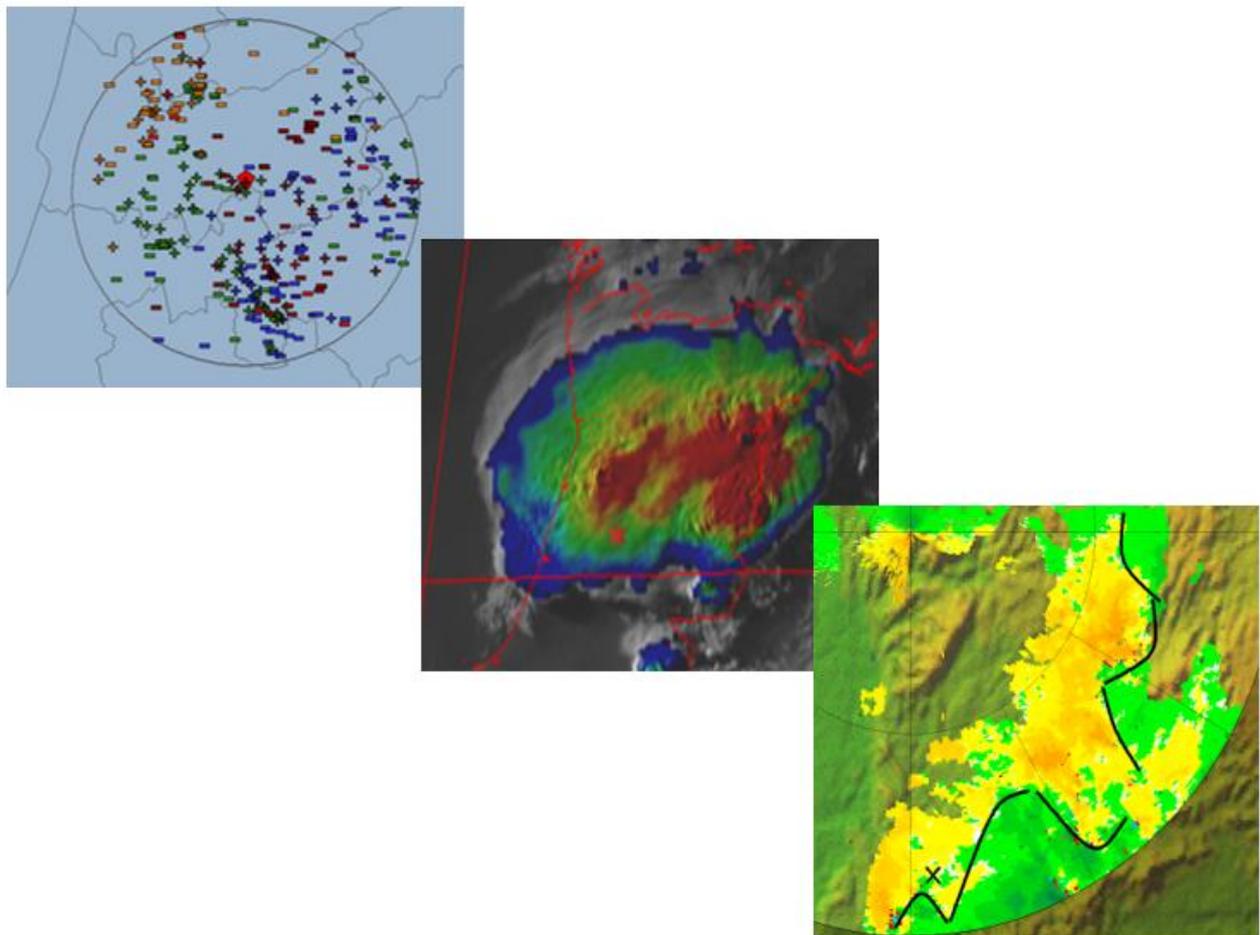


# RELATÓRIO TÉCNICO

## CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS RELATIVAS AO INCÊNDIO NA LOUSÃ EM 11 DE JULHO DE 2020



20 de agosto de 2020

## Sumário

O incêndio que ocorreu na serra da Lousã no dia 11 de julho de 2020 originou o óbito de um bombeiro e o ferimento de outros três bombeiros. Foi considerado que o incêndio teria tido início devido a uma descarga elétrica associada a trovoadas e que o acidente com os bombeiros teria estado relacionado com uma mudança no rumo do vento, tendo também sido reportada a existência de muito fumo junto ao solo. Estas possibilidades são analisadas no presente relatório através da avaliação das condições meteorológicas no dia do incêndio.

