

# ESTUDO TÉCNICO

## Análise de indicadores de desempenho do Sistema de Defesa da Floresta contra Incêndios na transição (2018-2020) para o Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais



Fotografia da capa cedida pela

Comunidade Intermunicipal

Viseu Dão Lafões

**Citação recomendada:**

Observatório Técnico Independente, Castro Rego F., Fernandes P., Sande Silva J., Azevedo J., Moura J.M., Oliveira E., Cortes R., Viegas D.X., Caldeira D., e Duarte Santos F. - Coords. (2020) Análise de indicadores de desempenho do Sistema de Defesa da Floresta contra Incêndios na transição (2018-2020) para o Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais Assembleia da República. Lisboa. 42 pp.

## ÍNDICE

SUMÁRIO EXECUTIVO .....	2
1. INTRODUÇÃO .....	4
2. A EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E DA ÁREA ARDIDA ENTRE 2001 E 2020 .....	6
3. ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE DEFESA DA FLORESTA CONTRA INCÊNDIOS (SDFCI) NOS PERÍODOS 2008-2017 E 2018-2020 .....	12
3.1 DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS E DA ÁREA ARDIDA POR CLASSE DE DIMENSÃO .....	12
3.2 RESISTÊNCIA DO DISPOSITIVO DE PRÉ-SUPRESSÃO E SUPRESSÃO ÀS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E AO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS .....	13
3.3 DESVIO DOS INDICADORES DE PIROATIVIDADE NO PERÍODO 2018-2020 COMPARATIVAMENTE A 2008-2017 .....	15
3.3.1 TENDÊNCIAS TEMPORAIS ENTRE 2008 E 2020 E COMPARAÇÃO ENTRE OS DOIS PERÍODOS .....	17
3.3.2 DESVIOS MENSIS EM ALGUNS INDICADORES DE PIROATIVIDADE .....	22
3.3.3 DESVIOS DE ALGUNS INDICADORES DE PIROATIVIDADE EM DIAS DE PERIGO METEOROLÓGICO DE INCÊNDIO ELEVADO A EXTREMO .....	23
3.3.4 DESVIOS NOS INDICADORES DE PIROATIVIDADE À ESCALA DISTRITAL .....	24
4. SÍNTESE E CONCLUSÃO .....	28
REFERÊNCIAS .....	30
ANEXOS .....	32



## Sumário Executivo

A grande variação interanual nas estatísticas de fogos rurais dificulta a quantificação ao longo do tempo dos progressos na gestão desses fogos. Este estudo analisa estatísticas para o período 2001-2020 e compara vários indicadores da piroatividade em Portugal entre o período de 2008-2017 e o período mais recente de 2018-2020, através de análises que separam o efeito do desempenho do sistema do efeito de outros fatores, em particular a enorme influência das condições meteorológicas no número de ocorrências e dimensão das áreas ardidas.

Desde 2001 tem-se assistido a um decréscimo muito significativo do número de ignições em todas as classes de severidade meteorológica, em particular nos períodos 2002-2008 e 2011-2018. Em relação à área ardida assiste-se a uma melhoria importante no período 2003-2008, e depois entre 2017-2018. Os últimos dois anos, 2019 e 2020, apresentam estatísticas próximas das de 2018, tanto no número diária de ignições e de área ardida por classes de severidade meteorológica.

Numa análise mais detalhada constata-se que, para o período de 2008 a 2017, e apesar do número de ignições progressivamente menor, aumentou ou manteve-se a probabilidade de fogos  $\geq 1$  ha e a sua dimensão, bem como as probabilidades de grande incêndio ( $\geq 100$  ha) e de reacendimento. A distribuição da superfície ardida por classe de dimensão do fogo não diferiu entre os dois períodos, mas foi possível constatar evoluções positivas em 2018-2020 nos seguintes aspetos:

- Prosseguimento (à taxa do período anterior) da redução do número de ignições, com diminuição mais acentuada nos dias de maior perigo meteorológico de incêndio;
- Aumento dos limiares de perigo meteorológico de incêndio a partir do qual se verificaram fogos  $\geq 1$  e fogos  $\geq 100$  há;
- Diminuição da probabilidade de ocorrências de fogo  $\geq 1$  ha.

Em contraponto a estas melhorias, e face a 2008-2017, verificou-se em 2018-2020 que:

- Aumentou a dimensão dos fogos 1-100 ha, um resultado que se deve essencialmente ao ano de 2020;
- A probabilidade de ocorrência de grandes incêndios e a sua dimensão não sofreram alterações.

Parte dos resultados são de sinal contrário às tendências preocupantes observadas em 2008-2017, e indicam melhor prontidão e capacidade de resposta, ainda que com ganhos mais limitados no verão, nos dias com maior perigo meteorológico e no sul do país. Realce-se que as estatísticas de 2018-2020 integram o efeito da enorme área ardida de 2017, assim como os resultados crescentemente insatisfatórios de 2008-2017 haviam em parte refletido o desenvolvimento da vegetação após os grandes incêndios de 2003-2006. Sendo necessárias

melhorias no ataque a grandes incêndios, é manifesto que o maior desafio para o futuro reside em diminuir a vulnerabilidade do território rural a esses incêndios, especialmente considerando o quadro desfavorável de alterações climáticas.

## 1. Introdução

O acompanhamento dos resultados alcançados, em base anual ou plurianual, é essencial para informar o ajustamento e melhoria das políticas e instrumentos de gestão de fogos rurais. Essa monitorização está muito frequentemente centrada em métricas simples da piroatividade, nomeadamente o número de ocorrências de fogo e a área ardida correspondente, recorrendo-se a comparações entre anos ou séries temporais consecutivas sem considerar o contexto biofísico, nomeadamente meteorológico. O não “descontar” da influência desse contexto nas análises comparativas, incluindo a influência das alterações climáticas em curso no perigo de incêndio (Barbero et al. 2020) e na piroatividade (Turco et al. 2019), favorece a retirada de ilações abusivas relativamente à (in)eficácia da prevenção ou do combate ou à evolução positiva ou negativa do desempenho do sistema de gestão do fogo. Por essa razão, é impossível avaliar adequadamente a evolução desse desempenho em Portugal a partir dos vários estudos existentes sobre os padrões temporais da área ardida (Marques et al. 2011, Nunes et al. 2016, Turco et al. 2016, Silva et al. 2019).

Neste Estudo Técnico o OTI procurou analisar objetivamente a evolução dos resultados da gestão do fogo em Portugal Continental nos últimos anos. Começa-se por apreciar, numa perspectiva de mais longo prazo, como evoluíram entre 2001 e 2020 o número de ignições e a superfície queimada, bem como a sua repartição por classe de severidade meteorológica. Em seguida compara-se o período pós-2017 com os 10 anos anteriores, globalmente ou procurando detetar evoluções ao longo do tempo e dando maior ênfase (no ponto 3) ao ano de 2020. Considerámos três abordagens complementares:

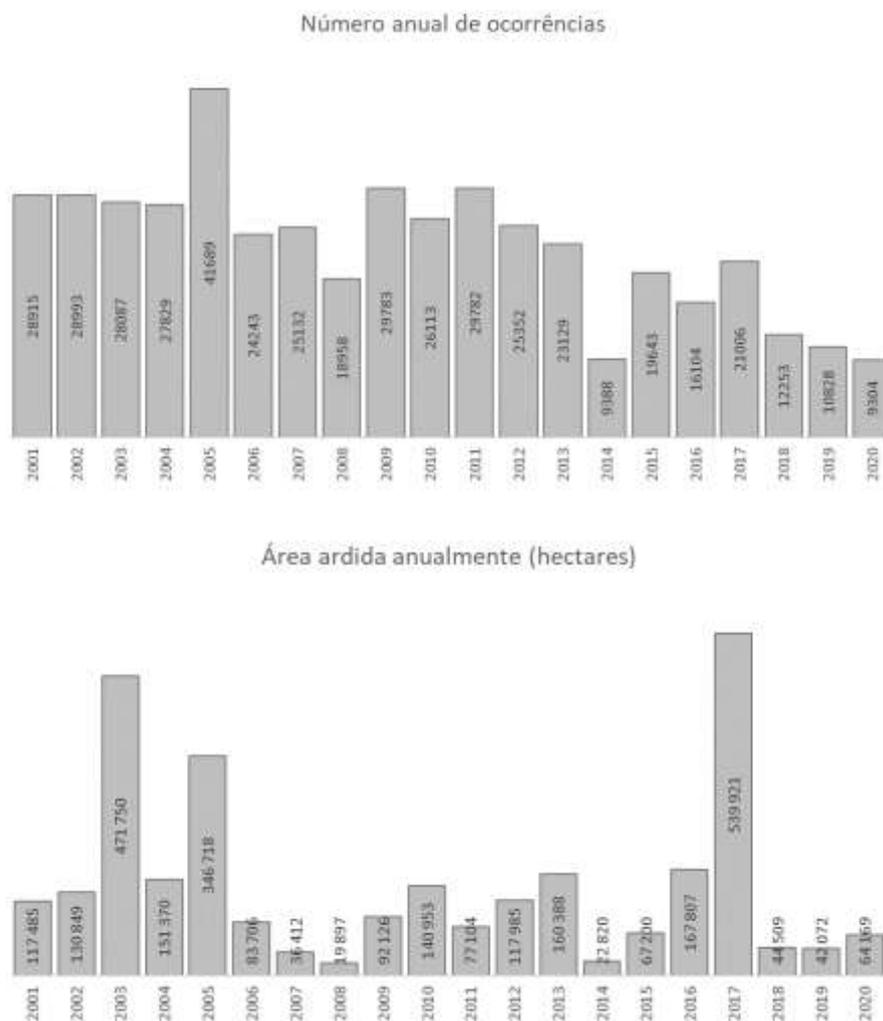
1. Distribuição das ocorrências e da área ardida por classe de dimensão nos dois períodos, talvez o mais importante indicador de modificações no desempenho funcional de uma política de gestão do fogo. A contribuição dos grandes incêndios para o total da área ardida deve ser especial motivo de preocupação, pelas implicações que eventos de maior dimensão têm na severidade dos impactos do fogo
2. Resistência do dispositivo de pré-supressão e supressão às condições meteorológicas e ao número de ocorrências.
3. Desvio dos resultados obtidos no período 2018-2020 para um conjunto alargado de indicadores face ao que seria expectável obter por extrapolação dos resultados de 2008-2017 para o mesmo contexto biofísico.

O documento termina com uma síntese e apreciação global dos resultados obtidos.



## 2. A evolução do número de ocorrências e da área ardida entre 2001 e 2020

O registo do Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais (SGIF) de 2001 até final de setembro de 2020 apresenta a evolução do número de ocorrências e de área ardida anual que se mostra na Figura 1.



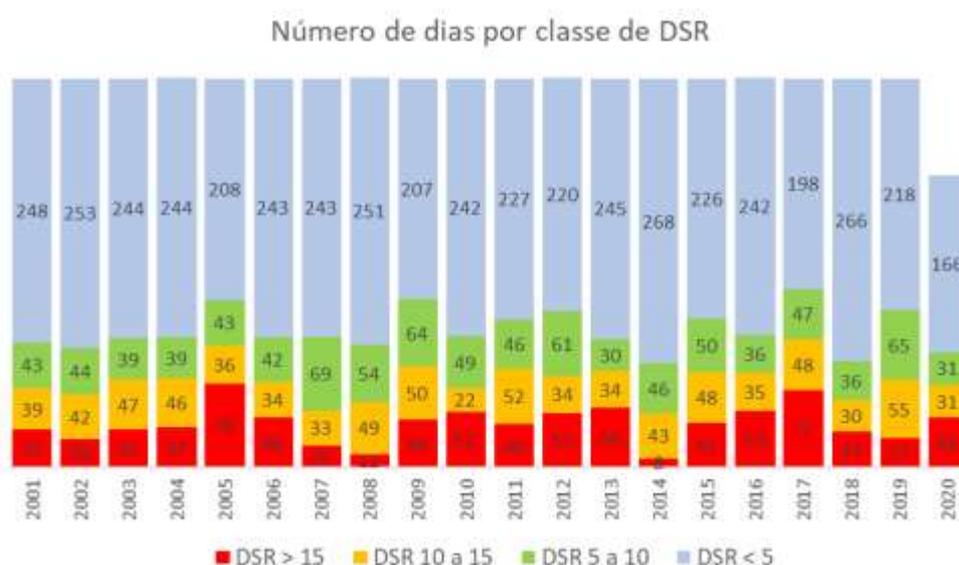
**Figura 1.** Evolução do número de ocorrências e da área ardida de 2001 a final de setembro de 2020.

