

# Porque ardem as florestas

M A R I A F I L O M E N A C A M Õ E S \*

Amor é fogo que arde sem se ver,  
É ferida que dói e não se sente...

in Lusíadas  
Luís de Camões  
(1524- 10 de Junho 1580)

Recentemente, num jornal diário, lia-se:

- Incêndios que se iniciam de manhã são mais difíceis de combater,
- Os maiores incêndios iniciam-se entre as 12 h e as 16 h,
- A maioria dos incêndios é extinta à noite.

Nestes termos factuais, com imenso conteúdo científico escondido, a comunicação social, dá-nos conta dos incêndios florestais que, com maior incidência em algumas regiões do Globo, nomeadamente Portugal, Verão após Verão, espalham a destruição e a dor. Fala-se em actos criminosos, em matas por limpar, em floresta desordenada, em descargas eléctricas de trovoadas ou de linhas de alta tensão, em pontas de cigarro, em focos ópticos de pedaços de vidro, em falta de medidas de vigilância e ataque aos incêndios, etc. Tudo é verdade, mas poderá não ser o principal e, de qualquer modo, não tem sido o suficiente para evitar e combater a catástrofe. Melhor que combater é prevenir, e para isso, é fundamental que se recorra a todo o conhecimento existente para avaliação do risco de incêndio e definição de índices que traduzam quantitativamente esse risco. Na época de Verão de 2005 começaram a ser divulgados com os boletins meteorológicos televi-

vos, sinais de alerta para as diferentes regiões, na forma de sinais luminosos, vermelho, laranja e verde.

Para que haja fogo têm de ser reunidas três condições: existir o que arda, isto é, combustível; atmosfera comburente; e condições de temperatura capazes de despoletar e manter a reacção entre comburente e combustível.

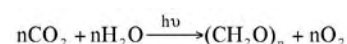
A matéria combustível está na floresta, é a madeira e as folhas, materiais não voláteis que ardem acima de 65° C, mas são também as substâncias orgânicas voláteis, VOC, que a vegetação liberta para a atmosfera. Dessa forma se constitui um meio combustível contínuo que se estende em altitude, de compostos que são capazes de se inflamar a temperaturas pouco superiores à temperatura ambiente, com uma qualquer fonte de aquecimento, por exemplo, um carro que se estaciona na berma da estrada com o motor quente da marcha. Na floresta portuguesa, maioritariamente de pinheiros e eucaliptos, são especialmente abundantes terpenos (C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>) e isoprenos (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>), capazes de arder espontaneamente por aquecimento, não necessariamente por contacto com uma chama.

Dos três ramos do triângulo do fogo, aquele que pouco ou nada tem sido discutido é o do comburente, o oxigénio atmosférico, O<sub>2</sub>.

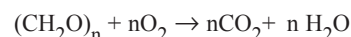
O ar atmosférico, além de quantidades variáveis de vapor de água, é uma mistura de cerca de 21% de oxigénio (O<sub>2</sub>), 78% de azoto (N<sub>2</sub>) e 0,9% de Árgon (Ar), e outros gases minoritários, dos quais o que está presente em maior quantidade é o dióxido de carbono

(CO<sub>2</sub>), com cerca de 0,035%. Quando a composição em oxigénio baixa para 15%, cessam as combustões; por outro lado, subindo para 25%, até a matéria orgânica molhada arde.

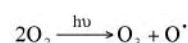
As florestas são os “pulmões” do Mundo, contribuindo para a renovação do oxigénio atmosférico através da recção de fotossíntese,



É de dia, pela acção da luz solar que há os grandes fluxos de oxigénio para a atmosfera. De noite, a vegetação não só não produz, como consome oxigénio pela respiração e outros processos de oxidação,



Ao longo dos anos tem-se verificado na atmosfera baixa, ou seja na troposfera (0 a ≈16 km de altitude), um aumento sistemático da composição de um dos principais poluentes atmosféricos, o ozono (O<sub>3</sub>),



A formação e destruição de ozono acontecem num complexo conjunto de reacções fotoquímicas. Prevê-se que, apesar das medidas restritivas em relação aos veículos automóveis e às instalações industriais, que levaram a uma diminuição generalizada da produção de precursores de ozono (Portugal é uma das poucas excepções, em que se verificou no período de 1990-1998, o maior aumento, superior a 20%), as concentrações de fundo de ozono no

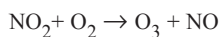
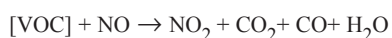
\* Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (fcamoes@fc.ul.pt)

hemisfério norte continuam a aumentar 1% ao ano.

As concentrações de fundo encontradas para o ozono variam, de forma geral, em torno de algumas dezenas de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , e, tal como seria de esperar de um poluente fotoquímico, com a hora do dia, a época do ano e a latitude. Dado que a radiação solar é mais intensa nas regiões tropicais, é aí que a maior parte do ozono global é formado, sendo no entanto, transportado para as regiões polares onde tende a acumular-se. As florestas são os principais emissores de VOC, precursores de ozono, havendo registos em algumas regiões dos Estados Unidos da América, de aumentos de 6 a 25% das emissões de VOC por década. É positivo o facto de o ozono destruir microorganismos patogénicos; produzindo VOC as árvores protegem-se dos insectos. No entanto, concentrações elevadas afectam as vias respiratórias e danificam as plantas. O ozono é, paralelamente, um importante gás de estufa, um dos reagentes da formação de nevoeiro fotoquímico, oxidando hidrocarbonetos a ácidos, aldeídos e cetonas.

