

MEMÓRIAS
DA
ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE
LISBOA

CLASSE DE CIÊNCIAS

TOMO XLVIII

**Aumento do risco de incêndio florestal e rural
no Sul da Europa/Mediterrâneo provocado
pela mudança de clima**

FILIPE DUARTE SANTOS



ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE LISBOA

LISBOA • 2022

Aumento do risco de incêndio florestal e rural no Sul da Europa/Mediterrâneo provocado pela mudança de clima

FILIPPE DUARTE SANTOS

A região do Mar Mediterrâneo foi o berço de algumas das principais civilizações da Antiguidade, que foram fundacionais na linha de continuidade que as liga à atual civilização globalizante através da recuperação dos Clássicos na Renascença e do desenvolvimento da ciência e da tecnologia moderna na Europa Ocidental. Desde a unificação dos reinos do Alto e do Baixo Egito pelo faraó Narmer, cerca de 3100 AC, há cerca de 50 séculos, as populações humanas do Mediterrâneo têm sabido adaptar-se às mudanças ambientais naturais, algumas violentas, tais como fortes erupções vulcânicas, terremotos, tsunamis e secas.

Nos últimos 270 anos, desde a Revolução Industrial, a população humana cresceu muito rapidamente e passou a utilizar os recursos naturais de forma mais intensiva e extensiva, provocando mudanças ambientais antropogênicas significativas tanto à escala local, como regional e global. Desde as primeiras grandes civilizações, a paisagem e as características e distribuição dos ecossistemas e em particular das florestas na região do Mediterrâneo e do Médio Oriente foi profundamente afetada pela presença humana. A capacidade de observação, de monitorização e de conhecimento do ambiente e da sua dinâmica melhorou muito a partir dos finais do século XVIII, embora haja diferenças apreciáveis entre as várias regiões do mundo e em particular no interior da própria região Mediterrânica. Nesta região a complexidade espacial torna-se ainda maior quando se adiciona a complexidade climática, ambiental, socioeconómica e cultural, especialmente entre as margens norte e sul do Mar Mediterrâneo. Considera-se neste contexto Portugal como incluído na região Mediterrânea embora se situe numa região de transição bioclimática entre os domínios Atlântico e o Mediterrânico. A expressão Sul da Europa/Mediterrâneo será usada para permitir incluir toda a Península Ibérica.

Atualmente as mudanças globais antropogênicas criam um risco significativo para os ecossistemas mediterrânicos. Uma das mais importantes é a mudança climática global causada por algumas atividades humanas, especialmente a dependência mundial nos combustíveis fósseis como fonte primária de energia. A região Mediterrânica é considerada um *hotspot* das alterações climáticas (Tuel, 2020) devido principalmente à redução da precipitação nos meses chuvosos desde o final do Outono ao princípio da Primavera em cerca de 40% o que diminui a capacidade de produção alimentar da região e ameaça as condições de vida e a estabilidade de uma região complexa e frequentemente tensa na parte oriental. Esta redução da precipitação é provavelmente causada pela forma como a geografia do Mar Mediterrâneo afeta o posicionamento da corrente de jato sub-polar conjugada com a diminuição do gradiente de temperatura entre o Mar Mediterrânico e a terra circundante (Tuel, 2020).

Na impossibilidade de abordar aqui toda a complexidade das alterações climáticas e ambientais no Sul da Europa/Mediterrâneo (MedECC, 2020) esta comunicação foca-se apenas no caso dos incêndios

florestais e rurais cuja perigosidade e extensão de área ardida tem aumentado em anos recentes em Espanha, França, Grécia, Itália e Portugal.

1 – IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO RISCO DE INCÊNDIO FLORESTAL E RURAL

É hoje em dia consensual que as alterações climáticas resultantes das emissões crescentes para a atmosfera de gases com efeito de estufa, provenientes de algumas atividades humanas, constituem um dos maiores desafios de natureza ambiental do Século 21. Em termos globais 65% das emissões, contabilizadas em CO₂ equivalente, provêm do CO₂ emitido pelo setor da energia e processos industriais, 11% do CO₂ emitido nas alterações no uso dos solos e os restantes 24% das emissões de outros gases com efeito de estufa com emissões antropogénicas (IPCC, 2014). Estamos pois perante uma interferência significativa no ciclo do carbono, no qual as florestas e a vegetação em geral desempenham um papel muito relevante.

Há essencialmente duas respostas ao desafio das alterações climáticas, a mitigação, ou seja, a redução das emissões de gases com efeito de estufa e a potenciação ou criação de novos sumidouros, e a adaptação, ou seja, gerar maior resiliência face aos impactos adversos das alterações climáticas. As florestas desempenham um papel crucial na mitigação por meio do sequestro do CO₂ à escala global, da UE e nacional. Porém, num determinado território, este papel é debilitado ou, por vezes, temporariamente anulado, com os incêndios florestais e rurais.

Por outro lado, as alterações climáticas produzem impactos adversos sobre as florestas e a biodiversidade a nível regional, nacional e global, tais como, uma diminuição de produtividade, a alteração da distribuição geográfica das espécies, aumento das pragas, da morbilidade e mortalidade, maior penetração de espécies invasoras, e perda de biodiversidade, pelo que se justificam medidas de adaptação que procuram aumentar a resiliência. No médio e longo prazo a resposta das florestas às alterações climáticas depende em grande parte do grau com que o benefício para a fotossíntese do aumento da concentração atmosférica de CO₂ compensa o maior stresse fisiológico resultante do aumento da temperatura média e das tendências regionais de mudança da precipitação média anual (Sperry, 2019). Para além do facto de que cada espécie de um ecossistema florestal e cada tipo de ecossistema florestal ter uma determinada vulnerabilidade própria às alterações climáticas e uma capacidade de adaptação espontânea, a adaptação planeada pode diminuir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência da floresta (Jandl, 2019).