O incêndio ocorreu num dia para o qual foram emitidos avisos meteorológicos de tempo quente e de trovoadas, tendo havido forte instabilidade atmosférica e a consequente geração de um sistema convectivo de forte atividade. O risco meteorológico de incêndio era muito elevado no concelho da Lousã, o 4º nível mais alto de um total de 5 níveis.

Foi identificado um registo de uma descarga elétrica atmosférica às 18:20 horas locais (17:20 UTC), a 100 m do local do incêndio, sendo que a margem de erro associada a esta descarga elétrica (na ordem de 200 m) permite inferir que esta descarga pode ter despoletado o incêndio da Lousã. Esta evidência observacional é suportada adicionalmente por dados de modelação numérica.

Foi possível ainda identificar que o sistema convectivo onde teve origem a referida descarga elétrica produziu, ainda durante o seu movimento para norte e na fase de dissipação, subsidência generalizada na região do incêndio, consistente com a diminuição da altura da camada limite, podendo esta ter sido relevante para a dificuldade na dispersão de fumos e gases junto ao solo.

Não é possível também excluir que durante o período de tempo entre o início do incêndio e o instante em que ocorreu o acidente com os bombeiros possam ter ocorrido variações significativas do rumo do vento, consistentes com a existência de correntes descendentes associadas às células convectivas que constituíam o sistema convectivo, com influência quer no sentido de evolução do incêndio quer dos fumos por ele produzidos.

## Citar como:

*Moreira, N., Barroso, C., Bugalho, L., Correia, S., Gouveia, C., Lopes, M.J., Marques, P., Pinto, P., Ramos, R., Silva, A., Silva, P., Viegas, T. (2020) CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS RELATIVAS AO INCÊNDIO NA LOUSÃ EM 11 DE JULHO DE 2020, Relatório Interno, Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Portugal.*

## Índice

Lista de Figuras.....	4
Lista de Tabelas .....	6
Lista de Siglas e Abreviaturas .....	7
1. Enquadramento .....	8
2. Contexto sinótico e de mesoscala.....	9
3. Condições meteorológicas relacionadas com o início do incêndio .....	14
3.1 Previsão e observação de perigo e risco de incêndio .....	14
3.2 Modelação numérica da instabilidade atmosférica .....	17
3.3 Observação de atividade elétrica atmosférica.....	19
4. Atividade convectiva durante a ocorrência do incêndio.....	22
4.1 Observação do sistema convectivo.....	22
4.1.1 Observações de superfície em torno da região do incêndio .....	23
4.1.2 Padrão e tipo de precipitação com observações radar .....	26
4.1.3 Atividade elétrica atmosférica .....	29
4.1.4 Dissipação do sistema convectivo.....	32
4.2 Modelação numérica associado ao sistema convectivo .....	37
4.2.1 Convecção – modelo AROME.....	37
4.2.2 Altura da camada limite - modelo HRES-ECMWF .....	39
4.3 Considerações sobre a dispersão de fumos.....	41
4.3.1 Observações de qualidade do ar.....	41
4.3.2 Influência dos fenómenos meteorológicos na dispersão de fumos .....	42
5. Atividade operacional do IPMA - previsões e avisos meteorológicos.....	43
6. Considerações finais.....	45
7. Referências.....	47
Anexo A – Observações de superfície .....	49
Anexo B – Previsões textuais para 11 julho 2020 desde 7 julho 2020 .....	53