A evolução do número e da área dos incêndios apresenta variações de tipo diferente. Enquanto o número de ocorrências tende a decrescer ao longo dos anos, a variação entre anos da área ardida segue um padrão bem diferente, com anos de valores muito elevados (2003, 2005, 2017) separados por anos de valores muito baixos, em particular 2007, 2008 e 2014.

De forma a poder ter em conta a meteorologia, tem sido utilizado em muitos países o Sistema Canadano de Indexação do Perigo Meteorológico de Incêndio que calcula um índice meteorológico de perigo de incêndio (*Fire Weather Index - FWI*), que exprime a sua intensidade potencial, e que pode ser convertido num índice de severidade meteorológica (*Daily Severity Rating - DSR*) que se julga mais representativo da dificuldade de combate de um incêndio florestal. O DSR pode ser utilizado para obter médias regionais calculadas com os dados de

diversas estações meteorológicas. No caso desta análise foram utilizados dados de 51 estações meteorológicas de Portugal Continental fornecidas pelo IPMA, com o cálculo do valor de DSR já efetuado para todos os dias de 1 de janeiro de 2001 a 30 de setembro de 2020. Este conjunto de estações meteorológicas dá uma muito razoável cobertura de todo o território continental.

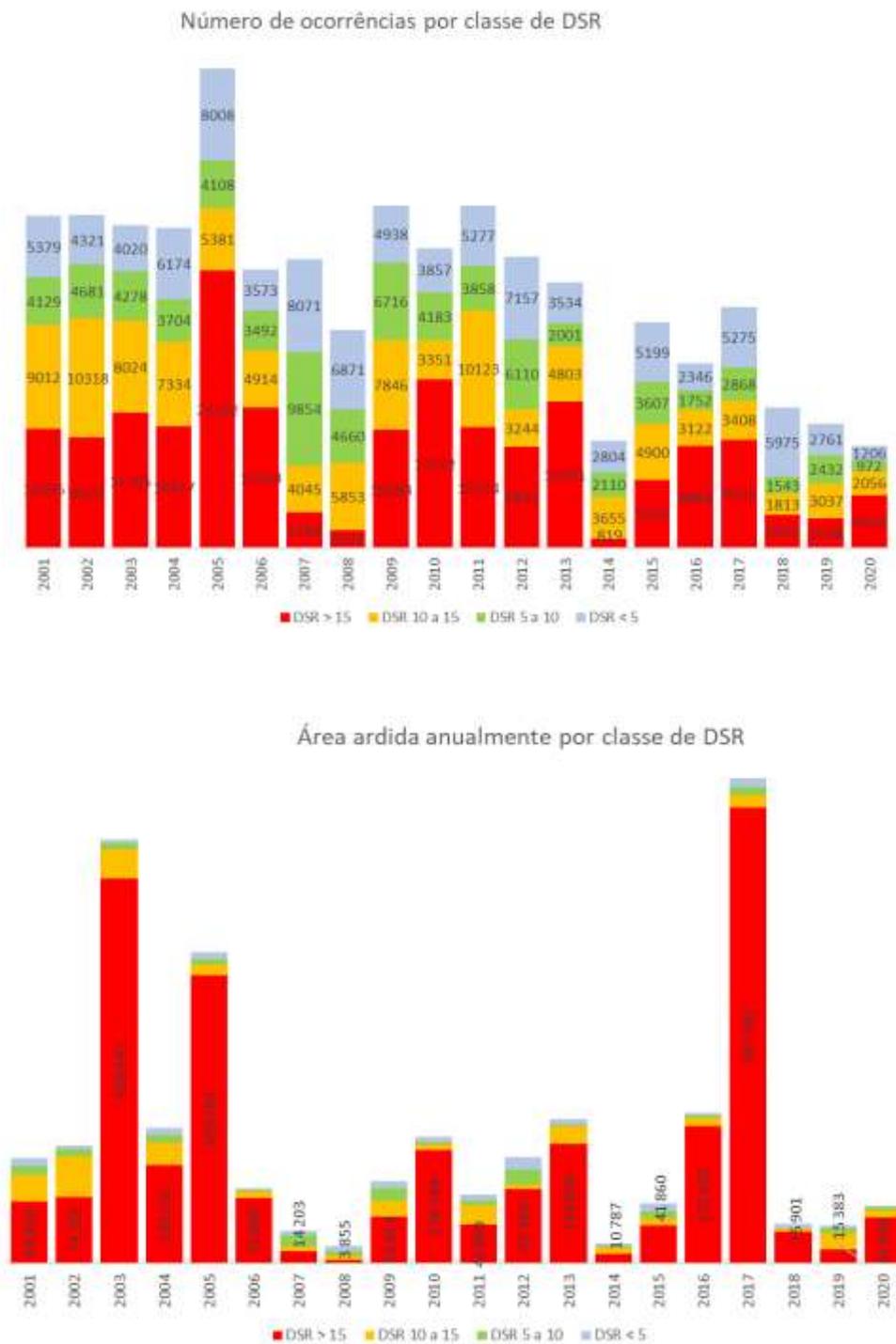
O cálculo do valor médio diário do DSR permite assim ter uma indicação da severidade média das condições meteorológicas diárias no continente do ponto de vista da dificuldade de controlo de um incêndio. De forma a ter uma leitura mais sintética das diferentes condições meteorológicas em cada ano, os dias foram classificados em quatro classes, semelhantes às utilizadas pelo ICNF em diversos relatórios. A classe de DSR acima de 15 corresponderá às condições meteorológicas mais adversas, sendo a classe de DSR abaixo de 5 aquela em que as condições meteorológicas não favorecem as ignições ou a propagação dos incêndios. As classes de DSR entre 5 a 10, e de DSR entre 10 a 15, correspondem a situações intermédias. A distribuição dos dias do ano por classes de DSR é apresentada na Figura 2.



**Figura 2.** Evolução das condições meteorológicas ao longo dos vários anos de 1 de janeiro de 2001 a 30 de setembro de 2020. O número de dias por ano com condições meteorológicas extremas (DSR>15) é muito variável, destacando-se os anos de 2005 e de 2017, dois dos três anos com maior área ardida.

Os valores do número de ocorrências e da área ardida apresentados na Figura 1 podem-se distribuir pelas classes de DSR na Figura 2, resultando na Figura 3. Fica claro que as ocorrências em dias de condições meteorológicas extremas correspondem a uma percentagem significativa do total de ocorrências, mas é sobretudo evidente que a área ardida neste tipo de condições corresponde à quase totalidade da área ardida, em particular nos anos em que mais arde. Em 2003, dos 472 mil hectares de área ardida, 428 mil hectares (91%) corresponderam a condições meteorológicas extremas que ocorreram em 35 dias. Em 2005, dos 347 mil hectares de área ardida, cerca de 321 mil hectares (92%) correspondem aos 78 dias com DSR>15. E em 2017, dos 540 mil hectares registados, perto de 508 mil (94%) correspondem aos 72 dias de condições extremas com DSR>15. São, na realidade, os dias de condições meteorológicas extremas que

nos devem preocupar e que realmente testam a capacidade de resposta do dispositivo de pré-supressão e supressão de incêndios.



**Figura 3.** Distribuição do número anual de ocorrências e de área ardida por classe de DSR.

Assim, e de modo a se extraírem conclusões tendo em conta o diferente número de dias em cada classe de severidade meteorológica em cada ano, tem sido calculado o número médio de

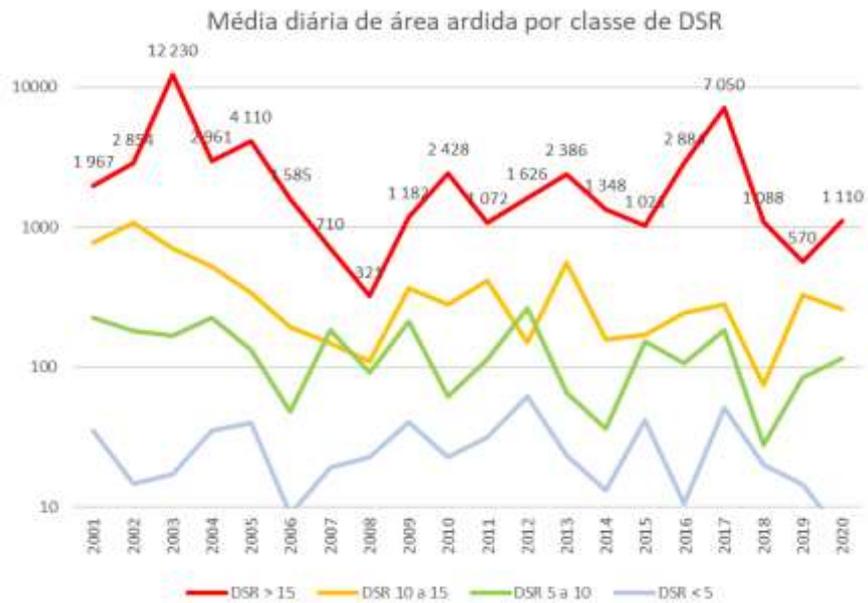
ocorrências e de área ardida por dia e por classe de DSR. O número médio de ocorrências diárias por classe de DSR é mostrado na Figura 4.



**Figura 4.** Número médio de ocorrências diárias por classe de DSR. Verifica-se uma diminuição muito significativa do número de ocorrências diárias em todas as classes de DSR durante os 20 anos em análise, à exceção da classe <5.

A análise da Figura 4 mostra uma tendência de diminuição ao longo do tempo do número de ocorrências diárias nas três classes de severidade mais elevadas, sendo essa diminuição mais acentuada quanto mais elevada é a classe. Os valores médios nas classes de DSR mais elevadas têm-se mantido globalmente constantes desde 2018. Os valores mínimos alcançados em 2007, 2008 e 2014, que são os anos com menor número de dias na classe DSR>15 e menor área ardida, desviam-se da tendência geral, sugerindo que a análise não captura totalmente o efeito de condições meteorológicas mais benignas.

No que respeita às áreas ardidas, os valores médios diários por classe de DSR estão representados na Figura 5.



**Figura 5.** Evolução da área ardida (média diária) por classe de DSR no período 2001-2020.

Na Figura 5 observa-se uma diminuição muito significativa da área ardida por dia nas duas classes de severidade mais elevadas posteriormente a 2003 e até 2008 inclusive, altura a partir da qual a área ardida diária sob DSR>15 exhibe uma ligeira tendência de aumento até culminar no máximo registado em 2017.

O Anexo 1 representa graficamente, e para cada ano (2001-2020), a evolução à escala nacional do número de ocorrências e área ardida paralelamente ao índice DSR.