No que respeita às florestas e matos um dos impactos adversos é o aumento do risco de incêndios florestais e rurais, sendo este apenas o impacto a ser aqui considerado. Como se prova que as alterações climáticas agravam o risco de incêndio florestal e rural? Existe uma vasta literatura científica sobre este tema. De acordo com a teoria pirogeográfica, o regime de incêndios numa determinada região depende de três fatores fundamentais: a disponibilidade de carga combustiva, o clima e as ignições. Porém, o regime de incêndios pode ser alterado de forma significativa por meio de políticas de prevenção e supressão de incêndios florestais, mesmo que os referidos três fatores se mantenham inalterados.

O tipo de tempo que aumenta a probabilidade de ocorrência de incêndios florestais e rurais, designado em inglês por *fire weather*, e aqui designado por “tempo de incêndios”, caracteriza-se pela

combinação de temperaturas elevadas, humidade e precipitação recente baixa, seca e, frequentemente, por ventos fortes, e corresponde a valores elevados ou extremos do índice de risco de incêndio (FWI). As características mais importantes das alterações climáticas que aumentam a probabilidade de ocorrência do tempo de incêndios são (IPCC, 2014):

- 1 – Aumento da temperatura média global da atmosfera à superfície
- 2 – Aumento à escala global da frequência, da intensidade e/ou duração das ondas de calor (que estão a conduzir a valores crescentes dos máximos de temperatura)
- 3 – Aumentos a nível regional da frequência, duração e intensidade das secas
- 4 – Aumento da probabilidade de ocorrência de eventos combinados de seca-ondas de calor (ECSOC – CDHW – *combined drought-heat wave*), especialmente nos últimos 20 anos (Mukherjee, 2021)

Estas novas tendências climáticas estão a gerar com maior frequência situações de menor humidade relativa e temperaturas elevadas que retiram mais água do solo e da vegetação aumentando a combustibilidade (*flammability*) da carga combustiva da floresta e dos matos o que, potencialmente, aumenta a área ardida anualmente e a severidade dos incêndios. A quarta tendência indicada de ondas de calor cada vez mais intensas associadas com frequência a secas tem impactos cumulativos particularmente graves na sociedade e nos ecossistemas em geral e em especial no risco de incêndio florestal e rural. Uma análise efetuada à escala global para o período de 1983 a 2016 revela um aumento da ocorrência e duração dos ECSOC, particularmente notório no período mais recente de 2000-2016 (Mukherjee, 2021). Durante o período de 1983-2016 o número médio global de ECSOC aumentou de um para três eventos por ano e a duração de 2 a 10 dias por ano. Uma outra observação relevante é que os ECSOC estão a ter um aumento mais pronunciado nos climas semi-áridos e áridos do que nos climas mais húmidos (Mukherjee, 2021; Xu, 2019). Do ponto de vista físico os ECSOC explicam-se por terem origem na influência do aumento da temperatura média da atmosfera à superfície sobre os processos termodinâmicos que têm lugar no sistema climático e que conduzem, especialmente nas regiões pouco húmidas, a uma redução da precipitação.

Note-se que a ocorrência de incêndios florestais e rurais é moderada por um conjunto de fatores não-climáticos, tais como as práticas de gestão florestal, a diversidade de espécies, as alterações no uso dos solos e a alteração de algumas atividades humanas, especialmente da agricultura nas regiões florestais. Finalmente importa recordar que a ocorrência de incêndios só é possível se houver ignições de origem natural ou humana e depende do seu número, localização, distribuição temporal diurna ou noturna e outras características. Não há pois base científica para afirmar que as alterações climáticas estão a aumentar a frequência de incêndios florestais e rurais.

De acordo com a análise dos dados do programa do satélite MODIS da NASA houve um decréscimo de 25% da área ardida anualmente a nível global de 2003 a 2019 (NASA, 2017). Esta redução deve-se principalmente à diminuição do número de incêndios destinados a desflorestar para criar espaços para a agricultura nas regiões tropicais, especialmente em África. Porém, em algumas regiões das latitudes intermédias e elevadas observa-se um aumento da área florestal ardida anualmente.

À escala global estima-se que os incêndios florestais e rurais são responsáveis por 5 a 8% dos 3,3 milhões de pessoas sujeitas a uma mortalidade precoce devido aos problemas de qualidade do ar

(Lelieveld, 2015). Os incêndios rurais e florestais têm outros impactos colaterais, tais como o aumento da erosão e a contaminação das ribeiras, rios e massas de água por meio do transporte de materiais poluentes e produtos químicos perigosos no escoamento das águas pluviais no pós-incêndio, sendo possível minimizar alguns destes efeitos adversos por meio da gestão adequada do território no pós-incêndio (Nunes, 2018).

As regiões do mundo onde o aumento do risco de incêndio florestal e rural provocado pelas alterações climáticas está mais estudado é no Oeste dos EUA e Canadá (Abatzoglou, 2016; Schoennagel, 2017; Kirchmeier-Young, 2019; Goss, 2020), na Europa (De Rigo, 2017; Barbero, 2020; Ganteaume, 2021) e na Austrália (Abram, 2021). Na Europa há um forte contraste entre a área ardida anualmente nos países do Sul da Europa/Mediterrâneo e nos países do centro e norte da Europa (Figura 1). A grande variabilidade interanual da área ardida é uma característica comum a todos os climas de tipo Mediterrâneo que se encontram em cinco continentes – África, Austrália, Europa, América do Norte e do Sul –, e explica-se em grande parte pela grande variabilidade do clima, o que implica uma grande variabilidade interanual do tempo de incêndios. O contraste que se observa na Figura 1 entre o Norte e o Sul da Europa deve-se às características do clima de tipo Mediterrâneo caracterizado por invernos moderadamente chuvosos e relativamente frios, que promovem o crescimento rápido da vegetação e da carga combustível, e verões quentes e com pouca ou muito pouca precipitação, o que aumenta a combustibilidade. Estas características acentuam o impacto gravoso das alterações climáticas sobre o risco de incêndio florestal aumentando a duração da época de incêndios florestais e provocando um aumento da área ardida e da perigosidade dos incêndios, se não forem tomadas medidas de adaptação adequadas.