O ozono mais fortemente oxidante que oxigénio molecular decompõe-se nele, contribuindo para maior enriquecimento da atmosfera neste comburente. Aumenta a temperatura das chamas, contribuindo para uma maior produção, volatilização e difusão dos VOC, numa espiral de fogo que se auto-alimenta em todos os três componentes, combustível, comburente e temperatura.

A presença de óxidos de azoto,  $\text{NO}_x$  (mistura  $\text{NO} + \text{NO}_2$ ), resultado da reacção entre oxigénio e azoto atmosféricos, fruto de intensa actividade antropogénica, constitui outro problema grave de poluição, que potencia o fenómeno. Apesar de não serem consumidos no processo, os óxidos de azoto comportam-se como catalisadores do processo de produção de ozono pelos VOC



Enquanto são consumidos no processo, os VOC regeneram  $\text{NO}_x$ , pelo que, uma pequena concentração de  $\text{NO}_x$  pode

contribuir para a formação de elevadas quantidades de ozono.

Existem modelos de avaliação de índices de risco de incêndio, estritamente meteorológicos que levam exclusivamente em conta temperatura, humidade, precipitação e vento. São manifestamente insuficientes, levando a aparentes paradoxos de regiões de supostamente baixo risco, isto é, símbolo verde, com temperaturas relativamente baixas e elevado grau de humidade, em que as florestas ardem e, por outro lado, zonas muito secas e com temperaturas mais elevadas, em que o índice dá sinal vermelho, mas em que nada ou pouco arde, porque, de tão secas, pouco ou nada há para arder. A decisão sobre atribuição a uma dada região de um sinal vermelho, laranja ou verde, tem que assentar num conjunto de dados com mais elevado conteúdo de informação. Mais realistas são os modelos avançados que também integram informação sobre o tipo e o estado da vegetação. São escassos, ou inexistentes, registos de concentrações de VOC e de ozono em áreas de risco. Medições de parâmetros químicos caracterizadores da qualidade da atmosfera servirão igualmente de suporte à política florestal, não só em termos de variedades de espécies florestais, como no que se refere à sua disposição no terreno e densidade de arborização; os grandes fogos da Amazónia aconteceram quando se abriram clareiras na floresta, o que permitiu a circulação de gases combustíveis e comburentes. Dada a flagrante evidência de forte correlação entre características oxidantes da atmosfera e risco de fogo, deverá proceder-se a uma reclassificação das variáveis de risco, devendo os modelos de cálculo de índices de risco de incêndio integrar as condições de inflamabilidade dos combustíveis florestais, passando a introduzir designadamente, concentrações de VOC e de ozono. Para tanto, impõe-se o desenvolvimento de processos de medição práticos e expeditos e a implementação de programas coerentes de medição, de forma a permitir desenvolver e validar modelos de cálculo mais fiáveis e úteis para a definição de estratégias de controlo e tomada de opções técnicas de prevenção e combate de incêndios. Num conservadorismo

demasiadamente estático, estas têm-se resumido à adição de água, fundamentalmente do solo, provocando arrefecimento e cortando o acesso de oxigénio atmosférico. Métodos novos e mais eficientes para atacar incêndios deverão complementar os que actualmente são usados. A composição química das atmosferas recomenda ataque aéreo, com dispersão sobre as áreas de fogos florestais, não apenas de água, mas de soluções ou suspensões de substâncias convenientemente seleccionadas, que à acção de arrefecimento e de lavagem da água, acrescente a remoção adicional, física e química de combustíveis e comburentes; adsorventes ou agentes de nucleação que agreguem gases promovendo a sua deposição, e espécies químicas que possam ser oxidadas por ozono e oxigénio, logo reduzindo-os. Algumas práticas, pouco fundamentadas, referem o uso de fosfatos que, ao atingirem o solo funcionam como fertilizantes. Uma possibilidade complementar, ou alternativa, poderá eventualmente residir no ião iodeto,  $\text{I}^-$ , oxidando-se a iodo,  $\text{I}_2$ ; é o mesmo princípio usado no processo electroquímico de medição de ozono. Quaisquer eventuais opções deverão tomar em consideração efeitos ambientais secundários indesejáveis, designadamente sobre solos, vegetação e cursos de água.

#### Referências:

- [1] A.M. Verdasca, *O Ozono o Homem e a Natureza*, Tese de Mestrado, DQB-FCUL, 2005.
- [2] M.F. Camões, *Uma Nova Dimensão do Fogo*, in *Ciência.Hoje*, 26 Fevereiro, 2006.
- [3] M.A. Cerqueira, C.A. Pio, P.A. Gomes, J.S. Matos, T. *Science of the Total Environment* **313** (2003) 49-60.
- [4] Direcção Geral dos Recursos Florestais: <http://www.dgrf.min-agricultura.pt> (Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Portugal, acedido em 02-08-2006).
- [5] EEA Environmental Themes: [http://themes.eea.eu.int/Environmental\\_issues](http://themes.eea.eu.int/Environmental_issues) (European Environment Agency, Kongens Nytorv 6, DK-1050 Copenhagen K, Denmark, acedido em 02-08-2006).