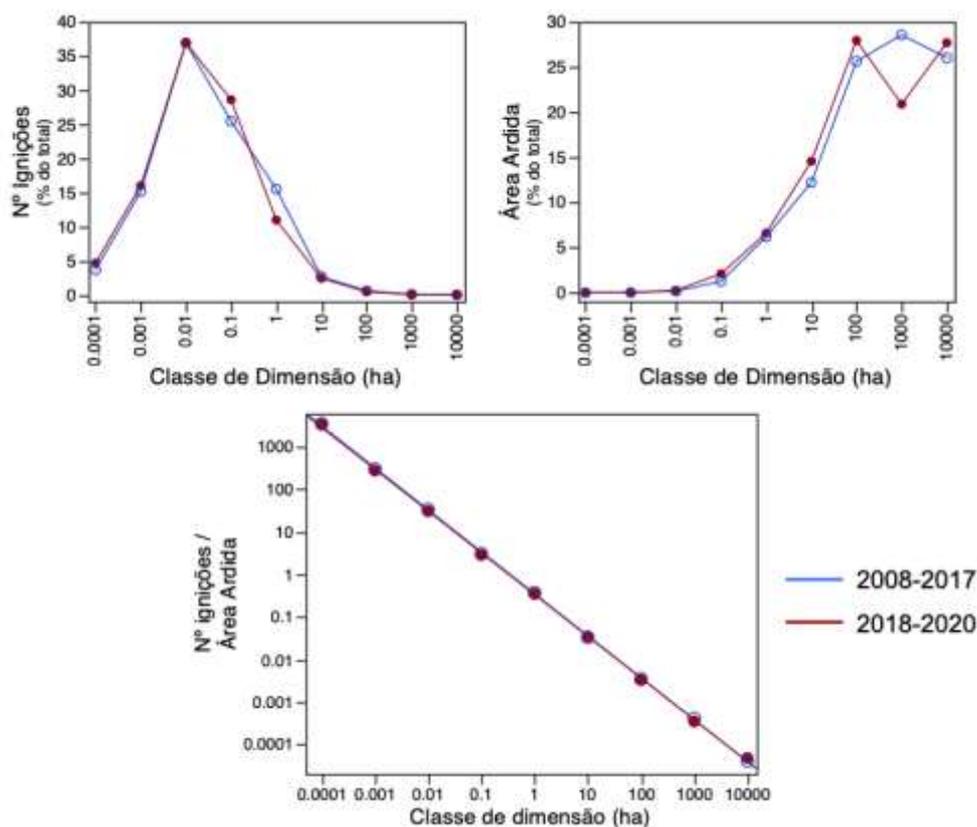


### **3. Análise comparativa do desempenho do Sistema de Defesa da Floresta Contra Incêndios (SDFCI) nos períodos 2008-2017 e 2018-2020**

#### **3.1 Distribuição das ocorrências e da área ardida por classe de dimensão**

Na Figura 6 está patente a enorme e bem conhecida assimetria entre o número de ignições e a área ardida a que dão origem. Considerámos classes de dimensão (ha) definidas por ordens de magnitude crescente: 0,0001 [0,0001-0,001]; 0,001 [0,001-0,01]; 0,01 [0,01-0,1]; 0,1 [0,1-1]; 1 [1-10]; 10 [10-100]; 100 [100-1000]; 1000 [1000-10000]; e 10000 ( $\geq 10000$ ). Assim, os fogos com menos de 10 ha de dimensão constituem 96,7% do total do número de ocorrências em 2008-2017 e 97,1% em 2018-2020, mas respondem, respetivamente, por apenas 7,6% e 8,9% da área ardida total. Em contraste, as ocorrências com  $\geq 100$  ha representam, respetivamente, 0,7% e 0,5% do total de ignições em 2008-2017 e em 2018-2020, mas absorvem 80,2% e 76,5% da área ardida total. Esta concentração da área queimada num número tão diminuto de ignições é normal nos países ou regiões em que as atividades de pré-supressão e supressão dominam a gestão do fogo.

Numa tentativa preliminar de avaliar o desempenho funcional do Sistema de Defesa da Floresta Contra Incêndios (SDFCI), faz-se agora uma comparação entre os períodos 2008-2017 e 2018-2020 no que respeita ao número de ignições e áreas ardidas por classe de dimensão. A Figura 6 mostra que a única diferença digna de nota entre os dois períodos é o maior peso da classe [1000-10000] ha em 2008-2017. Mas é a alteração na relação entre o número de ignições / área ardida e a classe de dimensão dos fogos que constitui um indicador de modificação da distribuição da área ardida por classe de tamanho dos fogos (Malamud et al. 2005). Uma regressão linear entre as formas logaritmizadas das duas variáveis, ajustada individualmente aos períodos 2008-2017 e 2018-2020, produz retas sobrepostas e com declive praticamente idêntico (Figura 6). Conclui-se, portanto, que a distribuição da área ardida por classes de dimensão dos fogos não difere entre os dois períodos.



**Figura 6.** Número relativo de ignições e de áreas ardidas por classe de dimensão das ocorrências nos períodos 2008-2017 e 2018-2020. O gráfico inferior mostra o nº de ignições / área ardida por classe de dimensão, com equações de regressão linear ajustadas às formas logaritmizadas das duas variáveis em cada um dos períodos. Classes consideradas (ha): 0,0001 [0,0001-0,001]; 0,001 [0,001-0,01]; 0,01 [0,01-0,1]; 0,1 [0,1-1]; 1 [1-10]; 10 [10-100]; 100 [100-1000]; 1000 [1000-10000]; 10000 ( $\geq 10000$ ).

### 3.2 Resistência do dispositivo de pré-supressão e supressão às condições meteorológicas e ao número de ocorrências

A enorme flutuação interanual das condições meteorológicas conduz a grande variação no número de ocorrências e, principalmente, na quantidade de área ardida. Tal impede a identificação de padrões temporais nas estatísticas de fogos rurais que expressem os resultados de alterações nas políticas e práticas de gestão do fogo.

Numa primeira abordagem à remoção do efeito da meteorologia na sequência temporal de 2008 a 2020, introduzimos o conceito de resistência do dispositivo de pré-supressão e supressão. Esta resistência é medida pelo valor do índice de perigo meteorológico de incêndio FWI que corresponde a probabilidades de 50% (determinadas por regressão logística) de que num determinado dia do ano ocorra pelo menos um fogo com  $\geq 1$  ha ou com  $\geq 100$  ha em Portugal Continental. Estes dois limiares de dimensão correspondem aos conceitos nacionais de incêndio (por oposição a fogacho,  $< 1$  ha) e de grande incêndio. O percentil 90 do FWI diário mostrou maior capacidade discriminatória, pelo que se usou este percentil na análise em vez da média ou da

mediana.

Uma melhoria do desempenho do SDFCI será traduzida em valores de FWI progressivamente mais elevados ao longo do tempo. Contudo, é expectável que a resistência do SDFCI seja influenciada pelo número de ocorrências a que tem de responder, o qual não só é influenciado pela meteorologia como também tem vindo a decrescer ao longo do tempo, tal como evidenciado anteriormente. Não sendo possível separar as duas influências, procedemos a duas análises distintas.

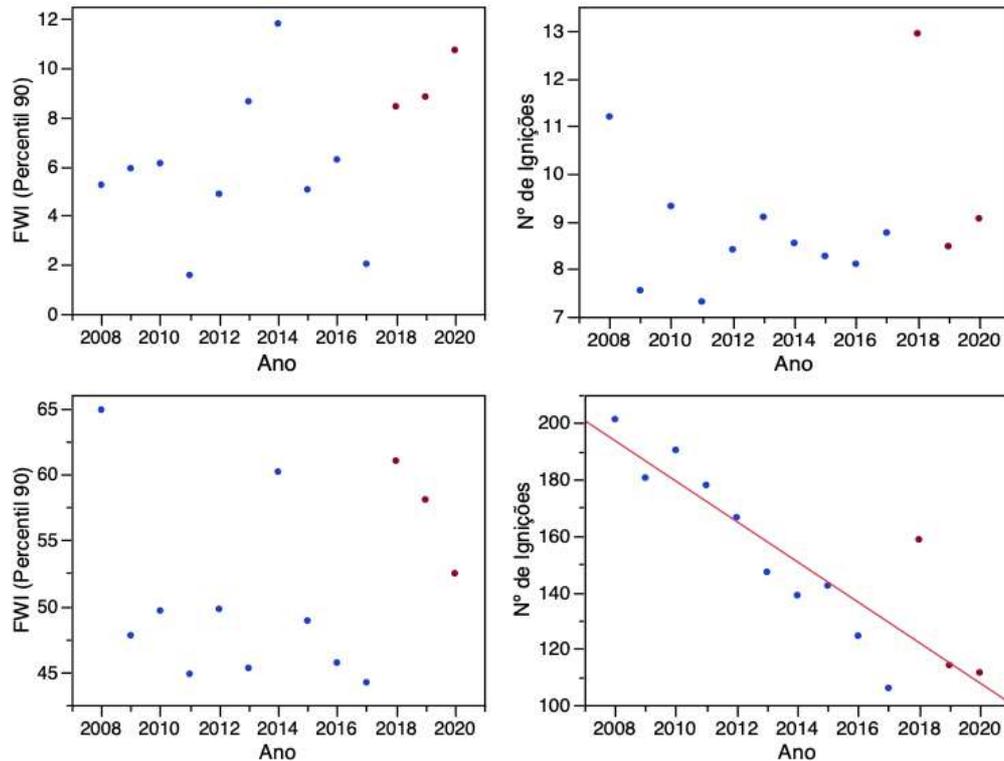
A Tabela 1 indica que no período 2018-2020 o limiar FWI de resistência do SDFCI aumentou 1,7 vezes para fogos  $\geq 1$  ha e 1,2 vezes para fogos  $\geq 100$  ha comparativamente a 2008-2017, não havendo sobreposição entre os intervalos de confiança correspondentes aos dois períodos. Há, portanto, evidência de um aumento da capacidade de resposta, para o qual a redução do nº de ignições deverá ter contribuído. Contudo, e para efeitos práticos, a capacidade de evitar fogos  $\geq 1$  ha em função do nº diário de ocorrências manteve-se ao mesmo nível.

Surpreendentemente, o limiar de ocorrências diárias correspondente à ocorrência de pelo menos um fogo  $\geq 100$  ha, diminuiu 16% de 2008-2017 para 2018-2020. A Figura 7 reforça esta constatação, ao revelar forte decréscimo do limiar de ocorrências ao longo do tempo. Esta tendência advém provavelmente de desigualdades regionais na diminuição do nº de ocorrências e na sua distribuição por classe de dimensão. Repetindo a regressão logística com a inclusão do distrito entre as variáveis independentes, verifica-se que na maior parte dos distritos a resistência do SDFCI a fogos  $\geq 100$  ha em termos do nº diário de ignições pouco se alterou em 2018-2020 relativamente a 2008-2017. Nalguns distritos essa resistência diminuiu, com grande destaque para o Porto, que concentra 25% do total de ignições a nível nacional, e onde 58 ignições diárias correspondem a 50% de probabilidade de ocorrência de pelo menos um fogo  $\geq 100$  ha, quando em 2008-2017 eram “necessárias” 97 ignições.

**Tabela 1.** Resistência do dispositivo de pré-supressão e supressão: índice de perigo meteorológico de incêndio FWI ou nº de ocorrências (com intervalo de confiança de 95%) correspondentes à probabilidade diária de 50% de ocorrência de pelo menos um fogo com  $\geq 1$  ha ou com  $\geq 100$  ha à escala nacional.

Indicador	FWI (percentil 90)		N.º de ocorrências	
	2008-2017	2018-2020	2008-2017	2018-2020
Fogo $\geq 1$ ha	5,4 (4,5-6,4)	9,1 (7,5-10,7)	9 (8-9)	10 (9-11)
Fogo $\geq 100$ ha	48,8 (47,4-50,4)	56,9 (54,1-59,8)	159 (152-165)	134 (124-146)

As diferenças constantes da Tabela 1 esbatem-se quando a escala de análise é anual em vez de interanual (Figura 7), à exceção do limiar de nº de ignições indicador da resistência a grandes incêndios, já mencionado.



**Figura 7.** Variação da resistência anual do dispositivo de pré-supressão e supressão às condições meteorológicas e ao número de ocorrências, com ajuste de regressão linear em caso de tendência temporal estatisticamente significativa. Os pontos correspondem às probabilidades diárias de 50% associadas à ocorrência de pelo menos um fogo  $\geq 1$  ha (gráficos superiores) e pelo menos um fogo  $\geq 100$  ha (gráficos inferiores). Os pontos correspondentes aos anos 2018-2020 estão destacados a vermelho.

### 3.3 Desvio dos indicadores de piroatividade no período 2018-2020 comparativamente a 2008-2017

O primeiro passo nesta análise consistiu na identificação de indicadores de desempenho da gestão do fogo. A respetiva listagem consta da Tabela 1, incluindo a correspondência com a sua relevância no quadro nacional atual, ou seja, as etapas e processos do Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais (Estratégia 2020-2030, Anexo I da Resolução do Conselho de Ministros n.º 45-A/2020). Os indicadores repartem-se pelas seguintes categorias gerais:

1. Ocorrências de fogo rural, em termos absolutos (nº de ignições) ou de probabilidade de ocorrência, em áreas do território com especial relevância, em dias propiciadores de eventos severos e nas quais o Estado tem responsabilidades acrescidas.
2. Indicadores da extensão das ocorrências individuais e, portanto, do seu contributo para a área ardida e impactos globais: probabilidades de excedência de limiares de dimensão das ocorrências com significado em termos de resposta funcional do dispositivo de pré-supressão e supressão (1, 100, 1000 ha); duração dos fogos; dimensão dos fogos; e probabilidade de reacendimento.

3. Área ardida total e o contributo relativo da floresta para a área ardida total, como indicadores de síntese do resultado global da gestão do fogo.
4. Área ardida por fogo de severidade reduzida, potencialmente fogo de gestão<sup>1</sup>, ou seja, vegetação aberta (formações arbustivas e herbáceas) ardida em dias de perigo meteorológico de incêndio reduzido ou moderado.

**Tabela 2.** Indicadores de piroatividade adotados para comparação entre os períodos 2008-2017 e 2018-2020 e sua correspondência com as fases e processos da gestão do fogo da Agência de Gestão Integrada de Fogos Rurais.