É previsível que o referido impacto das alterações climáticas sobre as florestas no Sul da Europa se continue a agravar até que a temperatura média global da atmosfera à superfície comece a baixar, o que muito provavelmente só irá acontecer no século 22. O aumento do risco de incêndio florestal e rural irá entretanto estender-se para o Centro e Norte da Europa e em altitude devido à migração para norte das áreas com humidade baixa ou muito baixa. À escala da Europa, de acordo com Forzieri et al. (Forzieri, 2016), os incêndios que têm atualmente um período de retorno de 100 anos irão passar a ter no final do século um período de retorno entre 5 e 50 anos.

É importante salientar que na região do Sul da Europa/Mediterrâneo, tal como em outras regiões do mundo, tem havido nas últimas décadas fatores socioeconómicos que afetam o regime de incêndios florestais e a relação clima-incêndios. Esta relação não é estacionária no tempo o que influencia as projeções dos efeitos futuros das alterações climáticas sobre o risco de incêndios florestais e em particular sobre a área ardida. Nos ecossistemas do Sul da Europa/Mediterrâneo a carga combustível da floresta é o principal determinante da relação clima-incêndios, sendo a combustibilidade potencialmente maior nas regiões húmidas e mais produtivas do que nas regiões secas (Pausas, 2012). A mudança climática tem uma influência de médio e longo prazo sobre a relação clima-incêndios ao provocar na região do Sul da Europa/Mediterrâneo a redução da produção média da carga combustível.

Com modelos não-estacionários da relação clima-incêndios, e utilizando cenários para as alterações climáticas em que a temperatura média global aumenta 1,5° C, 2° C e 3° C relativamente ao período pré-industrial, conclui-se que a projeção da área ardida aumenta sistematicamente com a

temperatura e atinge aumentos percentuais entre 40% e 100%, relativamente ao presente (Turco, 2018a). A referida influência da mudança climática na relação clima-incêndios reduz os indicadores de intensidade dos incêndios para cerca de metade mas tal não é suficiente para reduzir de forma significativa a área ardida (Turco, 2018a). Este é mais um argumento em favor de reduzir as emissões globais de gases com efeito de estufa de modo a não ultrapassar os limites de 1,5° C e 2° C do Acordo de Paris. A implementação de medidas de adaptação à escala da paisagem, que consistem essencialmente em diversificar a floresta para aumentar a resiliência, reduzir a carga combustível (em particular por meio do uso do fogo controlado) e dificultar a propagação dos incêndios, permitem reduzir a área ardida. Cálculos com o cenário socioeconómico e climático A2 projetam um aumento de 150-220% da área ardida no período de 2000 a 2090 que se reduz para 74% com medidas de adaptação adequadas (Khabarov, 2016).

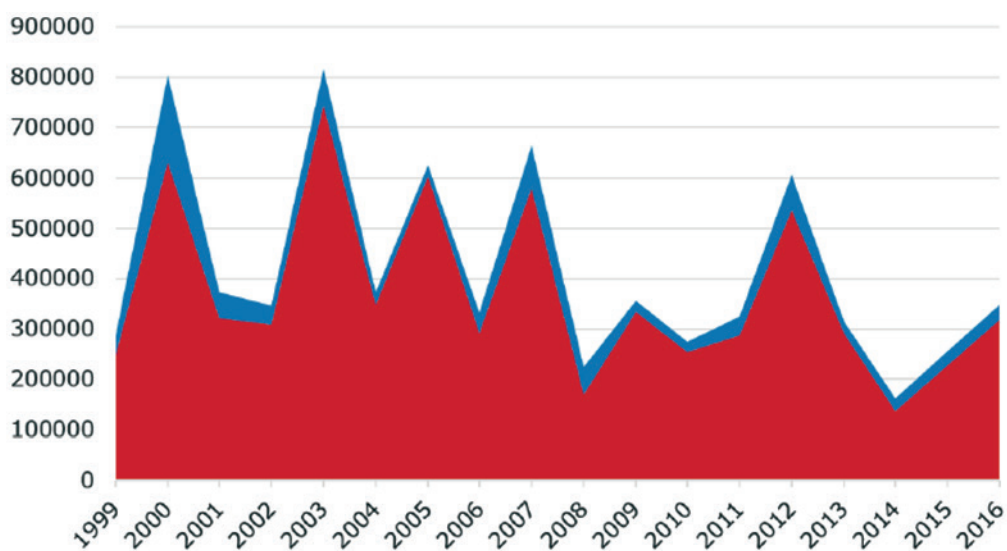


Figura 1

Área ardida anualmente em hectares nos países da UE. A área dos países do Sul da Europa/Mediterrâneo (Espanha, França, Grécia, Itália e Portugal) está representada a vermelho e a área dos restantes países (Bulgária, Croácia, Eslováquia, Finlândia, Alemanha, Letónia, Lituânia, Roménia, Suécia, Suíça e Turquia) a azul. Figura adaptada de De Rigo et al. (De Rigo, 2017)

No caso de Portugal, Parente et al. (Parente, 2018) analisaram a correlação entre ondas de calor e incêndios florestais extremos (Fischer, 2010) concluindo que 83% do número total de incêndios florestais extremos no período de 1981 a 2010 tiveram lugar durante, e numa área afetada por, uma onda de calor. A análise dos períodos no ano e das regiões mais afetadas por ondas de calor extremas e a sua projeção futura, por meio de vários cenários climáticos, pode ser utilizada para aumentar a capacidade de adaptação da floresta aos impactos das alterações climáticas.