## Lista de Figuras

- Figura 2-1 - Análises das 00 UTC do dia 11 de julho de 2020 do modelo HRES-ECMWF: (a) Geopotencial (isolinhas em intervalos de 4 damgp - a preto), temperatura (em °C - a sombreado) e vento (em kt) aos 500 hPa; (b) Pseudo-temperatura potencial do termómetro molhado (em °C - a sombreado) aos 850 hPa e pressão ao nível médio do mar (isóbaras em intervalos de 4hPa)..... 9*
- Figura 2-2 – Previsões H+3 a partir do run das 12 UTC do modelo HRES-ECMWF para o dia 11 de julho de 2020: (a) Velocidade vertical aos 700 hPa ( $\text{Pa s}^{-1}$ ); (b) Humidade relativa aos 700 hPa (%). ..... 10*
- Figura 2-3 - Imagem RGB de alta resolução (HRV; HRV; -IR10.8) do satélite Meteosat 11 da EUMETSAT no dia 11 de julho de 2020 às: (a) 13:00 UTC (14:00 horas locais); (b) 15:00 UTC (16:00 horas locais); (c) 17:00 UTC (18:00 horas locais) e (d) 18:45 UTC (19:45 horas locais); ..... 11*
- Figura 2-4 - Produto Sandwich HRV-IR do satélite Meteosat 11 da EUMETSAT no 11 de julho de 2020: (a) às 15:00 UTC (16:00 horas locais) e (b) às 18:00 UTC (19:00 horas locais). Escala em graus Kelvin. .... 12*
- Figura 2-5 - Precipitação Acumulada do radar de A/PG entre 12:00 e 21:00 UTC (13:00 e 22:00 horas locais) de 11 de julho de 2020, obtida a partir do produto RAIN1..... 13*
- Figura 3-1 – Observação de FWI desde 12 de junho a 11 de julho de 2020 (linha a preto). Previsão de FWI de 12 a 18 de julho de 2020 (linha a azul). Gama de valores de percentil relativos ao período 2000-2019 numa janela de 11 dias centrada em cada dia. .... 15*
- Figura 3-2 - Índice de Seca (DC), na Estação Meteorológica Automática Lousã/Aeródromo, em 11 de julho, entre 2010 e 2020 (barras a laranja). Valor médio de DC no período 2010-2019 (linha a vermelho). .... 15*
- Figura 3-3 – Índice de Perigo Meteorológico de Incêndio FWI para 11 de julho de 2020, estimativa LSASAF, previsão de 36 horas. .... 16*
- Figura 3-4 - Tefigrama previsto para as 18 UTC a partir do run das 12 UTC do dia 11 de julho de 2020 do modelo HRES-ECMWF..... 17*
- Figura 3-5 - Probabilidade de trovoada seca (%) para o período 12-18 UTC a partir do run das 00 UTC do dia 11 de julho de 2020 do modelo ENS-ECMWF..... 18*
- Figura 3-6 – Registo de descargas elétricas atmosféricas para o dia 11 de julho de 2020, num raio de 50 km em torno do local do incêndio, no período entre as 15 e 21 UTC. O símbolo a vermelho no centro representa a localização do incêndio..... 20*
- Figura 3-7 – Registo de descargas elétricas atmosféricas para o dia 11 de julho de 2020, num raio de 10 km em torno do local do incêndio, no período entre as 12 e 24 UTC. O símbolo a vermelho no centro representa a localização do incêndio. Dentro da caixa em baixo - detalhes da descarga elétrica atmosférica que poderá ter iniciado o incêndio da Lousã..... 21*
- Figura 4-1 – Localização das estações meteorológicas automáticas: Coimbra/Aeródromo, Lousã/Aeródromo, Pampilhosa-da-Serra, Ansião, Proença-a-Nova, Tomar e Alvega (IPMA); Vila Nova de Poiares, Penela e Góis (CIM Coimbra). As estações até 25 km do local do incêndio são identificadas por círculos a azul. Outras estações mais afastadas, mas ainda consideradas na análise, são representadas por quadrados cinzentos. Os triângulos marcam outras estações da rede não analisadas em detalhe. O círculo a vermelho marca a localização do incêndio do dia 11 de julho de 2020 na serra da Lousã. São indicados os nomes e as cotas de altitude das estações. .... 22*
- Figura 4-2 – Valores em 10 minutos de temperatura média do ar, humidade relativa média do ar, precipitação total, intensidade e rumo do vento médio, intensidade máxima do vento (rajada), nas estações meteorológicas automáticas da região do incêndio da Lousã, 11 de julho de 2020, no período 17-22 horas locais (16-21 UTC). (Nota: O parâmetro vento não está disponível nas estações Lousã/Aeródromo e Pampilhosa-da-Serra. O parâmetro precipitação não está disponível na estação Pampilhosa-da-Serra). ..... 25*