Indicador	Fase	Processos
Número de ignições	Preparação; Pré-supressão	Comunicação Integrada e Educação; Fiscalização; Análise de Risco, Alerta e Aviso; Vigilância
Probabilidade de ocorrência em condições severas em <sup>1</sup> MNPF	Preparação; Pré-supressão	Comunicação Integrada e Educação; Fiscalização; Análise de Risco, Alerta e Aviso; Vigilância
Probabilidade de ocorrência em condições severas na <sup>2</sup> RNAP	Preparação; Pré-supressão	Comunicação Integrada e Educação; Fiscalização; Análise de Risco, Alerta e Aviso; Vigilância
Probabilidade de fogo ≥1 ha	Pré-supressão; Supressão e Socorro	Análise de Risco, Alerta e Aviso; Vigilância; Pré-posicionamento; Ataque Inicial
Duração do fogo ≥1 ha	Prevenção; Supressão e Socorro	Gestão do Território Rural; Ataque Inicial; Ataque Ampliado; Rescaldo e Extinção
Dimensão dos fogos ≥1 ha	Prevenção; Supressão e Socorro	Gestão do Território Rural; Ataque Inicial; Ataque Ampliado; Rescaldo e Extinção
<sup>3</sup> Probabilidade de fogo ≥100 ha	Prevenção; Supressão e Socorro	Gestão do Território Rural; Ataque Inicial; Ataque Ampliado; Rescaldo e Extinção
Dimensão dos fogos ≥100 ha	Prevenção; Supressão e Socorro	Gestão do Território Rural; Ataque Ampliado; Rescaldo e Extinção
<sup>4</sup> Probabilidade de fogo ≥1000 ha	Prevenção; Supressão e Socorro	Gestão do Território Rural; Ataque Ampliado; Rescaldo e Extinção
Probabilidade de reacendimento	Supressão e Socorro	Rescaldo e Extinção
Área ardida	Global	Indicador de síntese
Área ardida por fogos ≥35 ha	Global	Indicador de síntese
Proporção de floresta na área ardida	Prevenção; Pré-supressão; Supressão e Socorro	Gestão do Território Rural; Análise de Risco, Alerta e Aviso; Vigilância; Pré-posicionamento; Ataque Inicial; Ataque Ampliado; Rescaldo e Extinção
<sup>5</sup> Área ardida por fogo potencialmente de gestão	Preparação; Prevenção; Pré-supressão	Comunicação Integrada e Educação; Gestão do Território Rural; Análise de Risco, Alerta e Aviso

<sup>1</sup> Definida como a superfície ardida sob condições de severidade reduzida, propiciadoras de prestação de serviços ecossistémicos, nomeadamente de aprovisionamento (para pastoreio, cinegética, apicultura) e de regulação (gestão de combustíveis, balanço de carbono), e de manutenção de biodiversidade.

<sup>1</sup> Ocorrências em dias de perigo meteorológico elevado a extremo em Mata Nacional ou Perímetro Florestal.

<sup>2</sup> Ocorrências em dias de perigo meteorológico elevado a extremo na Rede Nacional de Áreas Protegidas.

<sup>3</sup> Após ter alcançado  $\geq 1$  ha.

<sup>4</sup> Após ter alcançado  $\geq 100$  ha.

<sup>5</sup> Área ardida em matos em dias de perigo meteorológico de incêndio reduzido ou moderado.

A segunda etapa consistiu na modelação de cada um dos indicadores para o período de 2008-2017 (Anexo 2). Usámos para o efeito a base de dados de ocorrências individuais de fogo rural disponibilizada pelo ICNF para esse período, que inclui a informação usual que consta do SGIF (data, localização, área queimada por uso genérico do solo) acrescida de variáveis de contexto, como o índice FWI, a altitude ou o declive. Em seguida aplicaram-se os modelos às ocorrências verificadas em 2018-2020 e à respetiva informação proveniente do ICNF; a metodologia de análise garante que o facto do ano de 2020 ter dados parciais não prejudica os resultados e a sua interpretação. O desvio percentual entre os valores observados ( $O$ ) dos indicadores e os seus valores esperados ( $E$ ) indica a alteração de desempenho entre o período de referência e 2018-2020:

$$Desvio = \frac{(O - E)}{O} \times 100$$

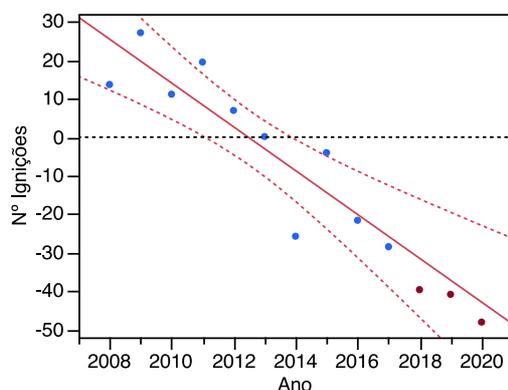
A metodologia de análise garantiu assim uma comparação entre os dois períodos sob condições *ceteris paribus* para as variáveis de controlo, das quais se destaca a importância decisiva da meteorologia, anulando, portanto, muita da variação de contexto que impediria comparações objetivas. Complementarmente, e a fim de testar a significância estatística das diferenças entre 2008-2017 e 2018-2020, o processo de modelação foi aplicado à série temporal 2008-2020, incluindo o período nas variáveis independentes para testar o seu efeito.

### **3.3.1 Tendências temporais entre 2008 e 2020 e comparação entre os dois períodos**

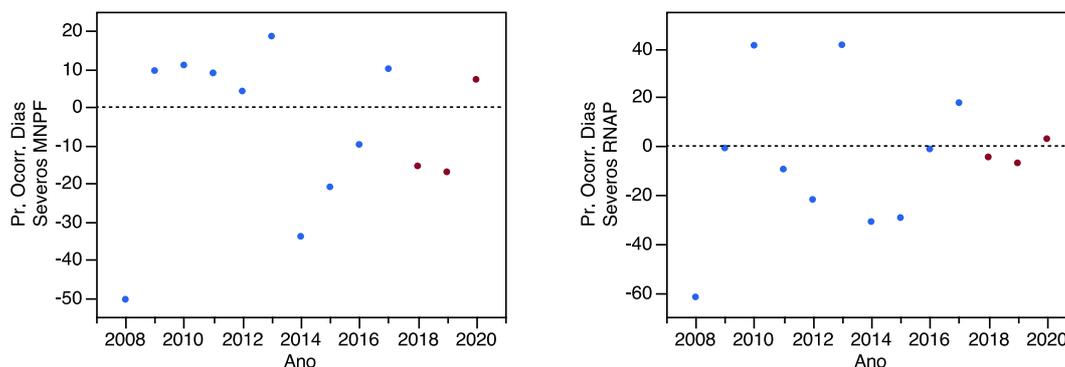
Os desvios nos indicadores constantes da Tabela 1 para a série temporal 2008-2020 relativamente ao modelo baseado nos dados de 2008-2017 são apresentados nas Figuras 8 a 13, com apresentação da tendência linear durante 2008-2017 caso existente. Tal permite perceber se os anos 2018-2020 divergem da tendência (ou sua ausência) anterior ou se configuram uma alteração. Na Tabela 2 indicam-se os desvios por indicador para o agregado 2018-2020 e para 2020.

O n.º de ignições, na sequência da tendência de mais longo prazo (Figuras 1, 3 e 4), diminuiu no período 2008-2020 (Figura 8). Os desvios negativos registados em 2018-2020 (-43%) e em 2020

(-48%) (Tabela 2) mantêm, portanto, a tendência anterior e incluem-se dentro do intervalo de confiança da regressão linear construída com os dados de 2008-2017. Esta tendência global não é, contudo, acompanhada por igual tendência de redução no que respeita à probabilidade de ocorrências em dias de pirometeorologia severa nas áreas sujeitas a regime florestal e nas áreas protegidas (Figura 9). Os desvios, negativos ou positivos, são ligeiros face a 2008-2017 em ambos os casos.



**Figura 8.** Desvio (%) do nº anual de ignições relativamente ao período 2008-2017, com ajustamento de regressão linear (com representação do intervalo de confiança de 95%) aos dados desse período.

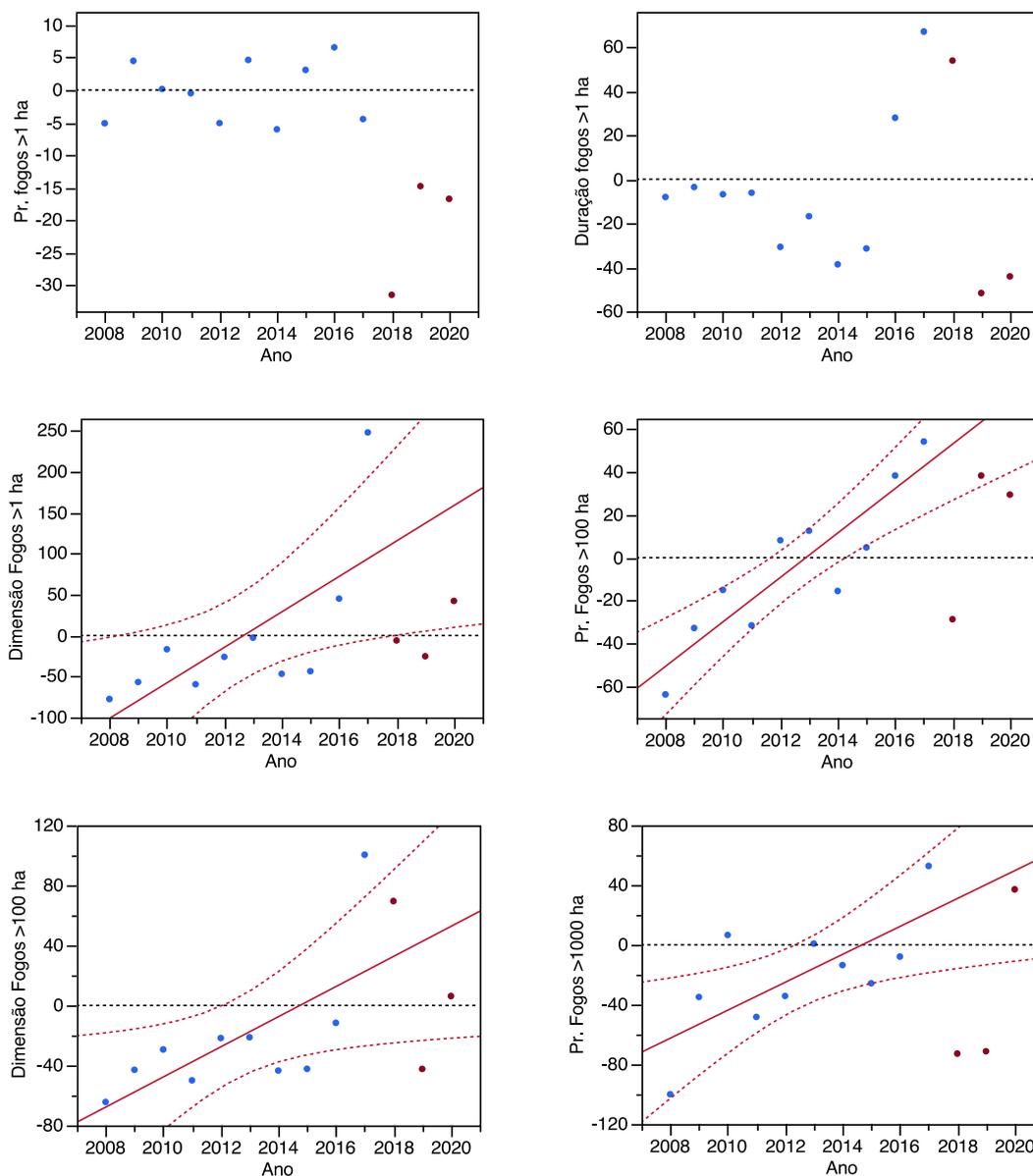


**Figura 9.** Desvios (%) anuais da probabilidade de ocorrência de ignições em condições severas em MNPF e na RNAP relativamente ao período 2008-2017.