Turco et al. (Turco, 2019) desenvolveram um modelo clima-incêndios florestais e rurais que, aplicado ao caso de Portugal no período de 1980 a 2017, permite concluir que as temperaturas elevadas e a seca nos meses de junho a agosto influenciaram fortemente a área ardida, tal como outros autores tinham já concluído para outros países e regiões. Porém, apesar de no referido período a temperatura e a secura

do solo terem aumentado, a área ardida manteve-se aproximadamente estacionária. Note-se que a área ardida depende principalmente da quantidade de biomassa disponível e de dois fatores controlados pelo clima: a combustibilidade da biomassa (dependente da sua secura, determinada pelo tempo recente e pela seca) e a probabilidade do incêndio se propagar e estender devido às condições meteorológicas. De acordo com dados do ICNF a área florestal em Portugal diminuiu em média 4,5% por ano no período de 1995 a 2010, principalmente devido à redução da área de pinheiro bravo, que não foi compensada com o aumento da área de eucalipto (Turco, 2019). Esta redução implicou uma diminuição do volume de biomassa que poderá explicar a relativa estabilidade da área ardida anualmente no período referido. O ano de 2017 é, neste contexto, uma anomalia dado que o modelo clima-incêndios só consegue reproduzir o valor observado da área ardida nesse ano com a inclusão dos fatores climáticos (Figura 2). Este resultado revela que o valor extremo da área ardida em 2017 constitui um aviso para o aumento de probabilidade de futuras condições meteorológicas semelhantes ou ainda mais extremas devido às alterações climáticas.

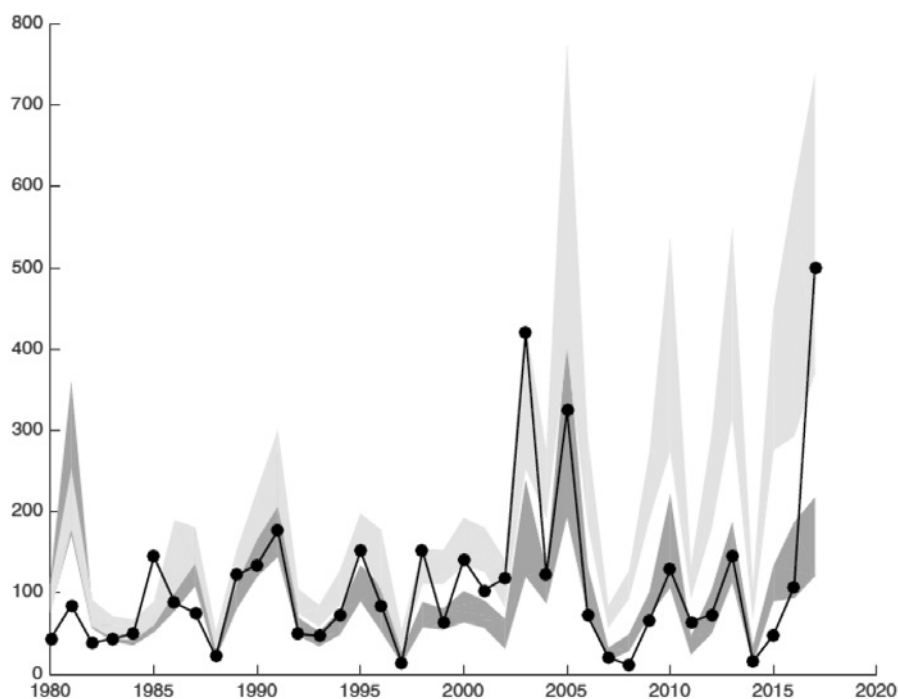


Figura 2

Desvios entre a previsão de área ardida em milhares de hectares obtida no modelo clima-incêndios, com os fatores não-climáticos apenas – banda em cinzento escuro – e com os fatores não-climáticos e climáticos incluídos – banda em cinzento claro –, e os valores observados marcados a negro. Repare-se que os fatores não-climáticos são incapazes de explicar a área ardida em 2017. Figura adaptada de Turco et al., (Turco, 2019).

A combinação de modelos clima-incêndios com previsões meteorológicas sazonais para obter modelos integrados de clima-área ardida permite prever a ocorrência de condições potenciais adversas na época de incêndios nos climas de tipo Mediterrâneo e consequentemente reduzir o risco de incêndio florestal e rural (Turco, 2018). Encontra-se aqui um exemplo de uma medida de adaptação que pode ser

usada em Portugal. Para realizar este tipo de projeto de adaptação às alterações climáticas é conveniente dispor de dados atualizados do volume de biomassa das florestas. Porém, em Portugal tais estudos estão limitados pela falta de dados atualizados do Inventário Florestal Nacional cuja última edição data de 2015 e refere-se a 2013. Sem inventários florestais atualizados não é possível estimar de forma fiável o volume anual de biomassa e conseqüentemente torna-se inviável separar, no conjunto dos fatores que influenciam o valor da área ardida anualmente, os que têm uma origem climática dos não climáticos.

A característica mais relevante da aplicação das metodologias de adaptação às alterações climáticas na redução do risco de incêndios florestais e rurais é a utilização de cenários climáticos de médio e longo prazo, considerado usualmente até 2100, o que facilita o planeamento da gestão florestal. A gestão das florestas beneficia especialmente de uma gestão planeada a médio e longo prazo pela razão óbvia da elevada duração do tempo necessário para as árvores se desenvolverem plenamente e conseqüentemente para se conseguir transformar a paisagem de modo a torná-la mais resiliente aos incêndios. Apesar destas vantagens a aplicação desta metodologia não é muito frequente. Brotons et al. (Brotons, 2013), baseando-se num estudo relativo à Catalunha, concluem que para se conseguir capturar os fatores críticos que determinam os regimes de incêndios à escala da paisagem na definição de cenários futuros é necessário integrar explicitamente as alterações climáticas no planeamento da supressão dos incêndios e na gestão da floresta no pós-incêndio. Frequentes vezes uma gestão florestal inadequada no pós-incêndio aumenta o risco de incêndio.