- Figura 4-3- Imagens de PCAPPI de R (mm/h), a 2000 m de altitude, radar de A/PG, dia 11 de julho de 2020: (a) 17:20 UTC (18:20 horas locais), (b) 18:20 UTC (19:20 horas locais), (c) 19:20 UTC (20:20 horas locais), (d) 20:20 UTC (21:20 horas locais). X a preto (na parte inferior de cada imagem) identifica o local do incêndio. .... 27*
- Figura 4-4 – Imagens Hidroclass, radar de A/PG, dia 11 de julho de 2020: (a) 17:00 UTC (18:00 horas locais) e (b) 20:50 UTC (21:50 horas locais). Cruz a preto (na parte inferior de cada imagem) identifica o local do incêndio..... 28*
- Figura 4-5 – Distribuição de descargas elétricas atmosféricas para o dia 11 de julho de 2020, num raio de 50 km em torno do local do incêndio, no período entre as 00 e 24 UTC, com distinção entre a atividade elétrica nuvem-solo (strokes) e intra-nuvem. .... 29*
- Figura 4-6 – Distribuição do valor absoluto da intensidade de corrente das descargas elétricas atmosféricas (flashes) para o dia 11 de julho de 2020, num raio de 50 km em torno do local do incêndio, no período entre as 00 e 24 UTC. 30*
- Figura 4-7 – Em cima: produto Sandwich HRV-IR do satélite Meteosat 11 da EUMETSAT (Escala em graus Kelvin). Em baixo: Imagens MAXZ (dBZ) do radar de A/PG. Instantes satélite/radar no dia 11 de julho de 2020: 18:00/18:10 UTC (esquerda); 18:30/18:40 UTC (centro); 19:00/19:10 UTC (direita). Rastreo Meteosat efetuado cerca de 11 m após instante de referência. .... 33*
- Figura 4-8 - Imagens do radar de A/PG, dia 11 de julho de 2020 (a) altitude do topo dos ecos (km), às 18:10 UTC (19:10 horas locais), com a reta do corte vertical (c) assinalada; (b) altitude do topo dos ecos às 18:40 UTC (19:40 horas locais) com reta do corte vertical (d) assinalada; (c) corte vertical da Refletividade Z (dBZ) às 18:10 UTC (19:10 horas locais); (d) corte vertical da Refletividade Z (dBZ), às 18:40 UTC (19:40 horas locais). Local do incêndio assinalado com X..... 34*
- Figura 4-9 - Imagens do radar de A/PG, produto SRV (Storm Relative Velocity), dia 11 de julho de 2020: linha a preto assinala uma assinatura de convergência (a) 3000-4000 m altitude na elevação 1.5°, às 17:07UTC (b) 5000-6000 m altitude na elevação 4.0°, às 17:07UTC; (c) 2500-3000 m altitude na elevação 1.5°, às 18:07UTC; (d) 4000-7000 m na elevação 4.0°, às 18:07 UTC (e) 2300–3300 m altitude na elevação 1.5°, às 19:07 UTC (f) 3800-6600 m altitude na elevação 4.0°, às 19:07 UTC. Local do incêndio assinalado com X. .... 35*
- Figura 4-10 – Imagem de PPI de V (m/s), às 18:16 UTC no 11 de julho de 2020. Local do Incêndio assinalado com X, no interior da circunferência a preto..... 36*
- Figura 4-11 -Previsões H+6/H+5 (em cima) e H+9/H+7 (em baixo) do run das 12 UTC do dia 11 de julho de 2020 do modelo AROME: precipitação total acumulada nas últimas 3 h, em mm (à esquerda, (a) e (d)); rajada máxima nas últimas 3 h, em km/h (ao centro, (b) e (e)); vento a 80 metros – Intensidade em km/h e rumo com setas a preto (à direita, (c) e (f)). .... 38*
- Figura 4-12 -Previsões da altura da camada limite do run das 12 UTC do dia 11 de julho de 2020 do modelo HRES-ECMWF: (a) H+3 para as 15 UTC; (b) H+6 para as 18 UTC e (c) H+9 para as 21 UTC. .... 40*
- Figura 4-13 – Localização das estações da APA Estarreja e Ervedeira, com observações de PM10 e PM2.5 e que se encontram mais próximas da localização do incêndio da Lousã. .... 41*