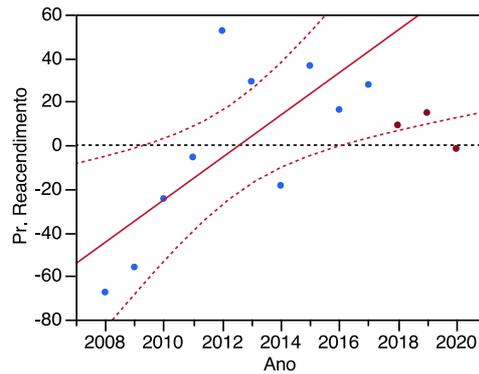
A probabilidade de um fogacho se tornar num fogo ( $\geq 1$  ha), bem como a sua duração, não evoluíram entre 2008 e 2017 (Figura 10). Mas em 2018-2020 registou-se um desvio de -22% (Tabela 2) na probabilidade de fogo  $\geq 1$  ha face a 2008-2017, para o qual contribuiu de forma mais relevante o ano de 2018. As alterações são menos evidentes no que respeita à duração dos fogos (-18% em 2018-2020), uma vez que o grande desvio positivo de 2018 está próximo daquele observado em 2017, mas os desvios negativos de 2019-2020 estão em linha com a tendência de decréscimo de 2008-2015 que havia sido interrompida em 2016-2018.

Contrariamente às duas variáveis anteriores, a dimensão dos fogos  $\geq 1$  e  $\geq 100$  ha, bem como a probabilidade de ocorrência de incêndios  $\geq 100$  e  $\geq 1000$  ha, apresentam tendências marcadas

entre 2008 e 2017. Para todos estes indicadores é notório um aumento ao longo daquele período. Os desvios destes indicadores em 2018-2020 variam. Globalmente, a dimensão dos fogos  $\geq 1$  e  $\geq 100$  ha não se desviou face a 2008-2017, mas em 2020 a dimensão dos primeiros aumentou 42%. Mais significativamente, são relevantes os aumentos da probabilidade de incêndios  $\geq 100$  em 2019 e em 2020, e  $\geq 1000$  ha em 2020, na casa dos 20-40%.

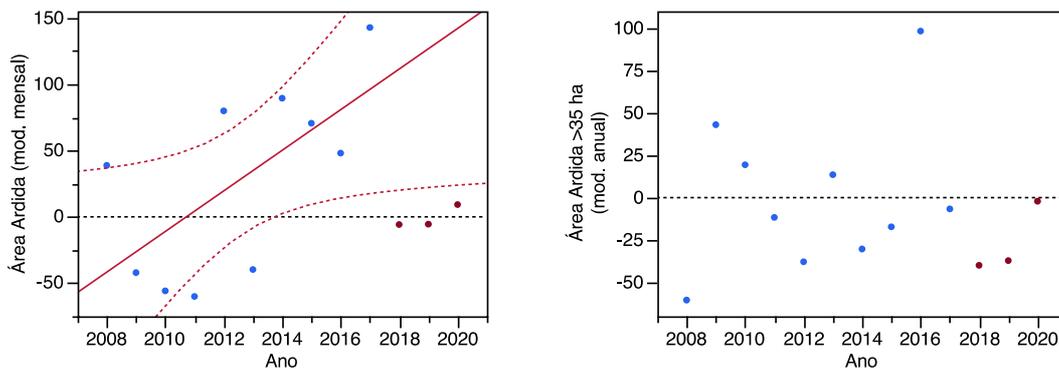


**Figura 10.** Desvios (%) anuais dos indicadores de dimensão dos fogos relativamente ao período 2008-2017, com regressões lineares (com representação do intervalo de confiança de 95%) ajustadas aos dados desse período em caso de tendência estatisticamente significativa.



**Figura 11.** Desvio (%) anual da probabilidade de reacendimento relativamente ao período 2008-2017, com regressão linear ajustada (e seu intervalo de confiança de 95%) aos anos desse período.

A sequência 2018-2020 interrompe a tendência de aumento da probabilidade de reacendimento verificada durante 2008-2017 (Figura 11). Ainda assim, revela um desvio de 7% face ao expectável (Tabela 2).



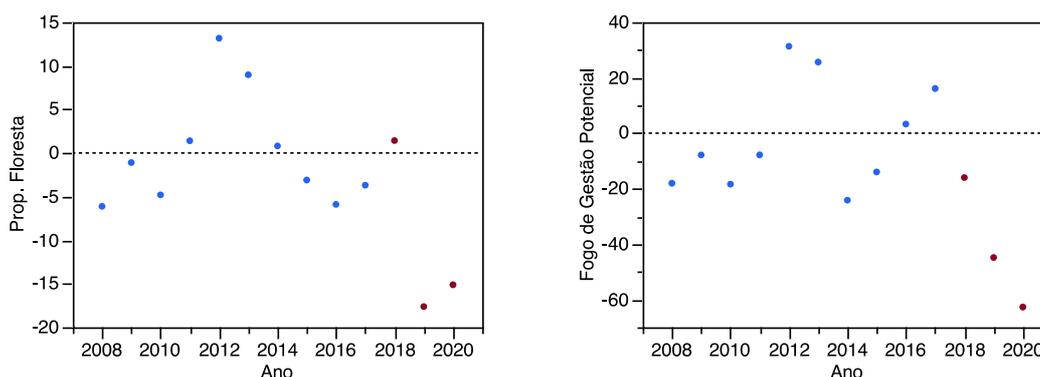
**Figura 12.** Desvios (%) anuais da área ardida total relativamente ao período 2008-2017, com regressão linear (com representação do intervalo de confiança de 95%) ajustada aos anos desse período em caso de tendência estatisticamente significativa.

Os desvios produzidos pelos dois modelos de área ardida são distintos (Figura 12). A análise produzida para este Estudo Técnico, em que as áreas ardidas são agregadas à escala mensal e distrital, indica uma tendência de aumento da área ardida durante 2008-2017. O período 2018-2020 diverge dessa tendência, não se desviando da média de 2008-2017, mas regista um aumento de 9% em 2020. O segundo modelo, pré-existente (Fernandes et al. 2019) e desenvolvido à escala nacional e anual para fogos  $\geq 35$  ha, não mostra evolução durante 2008-2017 e aponta para um desvio significativo de -39% em 2018-2020 (Tabela 2), desvio esse totalmente atribuível a 2018-2019<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Curiosamente, o segundo modelo indica que a grande anomalia (no sentido de área ardida inesperada) sucedeu em 2016 e não em 2017. Em 2016 a área ardida foi o dobro do que seria expectável, o que se poderá atribuir à concentração de grandes incêndios na faixa ocidental entre o Mondego e o Minho, dominados por ventos de leste e com grande expansão noturna, e portanto menos correlacionados com o FWI diário, que em geral não atingiu valores muito extremos. Ocorreram ainda grandes incêndios,

A vantagem analítica do segundo modelo reside na integração do efeito de redução de combustível que advém dos fogos ocorridos nos anos anteriores, o qual diminui regionalmente a extensão de território passível de ser percorrido por grandes incêndios. Este efeito tem sido confirmado por vários estudos em Portugal e persiste durante 6 a 8 anos (Price et al. 2015, Fernandes et al. 2016, 2019). Assim, a tendência de aumento na área ardida identificada pelo modelo de base mensal para 2008-2017 refletirá, pelo menos em parte, a acumulação de combustível posterior aos grandes incêndios de 2003 e 2005. Áreas queimadas em 2016 e 2017 contribuirão para limitar a expansão de secções do perímetro de alguns dos maiores incêndios ocorridos em 2018-2020, nomeadamente no Pinhal Interior e serra de Monchique, enquanto que outros incêndios na casa dos 500-1000 ha, como em 2020 em S. João da Pesqueira e em Alijó, foram parcialmente ou totalmente controlados no interior de áreas ardidas em 2017.

O contributo relativo das superfícies arborizadas para a área ardida total (Figura 13) não mostra uma tendência definida em 2008-2017, sendo de salientar que 2019 e 2020 apresentam os maiores desvios negativos durante a sequência 2008-2020; globalmente, o decréscimo em 2018-2020 foi de 9% (Tabela 2).



**Figura 13.** Desvios (%) anuais da proporção de floresta na área ardida total e na área potencial de fogo de gestão relativamente ao período 2008-2017.

---

nomeadamente no Algarve e em Trás-os-Montes, devido à passagem de uma superfície frontal com ventos fortes no início de setembro.

**Tabela 2.** Desvios (%) nos indicadores de piroatividade em 2018-2020 e em 2020 relativamente ao período 2008-2017. Destacam-se a azul e a vermelho os desvios que indiciam, respetivamente, melhor e pior desempenho. As cores assinalam os maiores desvios (>33% ou <-33%). A coluna Significância está preenchida para as variáveis em que se verificou mudança estatisticamente significativa de aumento (ou diminuição de 2008-2017 para 2018-2020; (-) e (+) denotam tendências de alteração sem significância estatística.

Indicador	2018-2020	2020	Significância
Nº de ignições	-42,6	-48,1	-
Probabilidade de ocorrências em dias severos em MNPF	-7,5	7,3	(-)
Probabilidade de ocorrências em dias severos na RNAP	-3,4	3,0	
Probabilidade de fogos ≥1 ha	-21,9	-16,7	-
Duração dos fogos ≥1 ha	-17,8	-44,1	-
Dimensão dos fogos ≥1 ha	1,4	42,2	+
Probabilidade de fogos ≥100 ha	16,7	29,5	
Dimensão dos fogos ≥100 ha	-2,4	6,2	
Probabilidade de fogos ≥1000 ha	-24,9	37,1	
Probabilidade de reacendimentos	7,4	-1,5	(+)
Área ardida anual (modelo mensal)	0,2	9,3	-
Área ardida anual por fogos ≥35 ha (modelo anual)	-38,9	-2,1	NA
Proporção de floresta na área ardida	-7,9	-15,1	
Área ardida por fogo potencialmente de gestão	-39,7	-62,7	-

Concluindo, a superfície percorrida por potenciais fogos de gestão (Figura 13) também não indicia um claro padrão de variação em 2008-2017. Contudo, diminuiu assinalavelmente (40%) em 2018-2020, e particularmente em 2020 (63%)<sup>3</sup>.

A Tabela 2 indica que nem todos os desvios quantificados e atrás descritos correspondem a diferenças estatisticamente significativas entre o período de referência e 2018-2020, mesmo quando a magnitude do desvio é substancial.

### 3.3.2 Desvios mensais em alguns indicadores de piroatividade

A Tabela 3 contém os desvios mensais para 2018-2020 de alguns indicadores seleccionados. A redução do nº de ignições foi maior nos meses em que tal é mais relevante, ou seja, de julho a outubro. Houve reduções em todos os outros meses, exceto em abril e maio, o que pode estar relacionado com as práticas (impulsionadas a partir de 2018) de queima de resíduos resultantes

<sup>3</sup> A área ardida (média anual) equiparável a fogo de gestão foi de 4312 ha em 2008-2017, mais do dobro da média anual de área tratada com fogo controlado, mas de apenas 1609 ha em 2018-2020.

das intervenções de gestão de combustíveis em torno do edificado.

Os desvios na probabilidade do fogo atingir ou superar 1 ha de dimensão são negativos em todos os meses, mas a variação é grande, sendo maiores em agosto, outubro e dezembro.

A redução da probabilidade de reacendimento foi pouco convincente nos meses de verão, aliás verificou-se um aumento em julho. Houve aumentos substanciais na primavera, o que pode também estar associado a queimas de material produzido pela gestão de combustíveis.

Finalmente, houve uma redução da área de fogo de severidade reduzida, transversal aos meses do ano, exceto em abril, e que foi particularmente notória em setembro-novembro.

**Tabela 3.** Desvios (%) mensais de alguns indicadores de piroatividade em 2018-2020 relativamente a meses homónimos no período 2008-2017. Destacam-se a azul e a vermelho os desvios que indiciam respectivamente melhor e pior desempenho.

Mês	Número de ignições	Probabilidade fogos $\geq 1$ ha	Probabilidade Reacendimento	Fogo potencialmente de gestão
Janeiro	-11,1	-16,4	-21,9	-16,4
Fevereiro	-11,6	-25,3	-6,2	-34,8
Março	-31,7	-22,3	78,1	-43,5
Abril	30,8	-2,3	-23,0	21,2
Mai	37,6	-22,0	66,8	-27,4
Junho	-23,0	-3,3	-20,2	-43,2
Julho	-43,6	-17,0	14,7	-57,2
Agosto	-59,0	-33,2	-2,2	-40,5
Setembro	-56,0	-18,0	-2,6	-80,8
Outubro	-55,4	-34,2	-9,1	-75,1
Novembro	-17,9	-4,0	5,7	-70,2
Dezembro	-24,8	-59,2	-100,0	-36,4

### 3.3.3 Desvios de alguns indicadores de piroatividade em dias de perigo meteorológico de incêndio elevado a extremo

A modificação dos indicadores de piroatividade nos dias em que o perigo meteorológico de incêndio pode originar incêndios de maior magnitude em área e em impacto é particularmente importante. Neste domínio os progressos são notórios relativamente ao nº de ignições, com desvios negativos mais assinaláveis nos dias mais severos (Tabela 4). Constata-se a dificuldade crescente em reduzir a proporção de ocorrências  $\geq 1$  ha à medida que o perigo meteorológico se agrava, e é também tímida (ou inexistente) a redução da probabilidade de reacendimento. Porém, é de assinalar a redução da duração dos fogos  $\geq 1$  ha, com correspondência na sua dimensão, à exceção da quase duplicação registada para a classe de perigo extremo. Como resultado global, a área ardida diminuiu assinalavelmente em dias de perigo elevado e aumentou

modestamente nos dias de perigo extremo.