Note-se que a supressão dos incêndios florestais e rurais na região do Sul da Europa/Mediterrâneo praticada no passado tem tendência a acumular carga combustível no contexto de uma recuperação florestal e reflorestação de longo prazo gerida sem ter em conta as alterações climáticas, o que aumenta o risco de incêndios florestais de grande dimensão e perigosidade (Curt, 2018). É aconselhável que nessa região da Europa, as Agências de Proteção Civil melhorem a sua organização, preparação e prontidão para enfrentar o risco crescente de perdas humanas e materiais nos fogos florestais, resultante especificamente dos impactos progressivamente mais graves das alterações climáticas, principalmente nas áreas de interface urbano-florestais (Ganteaume, 2021). Os incêndios catastróficos que em anos recentes tiveram lugar em países com climas de tipo Mediterrâneo, em particular nos EUA, Grécia e Portugal, revelam que não estão suficientemente preparados para enfrentar tais eventos. A gravidade do problema é acrescida pelo facto de que a frequência e intensidade desses eventos irá muito provavelmente continuar a aumentar no futuro, devido à mudança climática.

Na região Mediterrânica de França a área ardida em incêndios florestais com um período de retorno de 5 anos reduziu-se de forma significativa revelando o sucesso das políticas de incêndios florestais e rurais adotadas a partir de 1994. Contudo, a maior área ardida nos incêndios com um período de retorno de 50 anos reduziu-se muito menos revelando um relativo insucesso dessas políticas para esse tipo de incêndios (Evin, 2018). Este resultado é coerente com a ocorrência recente de incêndios de grande intensidade e com extensões de área ardida que estiveram claramente para lá da capacidade de supressão existente em França (Curt, 2018). As condições de tempo de incêndios têm-se tornado progressivamente mais desfavoráveis à supressão dos incêndios e as condições futuras, determinadas pelas alterações climáticas, poderão subjugar a capacidade de supressão (Barbero, 2020). É provável que as mesmas conclusões sejam também válidas para outras regiões do Sul da Europa/Mediterrâneo, incluindo Portugal, embora não existam ainda estudos análogos nessas regiões.

2 – CONTRIBUIÇÃO DAS FLORESTAS PARA A MITIGAÇÃO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM PORTUGAL

A Lei do clima da UE aprovada pelo Parlamento e Conselho Europeu, e publicada em 24 de junho de 2021 (UE, 2021), tem uma meta intermédia em 2030 de redução das emissões líquidas (ou seja, das emissões após dedução das remoções) de gases com efeito de estufa de pelo menos 55% relativamente a 1990, de modo a poder atingir a neutralidade carbónica em 2050. A Lei do Clima reconhece explicitamente que só é possível realizar esta meta contabilizando o sumidouro de CO₂ providenciado pelo setor LULUCF, sigla em inglês para Uso de Solo, Alterações de Uso de Solo e Florestas. De acordo com a Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas e com o Acordo de Paris a UE deverá conservar os reservatórios de carbono (*carbon stocks*) da biosfera. Este objetivo é também uma exigência da Estratégia de Biodiversidade da UE para 2030 e visa a conservação da biodiversidade.

Porém, a atual legislação sobre o setor LULUCF está centrada sobretudo nos fluxos anuais de gases com efeito de estufa. Esta situação dificulta a monitorização dos reservatórios de carbono na paisagem, incluindo a sua natureza e evolução, e dificulta o planeamento das ações destinadas a conservá-los e aumentá-los. A atual legislação da UE sobre LULUCF foi estabelecida em 2018 como parte integrante do quadro da política da UE para o período de 2021-2030 que tinha o objetivo de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa de pelo menos 40% em 2030 relativamente a 1990. Face ao novo compromisso de redução de pelo menos 55% em 2030 contido na Lei do Clima, a UE tem a intenção de produzir nova legislação mais ambiciosa relativa ao setor LULUCF, com metas para todos os Estados-Membros. A publicação está prevista para junho ou julho de 2021.

No caso de Portugal o setor LULUCF, e em particular as florestas, desempenham um papel central no cumprimento do objetivo de atingir a neutralidade carbónica em 2050. De acordo com a RCM n.º 107/2019 a média da área ardida anualmente em Portugal Continental no período 1998-2017 foi de 164 000 ha sendo necessário reduzi-la para 70 000 ha até 2050, por meio da “adequação das espécies usadas na reflorestação, reduzindo a desflorestação causada pelos incêndios (florestas convertidas em matos) e recorrendo a uma maior utilização de técnicas de prevenção contra incêndios, incluindo maior utilização de pequenos ruminantes na redução de cargas combustíveis”. Contudo, os impactos projetados das alterações climáticas nos incêndios florestais e rurais com base em modelos climáticos indicam que em 2075 a área ardida nas várias regiões da Península Ibérica poderá aumentar para o dobro ou triplo se não forem implementadas medidas adequadas de adaptação e de aumento da resiliência das florestas (Sousa, 2015). Esta discrepância revela claramente o esforço de adaptação que será necessário fazer na paisagem rural de Portugal para diminuir a sua vulnerabilidade aos incêndios florestais e rurais e para reflorestar criteriosamente o país sem aumentar essa vulnerabilidade. É expectável que a frequência de incêndios rurais de grande intensidade e com uma extensa área ardida na região da Europa/Mediterrâneo tenha tendência a diminuir a longo prazo (mantendo fixos os outros fatores que influenciam esse indicador) devido à redução da produtividade líquida primária dos ecossistemas terrestres provocada pela transição para um clima mais seco e quente, que limita a produção de carga combustível e eventualmente a propagação dos incêndios (Migliavacca, 2013).