## Lista de Tabelas

<i>Tabela 3-1 – Valores do índice FWI e subíndices relativos a dia 11 de julho de 2020 para i) Lousã/Aeródromo obtidos com observações da Estação Meteorológica Automática (EMA); ii) Lousã/Aeródromo obtidos com previsões estatísticas de 24 e 48 horas iii) Lousã/Aeródromo obtidos com previsões LSASAF de 36 horas e iv) localização do incêndio com previsões LSASAF de 36 horas. Percentil em janela de 11 dias (entre parenteses curvos) relativo ao período 2000-2019 para estimativa “ESTAÇÃO” e relativo ao período 1979-2018 para estimativa “SATÉLITE”.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabela 3-2 – Classes de risco de incêndio, probabilidade (e anomalia da probabilidade) de ocorrência de evento extremo para dia 11 de julho 2020 no concelho da Lousã. ....</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 4-1 – Distribuição horária de DEA (nuvem-solo e intra-nuvem) para o dia 11 de julho de 2020, num raio de 50 km em torno do local do incêndio, no período entre as 14 e 24 UTC, com distinção entre a atividade elétrica nuvem-solo (Nb CG flashes ou strokes) e intra-nuvem (Nb IC flashes).....</i>	<i>31</i>
<i>Tabela 4-2 - Distribuição da intensidade de corrente de DEA (intervalo de 20kA) para o dia 11 de julho de 2020, num raio de 50 km em torno do local do incêndio, no período entre as 00 e 24 UTC, com distinção da polaridade da DEA nuvem-solo total. ....</i>	<i>31</i>
<i>Tabela 4-3 - Valores mínimos da altura da camada limite (m) previstos para o dia 11 de julho de 2020 em Portugal Continental.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 5-1 - Parâmetros meteorológicos referidos nas previsões meteorológicas para o Continente no âmbito do DECIR para dia 11 de julho de 2020. ....</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 5-2 – Avisos emitidos pelo IPMA válidos para dia 11 de julho de 2020.....</i>	<i>44</i>

## Lista de Siglas e Abreviaturas

Sigla/abreviatura	Significado
<b>AEMET</b>	Agencia Estatal de Meteorologia (Espanha)
<b>ANEPC</b>	Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil
<b>APA</b>	Agência Portuguesa do Ambiente
<b>A/PG</b>	Arouca/Pico do Gralheiro
<b>CIM</b>	Comunidade InterMunicipal
<b>DEA</b>	Descarga Elétrica Atmosférica
<b>ECMWF</b>	<i>European Centre for Medium Range Weather Forecasts</i>
<b>EMA</b>	Estação Meteorológica Automática
<b>ENS-ECMWF</b>	Modelo de <i>ensemble</i> do ECMWF
<b>EUMETSAT</b>	<i>European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites</i>
<b>HRES-ECMWF</b>	Modelo de alta resolução do ECMWF
<b>HRV</b>	<i>High Resolution Visible</i>
<b>ICNF</b>	Instituto para a Conservação da Natureza e das Florestas
<b>IPMA</b>	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
<b>IR</b>	<i>InfraRed</i>
<b>MAXZ</b>	Projeção de máximos de refletividade
<b>METEOSAT</b>	<i>Meteorological Satellite</i>
<b>PCAPPI</b>	PseudoCappi
<b>PPI</b>	Indicador de posição plana
<b>RAIN1</b>	Integração horária da precipitação
<b>RGB</b>	<i>Red Green Blue</i>
<b>SGIF</b>	Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais
<b>SRV</b>	<i>Storm Relative Velocity</i>

## 1. Enquadramento

O presente relatório resulta da decisão do IPMA em analisar os fenómenos meteorológicos que concorreram para o incêndio na serra da Lousã no dia 11 de julho de 2020, em que um bombeiro da corporação de Miranda do Corvo veio a falecer durante o combate ao incêndio e três outros bombeiros ficaram feridos. A decisão teve por base a informação, veiculada após o incêndio, que este teria sido iniciado por uma trovoada e que o incidente com os bombeiros teria estado relacionado com uma mudança no rumo do vento, tendo também sido reportada a existência de muito fumo junto ao solo.