**Tabela 4.** Desvios (%) para as classes de perigo meteorológico de incêndio elevado, muito elevado e extremo de alguns indicadores de piroatividade em 2018-2020 relativamente ao período 2008-2017. Destacam-se a azul e a vermelho os desvios que indiciam respetivamente melhor e pior desempenho.

Classe	Número ignições	Probabilidade fogos $\geq 1$ ha	Duração fogos $\geq 1$ ha	Dimensão fogos $\geq 1$ ha	Probabilidade reacendimento	Área ardida
Elevado	-42,0	-33,3	-32,9	-61,7	12,9	-29,2
Muito Elevado	-53,9	-23,3	-36,8	-40,2	12,6	-16,9
Extremo	-57,8	-12,7	-44,6	89,5	-12,9	11,9

### 3.3.4 Desvios nos indicadores de piroatividade à escala distrital

A Tabela 5 revela uma grande diversidade de situações regionais relativamente aos desvios registados em 2018-2020, dado o nº de indicadores em jogo e as possíveis combinações de resultados.

A redução do nº de ignições foi muito substancial no norte e centro do país, mas modesta nos distritos de Castelo Branco, Santarém e a sul do Tejo, sugerindo que é difícil diminuir o nº de ocorrências de fogo rural nas regiões onde a densidade de ignições já é baixa. Os desvios negativos da probabilidade de fogo  $\geq 1$  ha foram particularmente evidentes em Vila Real, Viseu e Leiria, sendo esse progresso tímido no sul do país. Contudo, boa parte dos distritos do sul evidencia menor duração e menor dimensão dos fogos  $\geq 1$  ha em 2018-2020. A norte, distinguiram-se neste aspeto os distritos de Braga e Porto.

Sendo ponto assente que o principal problema reside no número e dimensão dos maiores incêndios, distinguem-se pela negativa, ou seja, por desvios positivos em pelo menos um dos indicadores, os distritos de Viseu, Santarém e Beja, e particularmente os distritos de Bragança, Aveiro, Castelo Branco, Leiria e Faro. Os restantes distritos apresentam números favoráveis e foram muito pouco ou nada (desvios de -100%) assolados por incêndios  $\geq 1000$  ha.

As idiossincrasias regionais estão bem patentes no indicador probabilidade de reacendimento. A este respeito merecem atenção os distritos do Porto e Bragança e, em menor grau, alguns distritos do sul do país.

Relativamente à área ardida total, constatam-se desvios positivos de grande amplitude em Faro e Castelo Branco, exatamente onde ocorreram os incêndios mais marcantes de 2018-2020 e que ultrapassaram 10.000 ha, seguidos a grande distância por Beja, Portalegre e Leiria. Note-se que a magnitude destes desvios positivos é influenciada pela perda de “memória” inerente ao processo de modelação relativamente aos grandes incêndios de 2003-2006, uma vez que

apenas se considerou o intervalo 2008-2017. O Pinhal Interior e a região serrana do Algarve registam simultaneamente os maiores incêndios do país e o maior intervalo de retorno do fogo (Oliveira et al. 2012), pelo que os modelos desenvolvidos não incorporam a dinâmica da perigosidade associada à acumulação de combustível. De entre os restantes distritos há que destacar a Guarda, pela magnitude do desvio negativo em territórios tão frequentemente percorridos pelo fogo. São pouco vincadas as flutuações regionais dos desvios na proporção de floresta na área ardida total e na área queimada por fogo potencialmente de gestão.

**Tabela 5.** Desvios (%) distritais dos indicadores de piroatividade em 2018-2020 relativamente ao período 2008-2017. Destacam-se a azul e a vermelho os desvios que indiciam respetivamente melhor e pior desempenho.

Distrito	N.º ignições	Prob. fogos ≥1 ha	Duração fogos ≥1 ha	Dimensão fogos ≥1 ha	Prob. fogos ≥100 ha	Dimensão fogos ≥100 ha	Prob. fogos ≥1000 ha	Prob. Reacendim.	Área ardida	Prop. Floresta	Fogo de gestão"
Aveiro	-49,3	-24,0	-17,2	-14,1	-0,7	-58,4	45,1	-3,3	-18,9	-12,3	-58,5
Beja	-9,7	-5,7	-37,2	-27,0	-16,5	53,9	-7,5	-70,8	90,2	-9,7	-61,6
Braga	-45,6	-13,9	-17,9	-63,0	-0,2	-58,8	-100,0	11,7	-53,8	3,6	-40,4
Bragança	-35,3	-15,7	-26,0	-33,2	214,2	-35,5	8,2	74,5	-39,7	-0,5	-55,0
Castelo Branco	-14,9	-11,6	40,2	352,0	-0,4	73,6	71,3	-76,9	550,7	4,4	-50,1
Coimbra	-44,0	-32,7	-25,3	-41,8	-7,1	-63,4	-100,0	-36,2	-41,3	-26,3	-38,2
Évora	-5,7	7,8	-51,1	-67,2	-0,5	-33,8	-100,0	29,3	-3,7	-56,5	11,0
Faro	-13,7	-1,2	95,5	1260,8	13,4	348,7	141,7	-45,2	2721,5	-25,2	196,6
Guarda	-49,3	-23,1	-19,0	-39,6	-0,3	-72,1	-100,0	9,3	-80,9	-26,1	-56,6
Leiria	-37,5	-37,8	-36,7	17,0	-29,7	-2,0	543,1	-15,0	42,0	37,5	-33,6
Lisboa	-53,3	-14,7	-34,9	-70,7	-0,3	-36,2	-100,0	10,4	-63,0	-6,1	-60,7
Portalegre	-0,2	-6,9	-18,3	-30,0	-45,3	-64,2	-100,0	29,1	58,3	11,6	-75,4
Porto	-45,9	-32,0	-32,1	-54,5	0,6	-39,5	-100,0	77,8	-23,0	-28,4	-65,4
Santarém	-26,4	-20,8	-37,5	-42,1	55,3	-59,3	-100,0	22,0	-43,4	-21,5	-61,4
Setúbal	-50,2	18,6	-47,1	-79,7	-0,8	-78,5	-100,0	-30,6	-62,6	-41,1	-26,0
V. Castelo	-34,7	-21,2	-5,9	-42,6	21,5	-55,2	-100,0	-10,4	28,1	1,7	5,6
Vila Real	-52,4	-37,1	-30,8	-17,7	-0,6	-33,3	-30,9	-16,2	-29,1	-3,0	-29,6
Viseu	-49,5	-39,0	-21,4	2,9	51,0	-28,8	32,8	-42,8	-41,6	8,1	-8,6



## 4. Síntese e conclusão

Os resultados das políticas e práticas de gestão do fogo dependem do contributo relativo do clima-meteorologia, ignições e vegetação (combustível) para o regime de fogo, sabendo à partida que a influência humana está limitada ao segundo e ao terceiro aspetos. Os últimos 20 anos caracterizaram-se por um decréscimo continuado do nº de ignições e enorme variação da área ardida anual em Portugal, muito dependente da variabilidade interanual das condições meteorológicas. Com efeito, e à semelhança de outras regiões do mundo, a variabilidade interanual da área ardida aumentou progressivamente ao longo do período 1984-2018 como resultado do efeito combinado entre alterações climáticas, aumento da continuidade do espaço florestal e aposta continuada na resposta à ocorrência de fogo em detrimento da sua mitigação por intervenção no território (Fernandes et al. 2020). A pressão seletiva (ou *feedback* positivo) que daí resulta desloca a distribuição do comportamento do fogo e da dimensão dos fogos para o extremo da sua severidade, deslocação essa que é potenciada pela combinação entre paisagens crescentemente vulneráveis e condições meteorológicas cada vez mais favoráveis a grandes incêndios.

Menos de um por cento das ignições causa cerca de 80% da área ardida total em Portugal, uma desigualdade que é comum a qualquer região do mundo onde opere um sistema de pré-supressão e supressão do fogo. Verificámos que:

- A distribuição da superfície queimada por classe de dimensão das ocorrências de fogo rural se manteve sem alteração de 2008-2017 para 2018-2020.
- Contudo, foi notória a maior robustez do SDFC no período mais recente, uma vez que o reforço da prontidão e resposta ao fogo se materializou no aumento do índice de perigo meteorológico de incêndio a partir do qual é expectável a ocorrência de fogos  $\geq 1$  e  $\geq 100$  ha.

A fim de comparar o mais objetivamente possível os resultados alcançados em 2018-2020 face aos 10 anos anteriores modelou-se a variação de 14 indicadores de piroatividade com os dados de 2008-2017. Da aplicação dos modelos ao segundo período resultou a quantificação relativa (%) do desempenho à escala anual e para os dois períodos. Os resultados mostram que:

- O investimento contínuo no DECIF durante 2008-2017, mesmo com a progressiva redução do nº de ignições, não diminuiu a probabilidade de fogos  $\geq 1$  ha, nem evitou as tendências de aumento da dimensão dos fogos, da probabilidade de grandes incêndios e da probabilidade de reacendimentos ao longo desse período;
- As tendências de crescimento observadas durante 2008-2017 foram parcialmente anuladas em 2018-2020, ainda que com resultados menos conseguidos no verão, nos dias com maior perigo meteorológico e no sul do país;

- Em 2018-2020 o nº de ignições herdou a trajetória descendente do período anterior, com desvios negativos mais pronunciados nos dias de perigo meteorológico de incêndio muito elevado ou extremo, ainda que a probabilidade de ocorrência nas áreas sujeitas a regime florestal e nas áreas protegidas não tenha diminuído nesses dias críticos;
- Melhorias na prontidão e combate aos incêndios foram visíveis na menor probabilidade de uma ocorrência de fogo rural exceder 1 ha de dimensão em 2018-2020. Contudo, e apesar da duração dos fogos  $\geq 1$  ha ter diminuído, a sua dimensão aumentou, o que se deve principalmente a 2020;
- Face ao período de referência, não houve em 2018-2020 alterações na probabilidade de ocorrência de grandes incêndios nem na sua dimensão.

Os resultados de 2018-2020 não são alheios ao impacto da enorme área ardida registada em 2017, tal como os resultados crescentemente insatisfatórios ao longo de 2008-2017 não são dissociáveis da recuperação da vegetação após 2003-2006. O processo de análise não tem capacidade para filtrar essa influência. Contudo, o modelo descritivo da área ardida anual que integra o efeito dos incêndios passados na “disponibilidade” de território passível de arder estima para 2018-2020 uma redução na área ardida de 39% face ao que seria expectável. Tal sugere progressos no desempenho global da gestão do fogo em Portugal.

Por outro lado, e não desvalorizando as melhorias necessárias na cadeia que vai da preparação à supressão, o facto do desvio da área ardida ser de apenas -2% em 2020 indica que há um longo caminho a percorrer na gestão do território rural no sentido de o tornar mais resistente à propagação do fogo.

É claro que a área ardida é um indicador bastante imperfeito dos impactes dos incêndios (Moreira et al. 2020). Um melhor indicador deverá sempre ter em conta as condições meteorológicas e a severidade, ou os impactes que lhe estão associados. Desta forma, as tarefas de avaliação do futuro Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais deverão considerar a pirometeorologia e recorrer a indicadores objetivos dos impactes negativos (e positivos) dos fogos no âmbito das melhores práticas de análise de risco. Neste sentido, a tendência verificada em 2018-2020 de diminuição da área percorrida por fogos de reduzida severidade, potencialmente classificáveis como de gestão, é preocupante e contraproducente, uma vez que contraria as iniciativas de apoio às queimadas pastoris em curso e os esforços de expansão da técnica do fogo controlado.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Considerando que muitos destes fogos ocorrem em perímetros florestais e em áreas protegidas, os fogos potencialmente classificáveis como de gestão deveriam ser monitorizados pelo ICNF enquanto gestor do espaço em causa e num período em que o dispositivo de supressão tem menor capacidade de intervenção.

