



Avaliação do impacto do fogo controlado na vulnerabilidade dos solos florestais - uma contribuição

ANA C. MEIRA CASTRO^{1,2}, JOÃO PAULO MEIXEDO^{1,2,3}, ANTÓNIO VIVAS⁴

¹Centro de Investigação em Geo-Ambiente e Recursos, CIGAR|FEUP, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

²Laboratório de Engenharia Matemática, LEMA|ISEP, Instituto Superior de Engenharia do Porto

³Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada, LABCARGA|ISEP, Instituto Superior de Engenharia do Porto

⁴Autoridade Florestal Nacional, AFN|MADRP, Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas



1. ENQUADRAMENTO

A floresta portuguesa constitui um dos pilares do desenvolvimento económico e social do País e enfrenta dificuldades de gestão face à incerteza associada à sanidade florestal, à economia do futuro e ao clima. A sustentabilidade dos recursos florestais requer, entre outras acções, medidas de preservação dos georecursos e de garantia da diversidade biológica e da fruição estética das florestas. Na floresta, o fogo é um fenómeno ecológico natural. Contudo, a maioria dos incêndios florestais que ocorrem anualmente em Portugal possuem uma natureza antropogénica inequívoca, não só pela origem das ignições mas também pela natureza do coberto vegetal, fortemente determinado pela intervenção humana. As consequências ambientais que se verificam após a ocorrência de um incêndio são indesejáveis reflectem-se em prejuízos

nos solos até então protegidos pelo coberto florestal.

Como prática habitual de prevenção dos incêndios florestais, entidades públicas e privadas recorrem frequentemente a métodos de controlo da carga combustível disponível nas florestas, sendo os métodos mais comuns os fogos controlados e o corte/desbaste mecânico. Vários estudos apontam que estas acções são vantajosas porquanto se verifica uma relação directa entre a redução da carga combustível e a redução do número de incêndios no Verão.

A técnica do fogo controlado consiste numa aplicação deliberada de fogo, com vista a eliminar parte da carga combustível da floresta, nomeadamente a matéria mais facilmente inflamável, tal como espécies herbáceas e arbustivas que ardem com maior facilidade. O fogo controlado, aplicado dentro de condições ambientais e meteorológicas adequadas, tem vindo a ser desenvolvido como ferramenta de gestão dos combustíveis, con-

tribuindo para que se olhe para o fogo não apenas como uma fatalidade. Sob pontos de vista tão distintos como o operacional ou o ambiental, trata-se pois de uma técnica muito vantajosa porque de uma forma expedita e relativamente económica, se admite que seja, na maioria dos casos, a mais adequada em termos ecológicos.

Portugal é afectado pelas alterações climáticas, traduzidas num aumento quer da variabilidade anual dos valores de temperatura e de precipitação quer num aumento da duração e intensidade dos períodos de seca e cheias e na maior frequência de ocorrência de fenómenos climáticos extremos. É sabido que a capacidade de recuperação de solos florestais após um incêndio depende das condições climáticas, do tipo de solo, do declive e da vegetação em presença. Neste contexto, é de considerar a hipótese do fogo controlado ter também, embora em grau muito menor por comparação com os efeitos de um incêndio,

uma influência na capacidade de recuperação dos solos, com implicações significativas na erosão, na qualidade dos cursos de água e na recarga de aquíferos.

Fazendo um paralelo com o enorme leque de trabalho científico levado a cabo dentro da temática dos incêndios e fogos florestais, pode considerar-se diminuta a investigação levada a cabo na temática do impacto do fogo controlado no solo florestal. Neste contexto de alguma incerteza na previsão das alterações climáticas, e dado que a legislação portuguesa prevê a utilização do fogo controlado como técnica de gestão florestal, a investigação dos efeitos desta ferramenta de gestão dos espaços florestais sobre os solos, de forma holística e esclarecida, é não só extremamente oportuna como urgente para uma gestão florestal de forma eficiente e honrosa dos compromissos internacionais assumidos por Portugal no âmbito de uma estratégia de Desenvolvimento Sustentável. Com este enquadra-

mento, uma equipa multidisciplinar sediada no ISEP, envolvendo engenheiros civis, geotécnicos e químicos, e ainda geólogos, hidrogeólogos e matemáticos tem vindo a desenvolver trabalho de investigação e modelação em torno desta temática.