O relatório está estruturado em 4 capítulos principais que podem ser utilizados de forma independente:

- **Capítulo 2** - apresenta o contexto sinótico e de mesoscala verificado no dia 11, recorrendo a dados de modelação numérica e de observação.
- **Capítulo 3** – contém os elementos de componente meteorológica relacionados com o início do incêndio. Por um lado, analisa-se o perigo meteorológico de incêndio e o risco de incêndio na região da Lousã. Por outro lado, analisa-se a possibilidade de uma Descarga Elétrica Atmosférica (DEA) poder ter sido a causa do incêndio, quer através de dados de modelação numérica das condições para a ocorrência de trovoada (inclusive trovoada seca), quer através de dados observacionais da rede de DEA do IPMA. De acordo com a Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC) o instante de início da ocorrência foi às 18:26 horas locais (17:26 UTC), tendo o local da ocorrência sido sempre o mesmo, com as coordenadas de latitude 40.07N e longitude -8.20E. O Incêndio foi dado como dominado às 23:35 horas locais (22:35 UTC) e, de acordo com o Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais (SGIF) do Instituto para a Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), consumiu uma área de 2.75 ha.
- **Capítulo 4** – inclui uma análise observacional e de modelação numérica das condições meteorológicas, com incidência nas condições relativas à convecção, em torno da região do incêndio. Considera-se o período da tarde e início da noite de dia 11, com especial foco entre o instante inicial do incêndio (18:26 horas locais, 17:26 UTC) e o instante em que os bombeiros foram dados como desaparecidos - 20:18 horas locais, 19:18 UTC - de acordo com a ANEPC. Neste capítulo é avaliado o ciclo de vida do sistema convectivo na região, incluindo a fase de dissipação do mesmo. Tendo em conta a informação disponível, são ainda apresentadas considerações sobre as condições para a dispersão de fumos no local.
- **Capítulo 5** – apresenta a atividade operacional do IPMA em termos de previsões e avisos meteorológicos produzidos para o dia 11 de julho pelo centro operacional de previsão geral.

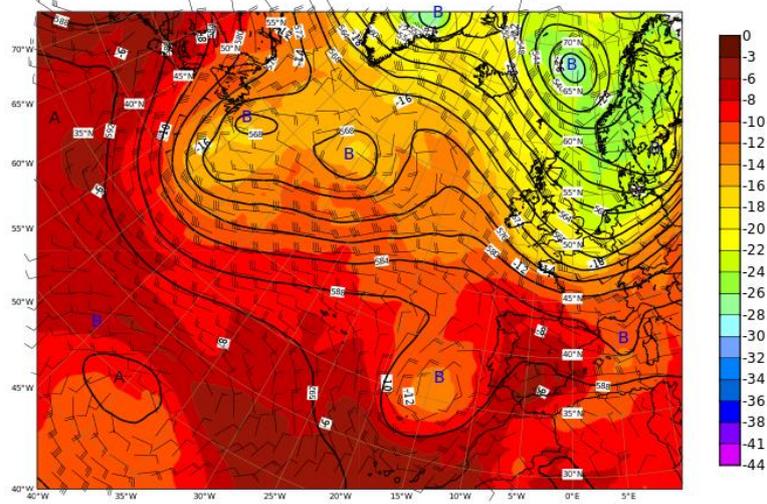
Finalmente no presente relatório apresentam-se i) as considerações finais que decorrem da análise de detalhe efetuada, ii) uma lista de referências bibliográficas relevantes e iii) um conjunto de Anexos que complementam a informação disponibilizada nos capítulos anteriores.

No presente relatório os instantes temporais são referidos em hora UTC (Tempo Universal Coordenado), que corresponde a uma hora a menos que a hora do Continente durante o horário de verão, e, geralmente em simultâneo, também a hora local, para facilitar a leitura do documento, tendo em conta os instantes relevantes acima mencionados.