## Referências

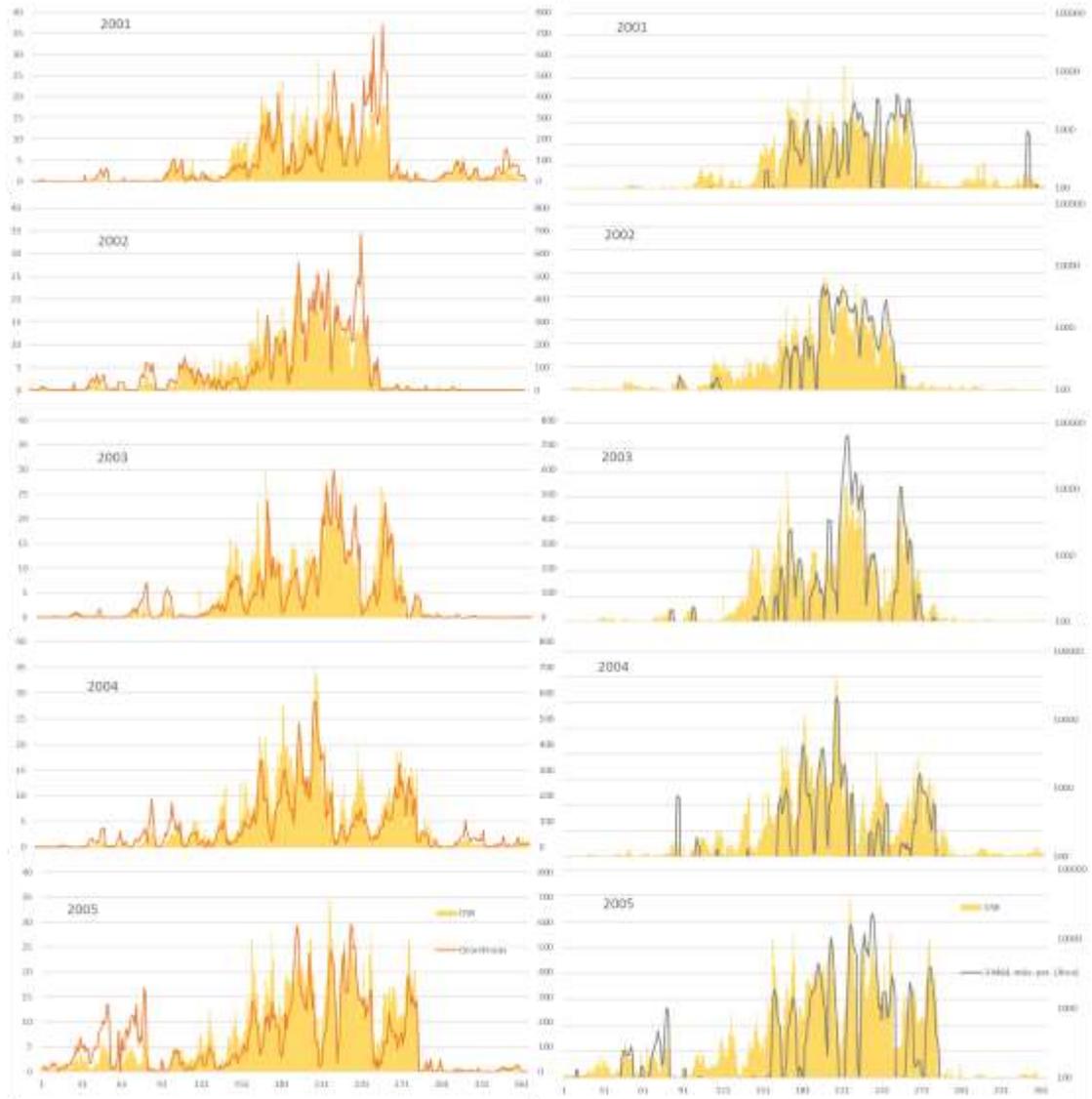
- Barbero, R., Abatzoglou, J.T., Pimont, F., Ruffault, J., Curt, T. 2020. Attributing increases in fire weather to anthropogenic climate change over France. *Frontiers in Earth Science* 8: 104.
- Fernandes, P.M., Delogu, G.M., Leone, V., Ascoli, D. 2020. Wildfire policies contribution to foster extreme wildfires. In: Tedim, F., Leone, V., McGee, T. (Eds.), *Extreme Wildfire Events and Disasters*. Elsevier. pp. 187–200.
- Fernandes, P.M., Guiomar, N., Rossa, C.G. 2019. Analysing eucalypt expansion in Portugal as a fire-regime modifier. *Science of the Total Environment* 666: 79–88.
- Fernandes, P.M., Pacheco, A.P., Almeida, R., Claro, J. 2016. The role of fire suppression force in limiting the spread of extremely large forest fires in Portugal. *European Journal of Forest Research* 135: 253–262.
- Malamud, B.D., Millington, J., Perry, G. 2005. Characterizing wildfire regimes in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 102: 4694–4699.
- Marques, S., Borges J.G., Garcia-Gonzalo, J., Moreira, F., Carreiras, J.M.B., Oliveira, M.M., Cantarinha, A., Botequim, B., Pereira, J.M.C. 2011. Characterization of wildfires in Portugal. *European Journal of Forest Research* 130: 775–784.
- Moreira, F., Ascoli, D., Safford, H., Adams, M.A., Moreno, J.M., Pereira, J.M.C., Catry, F.X., Armesto, J., Bond, W., González, M.E., Curt, T., Koutsias, N., McCaw, L., Price, O., Pausas, J.G., Rigolot, E., Stephens, S., Tavsanoglu, C., Vallejo, V.R., Van Wilgen, B.W., Xanthopoulos, G., Fernandes, P.M. 2020. Wildfire management in Mediterranean-type regions: paradigm change needed. *Environmental Research Letters* 15: 011001.
- Nunes, A.N., Lourenço, L., Meira, A.C. 2016. Exploring spatial patterns and drivers of forest fires in Portugal (1980–2014). *Science of the Total Environment* 573:1190–1202.
- Oliveira, S.L., Pereira, J.M., Carreiras, J.M. 2012. Fire frequency analysis in Portugal (1975–2005), using Landsat-based burnt area maps. *International Journal of Wildland Fire* 21: 48–60.
- Price, O.F., Pausas, J.G., Govender, N., Flannigan, M., Fernandes, P.M., Brooks, M.L., Bird, R.B. 2015. Global patterns in fire leverage: the response of annual area burnt to previous fire. *International Journal of Wildland Fire* 24: 297–306.
- Silva, J.M., Moreno, M.V., Le Page, Y., Oom, D., Bistinas, I., Pereira, J.M.C. 2019. Spatiotemporal trends of area burnt in the Iberian Peninsula, 1975–2013. *Regional Environmental Change* 19: 515–527.
- Turco, M., Bedia, J., Di Liberto, F., Fiorucci, P., Von Hardenberg, J., Koutsias, N., Llasat, M.C., Xystrakis, F., Provenzale, A. 2016. Decreasing fires in mediterranean Europe. *PLoS One* 11: e0150663.

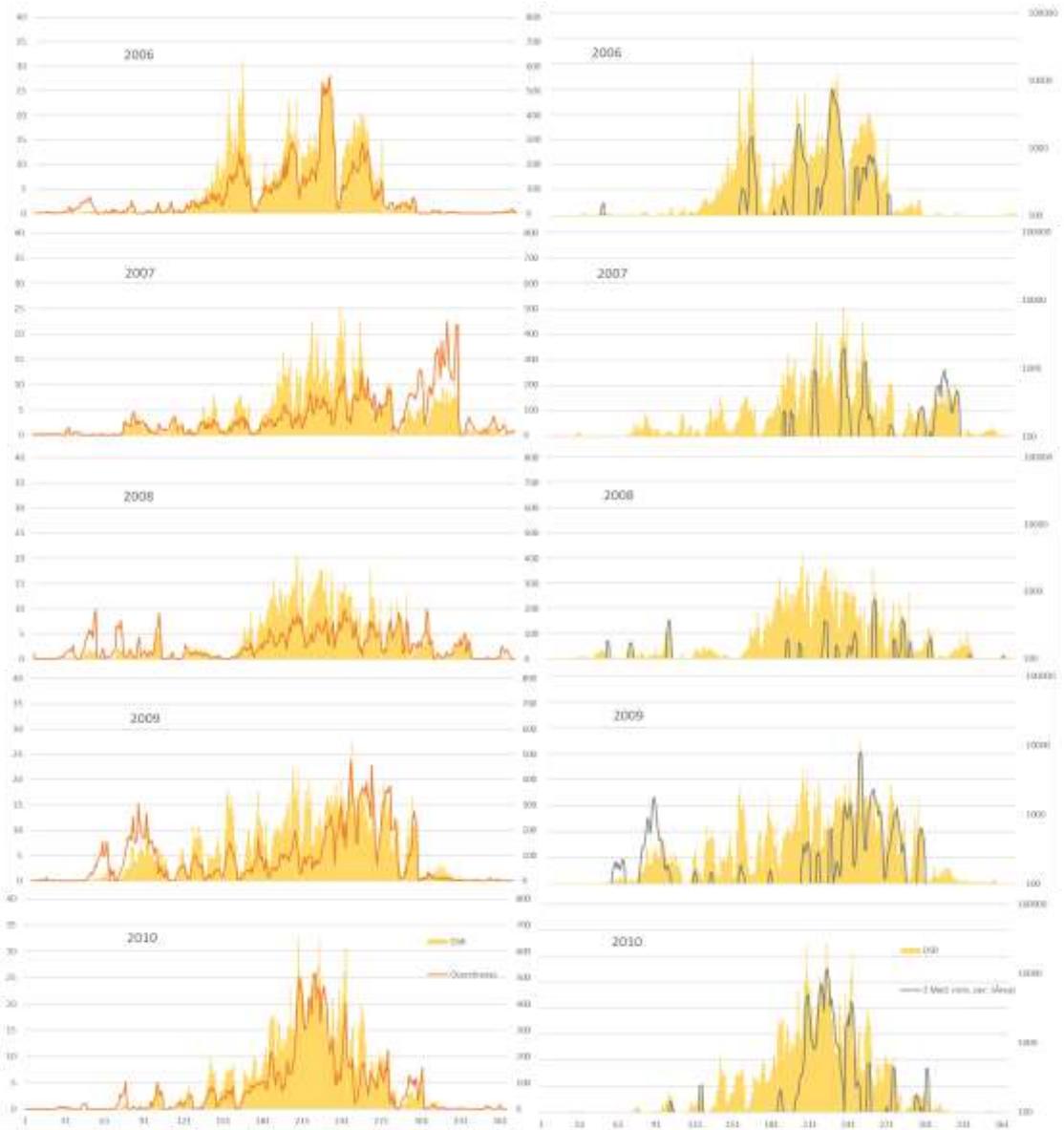
Turco, M., Jerez, S., Augusto, S., Tarín-Carrasco, P., Ratola, N., Jiménez-Guerrero, P., Trigo, R.M. 2019. Climate drivers of the 2017 devastating fires in Portugal. *Scientific reports* 99: 1–8.