A Figura 3 mostra como os incêndios florestais e rurais de grande intensidade e dimensão são críticos para conseguir que as florestas desempenhem o desejado papel de um crescente sumidouro de

carbono. Nos anos de 2003, 2005 e 2017 as emissões de gases de efeito de estufa incluindo o setor LULUCF em Portugal foram superiores às emissões excluindo esses setores. Sem conseguir evitar os incêndios que originam extensas áreas ardidas até 2050 será muito difícil ou impossível Portugal atingir a neutralidade carbónica em 2050.

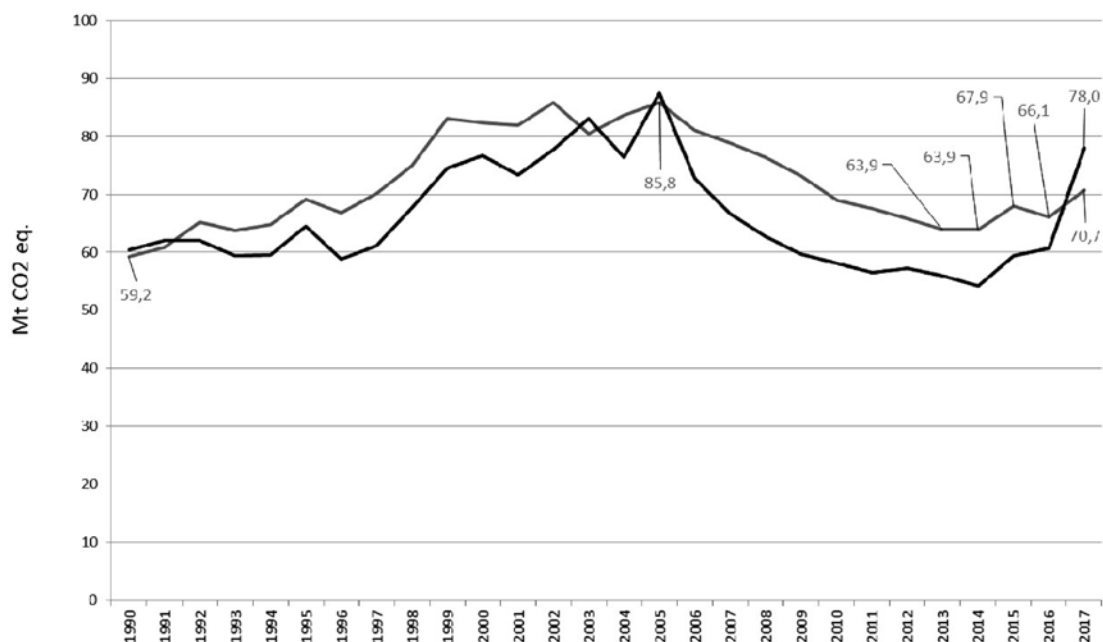


Figura 3

Evolução das emissões nacionais de gases com efeito de estufa 1990-2017 (Mt CO₂eq). As emissões totais sem LULUCF estão representadas a cinzento e as emissões totais com LULUCF a preto. Figura adaptada da RCM n.º 107 /2019.

Em termos de emissões e reduções de gases com efeito de estufa pelo setor LULUCF observa-se que o valor médio anual do sequestro no período 1990-2017 foi próximo de 10 MtCO₂e (Figura 4). Estima-se que para conseguir cumprir as metas de descarbonização seja necessário aumentar o sequestro em cerca de 40% para 14 MtCO₂e. Para atingir este valor médio do sequestro anual a referida RCM n.º107/2019 apresenta dois cenários relativos à evolução dos diferentes usos dos solos para os anos de 2030, 2040 e 2050 (Quadro 14 da RCM n.º107/2019) em que, nos solos florestados, se discriminam e quantificam as áreas com pinheiro bravo, sobreiro, eucalipto, azinheira, carvalhos, outras folhosas, pinheiro manso e outras resinosas. Para atingir estes objetivos pretende-se “melhorar a gestão florestal e alcançar consequentes aumentos de produtividade média, melhorar a gestão e aumentar a prevenção contra incêndios, recorrer ao uso de variedades mais produtivas e melhor adaptadas e aumentar a densidade, quer de espécies de produção, quer de proteção”. A RCM n.º 107/2019 também afirma ser necessário “aumentar a taxa de nova florestação para 8 mil ha/ano (expansão da área florestal a partir de outros usos de solo) e reduzir a taxa de expansão de outros usos de solo, em particular de áreas urbanizadas, áreas alagadas (incluindo barragens) e áreas com matos”. É sem dúvidas um exercício de prospetiva interessante e útil no contexto de um planeamento a médio e longo prazo da floresta e da

reflorestação do país mas seria desejável assegurar a sua compatibilidade e sinergia com as outras políticas florestais supervenientes tais como os PROF, o P-3AC (Programa de Ação para a Adaptação às Alterações Climáticas), o PNGIFR e o PNA do PNGIFR.