## 2. Contexto sinótico e de mesoscala

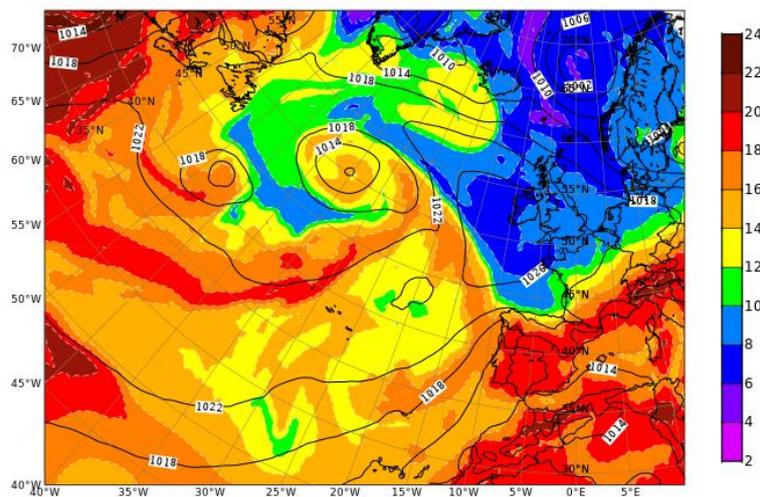
Com base nas análises do modelo HRES-ECMWF, às 00 UTC do dia 11 de julho de 2020 a situação meteorológica aos 500 hPa era determinada por uma depressão, pouco cavada, centrada a nordeste da Madeira e inserida numa região de vale (Figura 2-1a). A referida depressão apresentava um deslocamento lento para nordeste em direção ao Continente. À superfície, Portugal continental era influenciado por uma massa de ar muito quente e seco (com valores de pseudo-temperatura potencial do termómetro molhado ( $\theta_{sw}$ ) aos 850 hPa entre 18 e 20 °C) transportada na circulação conjunta de uma depressão de origem térmica, centrada no interior da Península Ibérica, e de uma zona de altas pressões com dois núcleos associados, um localizado junto à Irlanda e o outro a nordeste dos Açores e a sudoeste do primeiro (Figura 2-1b).

ECMWF: Geopotencial (damgp), temperatura (°C) e vento (kt) aos 500hPa  
Sat 11-Jul-20 00UTC Previsão H+00 para Sat 11-Jul-20 00UTC



(a)

ECMWF: TetaSW aos 850 hPa (°C) e pressão ao n.m.m. (hPa)  
Sat 11 Jul 20 00UTC Previsão H+00 para Sat 11 Jul 20 00UTC



(b)

Figura 2-1 - Análises das 00 UTC do dia 11 de julho de 2020 do modelo HRES-ECMWF: (a) Geopotencial (isolinhas em intervalos de 4 damgp - a preto), temperatura (em °C - a sombreado) e vento (em kt) aos 500 hPa; (b) Pseudo-temperatura potencial do termómetro molhado (em °C – a sombreado) aos 850 hPa e pressão ao nível médio do mar (isóbaras em intervalos de 4hPa).

No período compreendido entre as 00 e as 12 UTC do dia 11 verifica-se um pequeno cavamento da depressão em altitude e a sua aproximação à costa ocidental portuguesa. Até às 09 UTC do dia 12 as regiões Norte e Centro situam-se na região de vale em altitude sendo atravessadas de SW para NE pela depressão. Devido ao forçamento dinâmico de larga escala (Figura 2-2a) induzido no bordo ascendente do vale e pela depressão, ao aumento de humidade nos níveis médios (Figura 2-2b) e ao forte aquecimento à superfície geram-se condições favoráveis à ocorrência de convecção profunda de base elevada nessas regiões, a qual é favorecida localmente pela orografia.