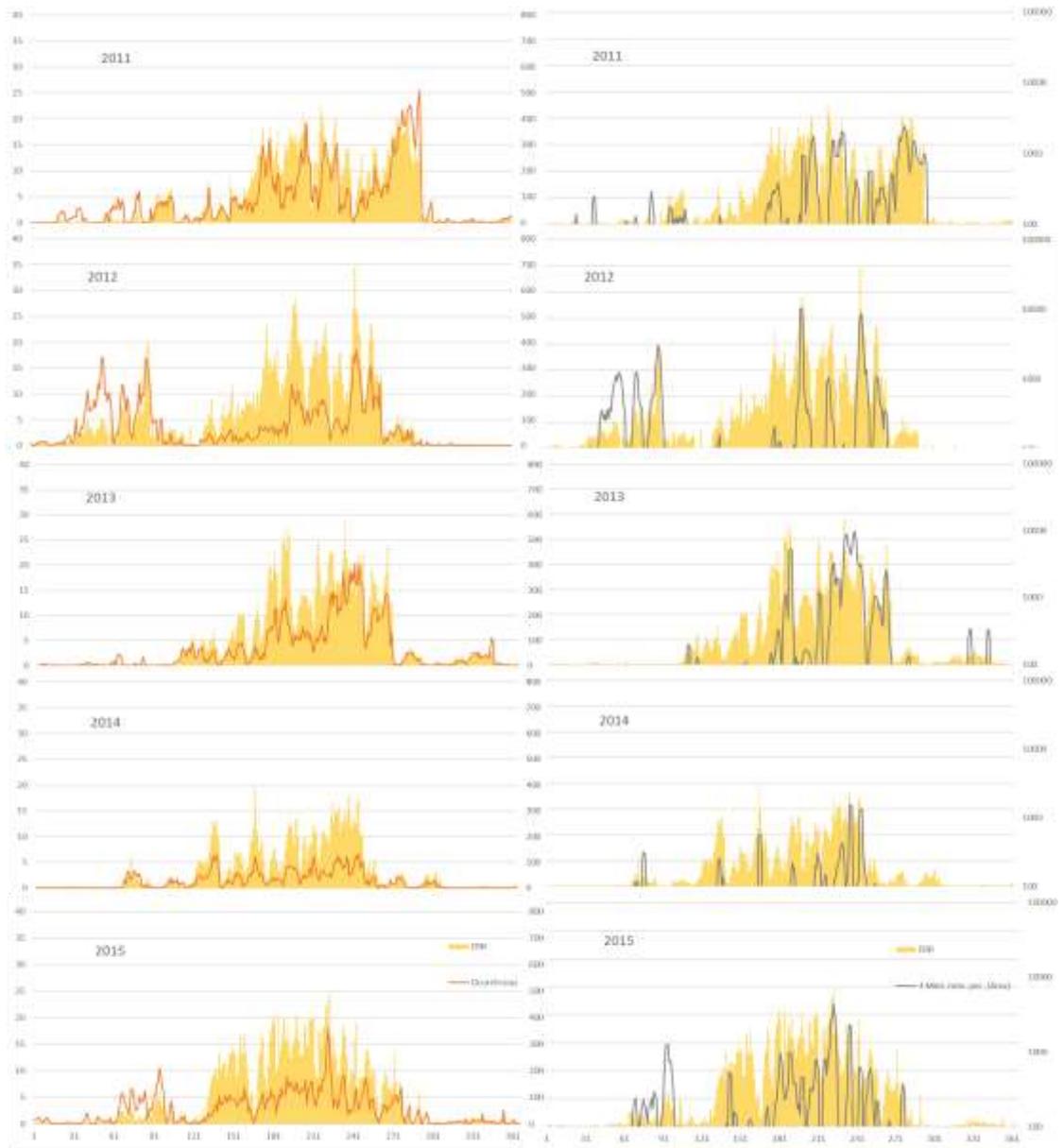
# **ANEXOS**

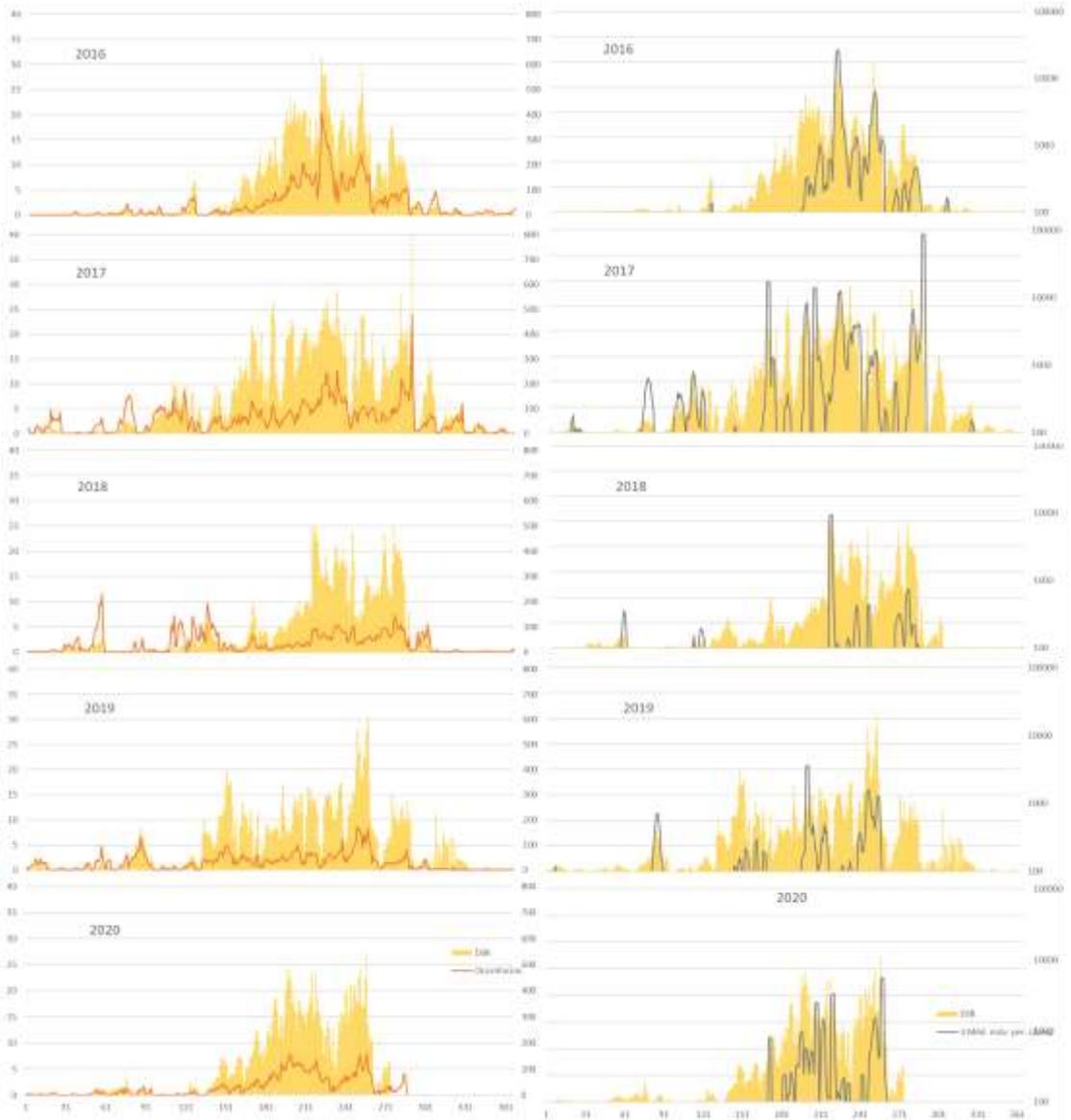
## Anexo 1

### Evolução anual (2001-2020) à escala nacional do número de ocorrências e área ardida e do índice DSR do Sistema Canadano de Indexação do Perigo Meteorológico de Incêndio









## **Anexo 2**

### **Metodologia de modelação utilizada para comparar os períodos 2008-2017 e 2018-2020**

Desenvolveram-se 14 modelos para outras tantas variáveis indicadoras da piroatividade em Portugal. Para tal foi usada uma base de dados disponibilizada pelo ICNF e que inclui para as ocorrências de fogo rural (de 2008 até ao final de setembro de 2020) todas as variáveis que considerámos nas análises como potenciais variáveis explicativas da variação observada nos indicadores. Algumas variáveis, apesar do seu potencial interesse, como o modelo de combustível, não puderam ser usadas por estarem em falta em muitas ocorrências.

O processo de modelação recorreu a modelos lineares generalizados (GLM). Os GLM expandem as possibilidades da análise de regressão linear para outras distribuições que não apenas a distribuição normal. Dependendo do indicador em questão, ajustaram-se modelos assumindo distribuições de Poisson (contagens), binomial (probabilidades ou proporções, em valores discretos – 0, 1 – ou contínuos) ou distribuição normal após transformação logarítmica da variável dependente. A escala da análise, o tipo de modelo e as variáveis independentes no modelo figuram na Tabela A1.

Como critérios para inclusão no modelo como variável independente considerámos a significância estatística do efeito ( $p < 0,05$ ) mas também, por motivos de parcimónia, a redução da variância possibilitada por cada variável independente, o que significa que o modelo nem sempre incluiu todas as variáveis estatisticamente significativas. Os modelos foram testados para identificação de sobre dispersão e os coeficientes associados às variáveis independentes foram estimados por métodos de máxima verosimilhança. Alguns modelos produziram estimativas enviesadas, ou seja, tendências crescentes de subestima ou sobrestima generalizada, o que implicou a respetiva correção através de um fator multiplicativo.

**Tabela A1.** Indicadores de piroatividade (variáveis dependentes), escala espaço-temporal de modelação, modelo selecionado e variáveis independentes no modelo, indicando para as variáveis quantitativas os respetivos efeitos na variável independente, positivos (+) ou negativos (-).

<b>Indicador</b>	<b>Escala</b>	<b>Modelo</b>	<b>Variáveis independentes</b>
Número de ignições	Diária, distrital <sup>1</sup>	GLM, distribuição de Poisson, link exponencial	FWI (+), mês, dia da semana
<sup>2</sup> Probabilidade de ocorrência em condições severas em MNPF	Ocorrência individual, MNPF	GLM, distribuição binomial, link logit	Tipologia da ocorrência <sup>3</sup> , distrito, mês, densidade da rede viária (+)
<sup>2</sup> Probabilidade de ocorrência em condições severas na RNAP	Ocorrência individual, RNAP	GLM, distribuição binomial, link logit	Distrito, mês
Probabilidade de fogo ( $\geq 1$ ha)	Ocorrência individual	GLM, distribuição binomial, link logit	FWI (+), tipologia da ocorrência <sup>3</sup> , distrito, mês, altitude (+), declive (+), densidade da rede viária (-), distância ao corpo de bombeiros mais próximo (+)
Duração do fogo ( $\geq 1$ ha)	Ocorrência individual	GLM (variável dependente logaritmizada), distribuição normal, link identidade	FWI (+), área ardida (+), distrito, mês, declive (+), densidade da rede viária (+)
Dimensão dos fogos $\geq 1$ ha	Ocorrência individual	GLM (variável dependente logaritmizada), distribuição normal, link identidade	FWI (+), distrito, mês, altitude (+), declive (+), distância ao corpo de bombeiros mais próximo (+)
Probabilidade de fogo ( $\geq 100$ ha)	Ocorrência individual	GLM, distribuição binomial, link logit	FWI (+), tipologia da ocorrência <sup>3</sup> , distrito, mês, altitude (+), declive (+), densidade da rede viária (-)
Dimensão dos fogos $\geq 100$ ha	Ocorrência individual	GLM (variável dependente logaritmizada), distribuição normal, link identidade	FWI (+), distrito
Probabilidade de fogo ( $\geq 1000$ ha)	Ocorrência individual	GLM, distribuição binomial, link logit	FWI (+)
Probabilidade de reacendimento	Ocorrência individual	GLM, distribuição binomial, link logit	FWI (+), tipologia da ocorrência <sup>3</sup> , distrito, mês, densidade da rede viária (-), distância ao corpo de bombeiros mais próximo (+)
Área ardida	Mensal, distrital	GLM (variável dependente logaritmizada), distribuição normal, link identidade	FWI (+), distrito, mês, altitude (+), distância ao corpo de bombeiros mais próximo (+)
Área ardida por fogos $\geq 35$ ha	Anual, nacional	<sup>4</sup> GLM (variável dependente logaritmizada), distribuição normal, link identidade	Percentil 95 da mediana diária do FWI (+), n <sup>o</sup> fogos (>1 ha) (+), logaritmo da área ardida acumulada nos 6 anos anteriores (-), variável

			muda para a pirometeorologia (normal, incêndios convectivos)
Proporção de floresta na área ardida	Diária, distrital	GLM, distribuição binomial, link logit	FWI (+), tipologia da ocorrência <sup>3</sup> , distrito, mês, altitude (+), declive (+), densidade da rede viária (-)
<sup>5</sup> Área ardida por fogo potencialmente de gestão	Diária, distrital	GLM (variável dependente logaritmizada), distribuição normal, link identidade	FWI (+), distrito, mês, altitude (+), declive (+), densidade da rede viária (-), distância ao corpo de bombeiros mais próximo (+)

<sup>1</sup> Modelos individualizados por distrito. <sup>2</sup> Ocorrências em dias de perigo meteorológico elevado a extremo. <sup>3</sup> Fogo florestal ou fogo agrícola. <sup>4</sup> Fernandes et al. (2019). <sup>5</sup> Área ardida em matos em dias de perigo meteorológico reduzido a moderado.