2. EFEITOS DO FOGO CONTROLADO SOBRE OS SOLOS FLORESTAIS

O solo florestal, que pode ser definido como uma mistura heterogénea de matéria mineral, ar, água, matéria vegetal e animal e matéria orgânica decomposta ou em decomposição, apresenta-se não apenas como suporte para a vegetação, mas também como zona de numerosas interações entre o material mineral e a vida animal e vegetal - microrganismos, plantas e animais. Simultaneamente, o solo intervém na definição do próprio clima no que à circulação e retenção de água e ar diz respeito. O solo apresenta-se, assim, como um sistema gerador de processos dinâmicos que, aliados à própria genética permanentemente evolutiva sob o ponto de vista geológico, revelam uma elevada complexidade traduzida essencialmente em três níveis: i) físico-estruturais - relacionados com a distribuição de frequência de tamanhos de agregados, ii) biológicos - relacionados com a disponibilidade e decomposição da matéria orgânica, iii) evolutivos - relacionados com as variações da disponibilidade de água, ocorrência de erosão, etc. Neste contexto, resulta evidente que a introdução de fogo, como um agente externo a este sistema, vai provocar entropia no solo e, consequentemente, alterar o estado natural da floresta.

O grau de aquecimento do solo depende da magnitude e duração do fogo. Um fogo em movimento rápido, tal como é o caso do fogo controlado, pode libertar uma enorme quantidade de calor mas transferir baixa energia. As temperaturas a que os solos florestais são submetidos durante o fogo controlado são, em grande parte, restritas à camada mais superficial do solo. É consensual

admitir-se que cerca de 8 a 10% do calor gerado durante um incêndio florestal é irradiado em direcção ao solo, sendo esse valor ainda mais baixo quando se trata de um fogo controlado. Neste contexto, e uma vez que a maior parte dos nutrientes e da actividade de organismos no solo está concentrada nos primeiros 10 a 15 cm em se tratando de camada superficial orgânica e nos primeiros 6 a 10cm no caso de um solo essencialmente mineral, este ligeiro e breve aquecimento dessa região do solo, por si só, é responsável por mudanças directas nas propriedades do solo as quais influenciarão directamente a capacidade do solo para absorção e retenção de água com repercussões nas plantas e outras formas de vida.

A matéria orgânica parcialmente decomposta associada a solos florestais pode armazenar cerca de cinco vezes o seu peso em água e, como cobertura, ela retarda efectivamente a perda de água por evaporação e ajuda a regular a temperatura do solo florestal. Em simultâneo, a presença de insectos e microrganismos contribui na digestão da matéria orgânica para libertação de nutrientes que se agregam às partículas minerais ajudando a reforçar a estrutura do solo e a aumentar o volume de vazios do solo, o que, por sua vez, permite aumentar a sua disponibilidade de ar e água. Neste contexto, a alteração da quantidade de matéria orgânica viva e da vida animal associada ao sistema florestal em presença constitui uma das mais importantes consequências das acções de fogo controlado sobre os solos florestais uma vez que esta redução de matéria orgânica vai influenciar as temperaturas do solo, a disponibilidade de nutrientes e do fluxo de ar e água com e sobre o solo, que, colectivamente, vão também influenciar a produtividade da floresta e a estabilidade do solo.

O consumo de vegetação florestal pelo fogo conduz, forçosamente, a uma perda da protecção do solo, a um aumento das zonas sem sombras e a uma acumulação à superfície de resíduos queimados. Estas alterações



influenciam, inevitavelmente, a temperatura do solo com repercussões importantes na manutenção do sistema florestal.

De facto, sem vegetação protectora, o solo está sujeito a um aumento da sua amplitude térmica, quer diária quer sazonal, pois sem materiais de isolamento o calor penetra no solo mais facilmente durante o dia e dissipa-se mais rapidamente do solo durante a noite. Assim, esta perda substancial de isolamento do solo florestal pode, por um lado, aumentar a frequência de ciclos de congelação e descongelação de solos, o que tende a comprometer a sua estrutura e a das plantas e, por outro lado, aumentar a actividade microbiana, aumentando ainda mais a decomposição e libertação de nutrientes dos locais queimados. Esta libertação de nutrientes nem sempre se traduz num ganho, na medida em que, embora possa facilitar o crescimento de plantas numa fase imediatamente pós-fogo, pode também conduzir a um empobrecimento do solo quando, por lixiviação, os nutrientes solúveis em excesso são arrastados da zona de enraizamento.