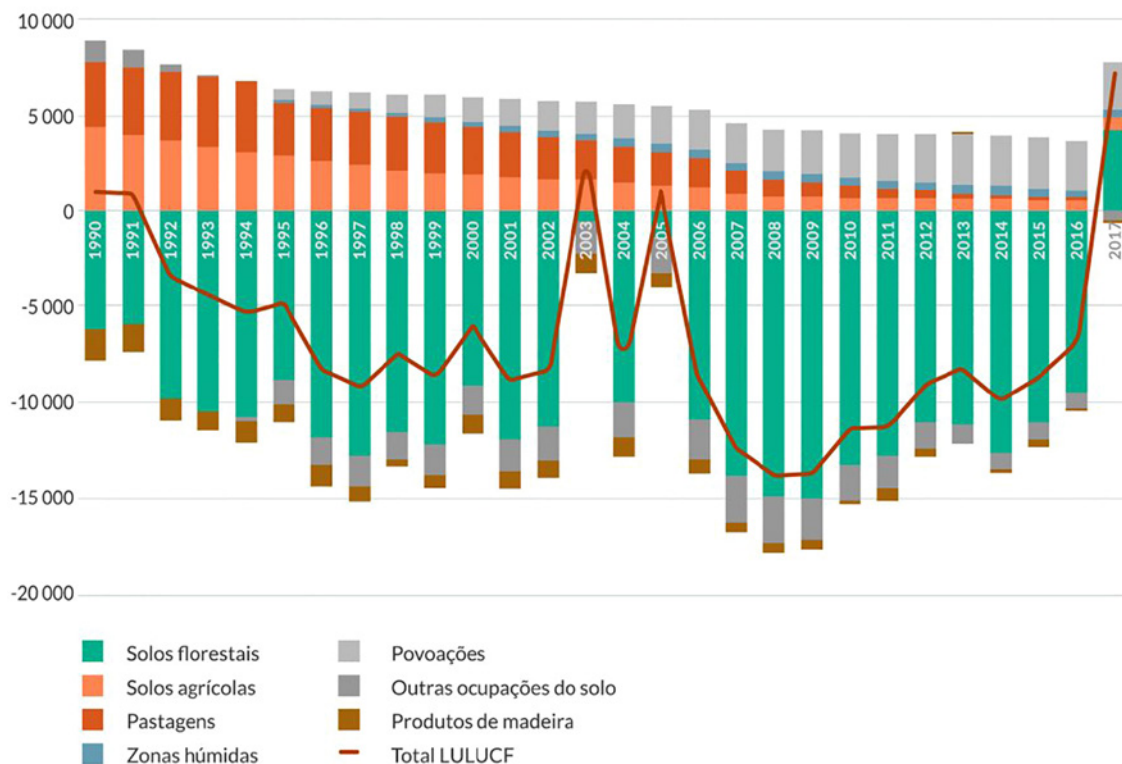


Figura 4

Evolução das emissões e remoções no sector LULUCF, em Portugal (Mt CO₂eq). Figura adaptada de APA, 2018

O Regulamento (UE) 2018/841, relativo à inclusão das emissões e remoções de gases com efeito de estufa resultantes das atividades relacionadas com o LULUCF no quadro relativo ao clima e à energia para 2030, determina as regras a ser usadas por cada Estado Membro para o cálculo do nível de referência florestal (Forest Reference Levels) à escala nacional que irá vigorar no período 2021 e 2025 e que será utilizado para contabilizar as variações do stock de carbono da “floresta gerida” (*managed forest*) a partir de 2021. O nível de referência florestal é usado para a contabilização futura das emissões de gases com efeito de estufa no setor LULUCF e visa especialmente contabilizar as emissões feitas em cada país com o uso de madeira (pellets) como biocombustível em centrais de biomassa, dado que atualmente as emissões de gases com efeito de estufa, provenientes dessa combustão, não são contabilizadas na fonte emissora (IPCC, 2014). Por exemplo, se o nível estiver sobreavaliado isso significa que Portugal irá contabilizar mais emissões do que as que afinal teve.

Não se sabe ainda como a EU irá avaliar e monitorizar a evolução futura dos reservatórios de carbono da floresta dos Estados-Membros, mas essa prática revela-se problemática, incerta e provavelmente

impossível no caso de Portugal se o país não dispuser de inventários florestais atualizados. Portugal comprometeu-se a um nível de referência florestal para o período de 2021-2025, que representa um sumidouro médio anual de 11.165 milhões de toneladas de CO₂ equivalente, e a que os fogos florestais representem um emissor médio anual de 897 mil toneladas de CO₂e. Para ter uma ordem de grandeza deste último valor note-se que no ano de 2017 o setor LULUCF, em lugar de remover gases com efeito de estufa da atmosfera, emitiu 7,3 MtCO₂e (RCM n.º 107/2019) devido aos incêndios florestais e rurais catastróficos desse ano.

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 7 DE MARÇO DE 2019)

REFERÊNCIAS

- Abatzoglou, J. T., & Williams, A. P. (2016). Impact of anthropogenic climate change on wildfire across western US forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 113(42), 11,770–11,775. <https://doi.org/10.1073/pnas.1607171113>
- Abram, N.J., Henley, B.J., Sen Gupta, A. *et al.* Connections of climate change and variability to large and extreme forest fires in southeast Australia. *Commun Earth Environ* 2, 8 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43247-020-00065-8>
- Amatulli, G., Camia, A. & San-Miguel-Ayanz, J. Estimating future burned areas under changing climate in the EU-Mediterranean countries. *Sci. Total Environ.* 450-451, 209–222 (2013).
- APA, Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990-2016, Agência Portuguesa do Ambiente, 2018
- Barbero R, Abatzoglou JT, Pimont F, Ruffault J and Curt T (2020) Attributing Increases in Fire Weather to Anthropogenic Climate Change Over France. *Front. Earth Sci.* 8:104. doi: 10.3389/feart.2020.00104
- Brotos L, Aquilue´ N, de Ca´ceres M, Fortin M-J, Fall A (2013) How Fire History, Fire Suppression Practices and Climate Change Affect Wildfire Regimes in Mediterranean Landscapes. *PLoS ONE* 8(5): e62392. doi:10.1371/journal.pone.0062392
- Curt, T. and T. Fréjaville, Wildfire policy in Mediterranean France: how far is it efficient and sustainable? *Risk Anal.* 38 (3) (2018) 472–488, doi: 10.1111/risa.12855.
- De Rigo, D., Libertá, G., Durrant, T., Artes Vivancos, T. and San-Miguel-Ayanz, J., Forest fire danger extremes in Europe under climate change: variability and uncertainty, EUR 28926 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, ISBN 978-92-79-77046-3, doi:10.2760/13180, JRC108974.
- Evin, G., Curt, T., and Eckert, N. (2018). Has fire policy decreased the return period of the largest wildfire events in France? A Bayesian assessment based on extreme value theory. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 18, 2641–2651. doi: 10.5194/nhess-18-2641-2018
- Fischer, E.M., Schär, C., 2010. Consistent geographical patterns of changes in high-impact European heatwaves. *Nat. Geosci.* 3, 398–403.
- Forzieri, G., Feyen, L., Russo, S. *et al.* Multi-hazard assessment in Europe under climate change. *Climatic Change* 137, 105–119 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1661-x>
- Ganteaume, Anne; Barbero, Renaud; Jappiot, Marielle; Maillé, Eric. 2021. Understanding future changes to fires in southern Europe and their impacts on the wildland-urban interface. 2021. Understanding future changes to fires in southern Europe and their impacts on the wildland-urban interface. *Journal of Safety Science and Resilience* 2(1):20-29.
- Goss, M., D.L. Swain, J. Abatzoglou, A. Sarhadi, C. Kolden, A.P. Williams and N.S. Diffenbaugh, Climate change is increasing the risk of extreme autumn wildfire conditions across California, *Environmental Research Letters*, 15(9), 094016, 2020
- IPCC, 2014: Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. (2014).
- Jandl, R., Spathelf, P., Bolte, A. *et al.* Forest adaptation to climate change—is non-management an option?. *Annals of Forest Science* 76, 48 (2019). <https://doi.org/10.1007/s13595-019-0827-x>
- Khabarov, N. *et al.* Forest fires and adaptation options in Europe. *Reg. Environ. Change* 16, 21–30 (2016).
- Kirchmeier-Young, M. C., Gillett, N. P., Zwiers, F. W., Cannon, A. J., & Anslow, F. S. (2019). Attribution of the influence of human-induced climate change on an extreme fire season. *Earth's Future*, 7, 2–10, <https://doi.org/10.1029/2018EF001050>

