modelação Florestal. ISG, CIGest, Lisboa. pp. 33-34.
- Fonseca, T. 2004. Modelação do Crescimento, Mortalidade e Distribuição Diamétrica, do Pinhal Bravo no Vale do Tâmega. Tese de Doutoramento. UTAD, Vila Real.
- Johansen, R., Wade, D. 1987. An insight into thinning young slash pine stands with fire. In Proc. 4th Biennial Southern Silvicultural Research Conf., Phillips, D.R. (Comp.), USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. SE-42, Asheville. pp. 103-106.
- Lloyd, F.T., Waldrop, T. 1999. Backburning as an alternative to traditional pre-commercial thinning. *Tree Farmer*, May/June, p. 16 e 36.
- Morris, W.G., Mowat, E.L. 1958. Some effects of thinning a ponderosa pine thicket with a prescribed fire. *Journal of Forestry* 63: 248-252.
- Oliveira, A.C. 1985. Teoria da Produção Florestal. 2ª edição. E/84-2, CEF, ISA, Lisboa.
- Oliveira, A.C., Pereira, J.S., Correia, A.V. 2000. A Silvicultura do Pinheiro Bravo. Centro Pinus, Porto.
- Ryan, K.C., Rigolot, E., Botelho, H. 1994. Comparative analysis of fire resistance and survival of Mediterranean and North-American conifers. In Proc. 12th Conf. Fire and Forest Meteorology, SAF Pub. 94-02, Soc. Am. For., Bethesda. pp. 701-708.
- Silva, J.M. 1997. Historique des feux contrôlés au Portugal. *Forêt Méditerranéenne* 18(4): 299-310.
- Van Wagner, C.E. 1977. Conditions for the start and spread of crown fire. *Canadian Journal of Forest Research* 3: 373-378.
- Wade, D.D. 1993. Thinning young loblolly pine stands with fire. *International Journal of Wildland Fire* 3: 169-178.