Os efeitos na alteração da temperatura dos solos em consequência de fogo podem perpetuar-se por meses ou anos, dependendo da severidade da acção. Sendo expectável que, quanto mais dramáticas forem as mudanças no regime de temperatura, maior será a probabilidade de alteração da fauna e flora assim, estes efeitos serão tanto mais adversos quando se trata de incêndio em oposição ao fogo

controlado.

As plantas têm exigências nutricionais mínimas diárias, sendo que para um desenvolvimento ideal precisam de entradas relativamente grandes de nitrogénio, fósforo, enxofre, potássio, ferro, cálcio e magnésio. Embora indispensáveis, o zinco, o manganês, o cobalto, o molibdénio e o níquel são necessários apenas em quantidades vestigiais. As taxas de sobrevivência, crescimento e reprodução de vegetação florestal são ditadas principalmente pela disponibilidade desses elementos vitais no solo.

A queima de vegetação consiste numa grande reacção química com produção de calor e promoção da libertação de diversos elementos químicos. A maioria das substâncias químicas libertadas pela acção do fogo são, embora a taxas muito mais elevadas, essencialmente as mesmas que as libertadas durante o processo de decomposição microbiana habitualmente em curso nos solos e podem ter diversos destinos.

Se estas alterações na disponibilidade de nutrientes no solo forem duradouras, certamente influenciarão positivamente o crescimento das plantas e, por extensão, a natureza global das florestas queimadas. Contudo, nem sempre tal é garantido uma vez que não é possível dissociar deste fenómeno as demais alterações no solo entretanto ocorridas, em particular a amplitude de alteração da temperatura do solo e dos fluxos de água, as quais podem, a prazo, comprometer a renovação da flora e levar à ero-



são e desertificação dos solos.

Pelo anteriormente exposto, resulta claro que o uso do fogo promove alterações na disponibilidade de nutrientes, alterações essas que podem determinar enormes impactos no desenvolvimento do ecossistema florestal. Apesar da maior parte dos nutrientes minerais ocorrer naturalmente na rocha-mãe dos solos florestais, todas as entradas de azoto no ecossistema estão associadas a trocas com a atmosfera. Neste contexto, de entre os nutrientes mais vulneráveis às acções do fogo, o nitrogénio é aquele que mais se destaca merecendo, por isso, uma atenção mais detalhada.

A quantidade de nitrogénio inorgânico libertado pelo fogo depende da quantidade de biomassa que é consumida, sendo esse consumo muito maior quando se trata de um incêndio em comparação com um fogo controlado. Um incêndio pode consumir cerca de 90 a 95% da biomassa ao passo que num fogo controlado esse consumo não deve ultrapassar os 60 a 65%. Embora parte deste nitrogénio seja perdido para a atmosfera por volatilização e outra integre as cinzas e partículas de fumo, uma parte significativa é convertida em nitritos ou nitratos e seguirá o seu ciclo até ser novamente fixado pelas plantas. Esta fixação do nitrogénio pelas plantas resulta de uma estreita relação entre fauna e flora, pelo que, após um fogo controlado recente, é expectável haver um aumento de nitrogénio inorgânico, não unicamente devido à

redução física da fauna e flora entretanto queimada, mas também devido ao aumento da actividade microbiana no solo agora mais quente e mais alcalino. Este incremento de nitrogénio disponível irá incentivar, num curto prazo, o desenvolvimento de algumas plantas as quais, uma vez em abundância, promoverão actividade microbiana no solo. Contudo, é de considerar a hipótese de, caso não seja atempadamente integrado nos tecidos de novas plantas, todo o excesso de nitrogénio entretanto alcançado poder ser lixiviado, o que acontece sempre que se trata de um incêndio ao contrário do que acontece quando se trata de um fogo controlado.

Todas as formas de vida de um solo florestal dependem de um fornecimento constante de ar e água e de todos os nutrientes essenciais. Estes elementos estão disponíveis para as raízes das plantas e microrganismos do solo através de uma rede de poros que permitem a constante difusão destes fluidos. Contudo, esta porosidade do solo pode ser diminuída, fundamentalmente, devido à incineração da matéria orgânica, à remoção das camadas protectoras superficiais de matéria orgânica por acção das chuvas e à libertação de hidrocarbonetos a partir de matéria orgânica.