- Korosuo, A., Vizzarri, M., Pilli, R., Fiorese, G., Colditz, R., Abad Viñas, R., Rossi, S. and Grassi, G., Forest reference levels under Regulation (EU) 2018/841 for the period 2021-2025, EUR 30403 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-32258-0 (online), doi:10.2760/0521 (online), JRC121803.
- Relievel, J., Evans, J., Fnais, M. *et al.* The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature* **525**, 367–371 (2015). <https://doi.org/10.1038/nature15371>
- MedECC (2020) Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report [Cramer, W., Guiot, J., Marini, K. (eds.)] Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille, France, 632pp.
- Migliavacca M, Dosio A, Camia A, et al. (2013) Modeling biomass burning and related carbon emissions during the 21st century in Europe. *J Geophys Res Biogeosciences* 118:2013JG002444. doi:10.1002/2013JG002444
- Mukherjee, S., & Mishra, A. K. (2021). Increase in compound drought and heatwaves in a warming world. *Geophysical Research Letters*, *48*, e2020GL090617. <https://doi.org/10.1029/2020GL090617>
- NASA, 2017, <https://earthobservatory.nasa.gov/images/90493/researchers-detect-a-global-drop-in-fires>
- Nunes, J.P., Doerr, S.H., Sheridan, G., Neris, J., Santín, C., Emelko, M.B., Silins, U., Robichaud, P.R., Elliot, W.J. and Keizer, J. 2018. Assessing water contamination risk following vegetation fires: challenges, opportunities and a framework for progress. *Hydrological Processes*, *32* (5): 687–694. DOI: 10.1002/hyp.11434
- Parente, J., Pereira, M.G., Amraoui, M., Fischer, E.M., 2018. Heat waves in Portugal: Current regime, changes in future climate and impacts on extreme wildfires. *Sci. Total Environ.* 631–632, 534–549. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.044>
- Pausas, J. G. & Paula, S. Fuel shapes the fire-climate relationship: evidence from Mediterranean ecosystems. *Glob. Ecol. Biogeogr.* *21*, 1074–1082 (2012).
- Schoennagel, T. et al. Adapt to more wildfire in western North American forests as climate changes. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* *114*, 4582–4590 (2017)
- Sousa, Pedro M., Trigo, R. M., Pereira, M. G., Bedia, J. and Gutiérrez, J. M. (2015) 'Different approaches to model future burnt area in the Iberian Peninsula', *Agricultural and Forest Meteorology*. Elsevier B.V., 202, pp. 11–25. doi: 10.1016/j.agrfor-met.2014.11.018.
- Sperry, John S., Martin D. Venturas, Henry N. Todd, Anna T. Trugman, William R. L. Anderegg, Yujie Wang, Xiaonan Tai, 2019, The impact of rising CO₂ and acclimation on the response of US forests to global warming, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *116* (51) 2573425744; DOI: 10.1073/pnas.1913072116
- Tuel, A., and E. A. B. Eltahir (2020) Why Is the Mediterranean a Climate Change Hot Spot?. *J. Climate*, *33*, 5829–5843, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0910.1>.
- Turco, M., Jerez, S., Doblas-Reyes, F.J. et al. Skilful forecasting of global fire activity using seasonal climate predictions. *Nat Commun* *9*, 2718 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05250-0>
- Turco, M., Rosa-Cánovas, J.J., Bedia, J. et al. Exacerbated fires in Mediterranean Europe due to anthropogenic warming projected with non-stationary climate-fire models. *Nat Commun* *9*, 3821 (2018a). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06358-z>
- Turco, M., Jerez, S., Augusto, S., Tarín-Carrasco, P., Ratola, N., Jiménez-Guerrero, P., Trigo, R.M. 2019. Climate drivers of the 2017 devastating fires in Portugal. *Scientific reports* *99*: 1–8
UE, 2021, Lei do Clima, P9_TA(2021)0309
- Xu F, Luo M. Changes of concurrent drought and heat extremes in the arid and semi-arid regions of China during 1961–2014. *Atmos Sci Lett.* 2019;20:e947. <https://doi.org/10.1002/asl.947>