Qualquer redução na porosidade do solo da floresta pode comprometer a sua produtividade ao afectar a sua acção de "esponja", isto é, a capacidade de absorver e reter humidade. Essa diminuição da capacidade de absorção e retenção de água

por parte dos solos florestais ocorre sempre como consequência de fogo, na medida em que há uma redução do coberto vegetal.

Em geral, os danos provocados no solo pelo impacto das chuvas num solo submetido a um fogo controlado são menos graves do que em se tratando de um solo submetido a um incêndio. Todavia esse estudo não deve ser negligenciado na medida em que existe sempre uma redução da matéria orgânica e, conseqüentemente, da capacidade de amortecimento. O impacto das gotas de chuva pode ser responsável pela redução do número de poros, por ruptura de partículas e de terra e por entupimento desses vazios com partículas finas, incluindo cinzas. Tudo isto resultará numa diminuição da capacidade de retenção de água e, conseqüentemente de um aumento do escoamento superficial, o que por si também contribui para a erosão da superfície do solo.

Num clima mediterrâneo como o nosso, os solos das florestas caracterizam-se por permitirem uma boa taxa de infiltração da água das chuvas e apresentarem relativamente diminutas taxas de escorrência. Todavia, após um incêndio, e devido à série de conseqüências que tem vindo a ser explanadas, o escoamento superficial pode aumentar, indo acelerar os processos de erosão, podendo levar ao deslizamento de massas terrosas ou mesmo rochosas, especialmente em zonas de encosta mais acentuada. A intensidade da erosão e conseqüente transporte do solo, por acção conjunta de vento e água, será directamente proporcional à intensidade do fogo e da eventual posterior precipitação. A inexistência de vegetação em zonas em que a combustão tenha sido mais intensa vai permitir o choque directo das gotas no solo, propiciando uma primeira erosão por salpicos, mas abrindo também portas a uma ulterior erosão provocada pela escorrência de grandes quantidades de água e detritos, que provocam o arranque de material e conseqüentes transporte e deposição noutros locais. Todavia, como a severidade da queima no caso do fogo controlado é menor, a probabilidade de ocorrência dos riscos supra mencionados será muito menor quando comparada com o caso de um incêndio.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não obstante o fogo controlado estar devidamente enquadrado na legislação portuguesa (Dec. Leinº124/2006, de 28 de Junho, alterado pelo Dec. Lei 17/2009 de 14/01) e estatísticas recentes apontarem para o facto de esta técnica ser adequada para prevenção de incêndios florestais de grande intensidade, a verdade é que escasseiam os suportes técnico-científicos que sustentem a assumpção de que forma esta técnica contribui ou não para a sustentabilidade da floresta. Neste contexto, a monitorização com fins científicos de zonas florestais intervencionadas com esta técnica de redução de massa combustível é não só oportuna como imprescindível porquanto fornecerá dados essenciais para uma eficiente gestão dos recursos florestais, e que honre os compromissos internacionalmente assumidos por Portugal no âmbito de uma estratégia de Desenvolvimento Sustentável. **IA**

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Agência Portuguesa do Ambiente (2007), Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável
- [2] CNADS (2001), Parecer sobre o Programa Nacional para as Alterações Climáticas. Conselho Nacional do Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável
- [3] CNADS (2001), Reflexão sobre a sustentabilidade da política florestal nacional. Conselho Nacional do Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável
- [4] Cruz, H. Freitas, A.C. Oliveira, J.M.C. Pereira, R.M. Reis, & M.J. Vasconcelos (2002), Forests and biodiversity, in Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts, and Adaptation Measures, edited by F.D. Santos, Forbes, K., Moita, R., pp. 363-413, Grávida, Lisboa
- [5] Direcção Geral das Florestas (1999), Critérios e Indicadores de Gestão Florestal Sustentável ao Nível da Unidade de Gestão
- [6] Direcção Geral dos Recursos Florestais (2008), Estratégia Nacional para as Florestas
- [7] Neary, D.G., C.C. Klopatek, L.F. DeBano, and P.F. Ffolliott. 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management* 122:51-71.