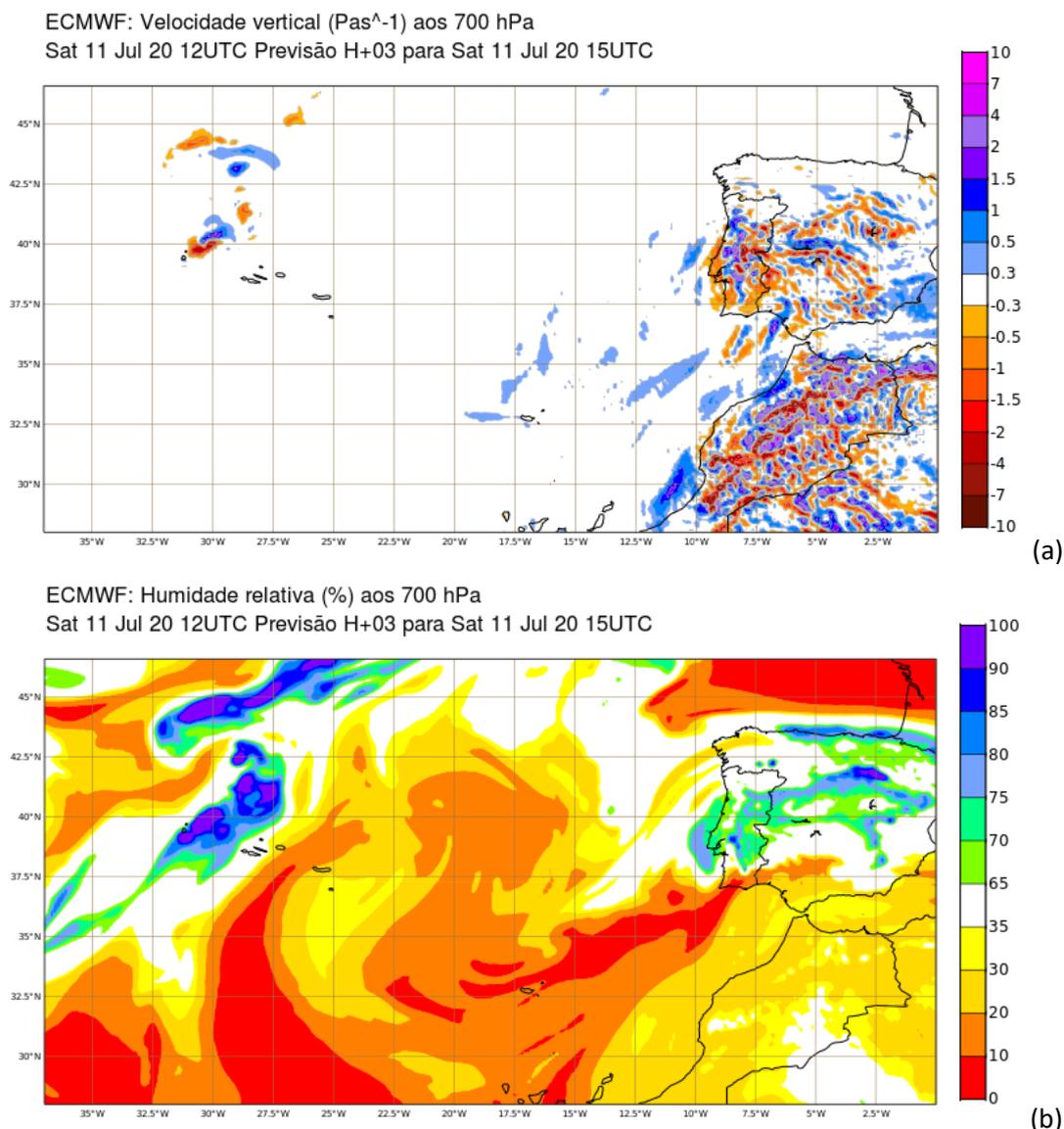


Figura 2-2 – Previsões H+3 a partir do run das 12 UTC do modelo HRES-ECMWF para o dia 11 de julho de 2020: (a) Velocidade vertical aos 700 hPa ( $\text{Pa s}^{-1}$ ); (b) Humidade relativa aos 700 hPa (%).

A convecção surgiu no início da tarde no interior da região Centro (Figura 2-3a), estendendo-se a meio da tarde aos distritos de Vila Real e Braga (Figura 2-3b e Figura 2-3c), e para o final da tarde a algumas zonas do litoral Centro e do distrito de Portalegre assim como ao distrito de Bragança (Figura 2-3d).

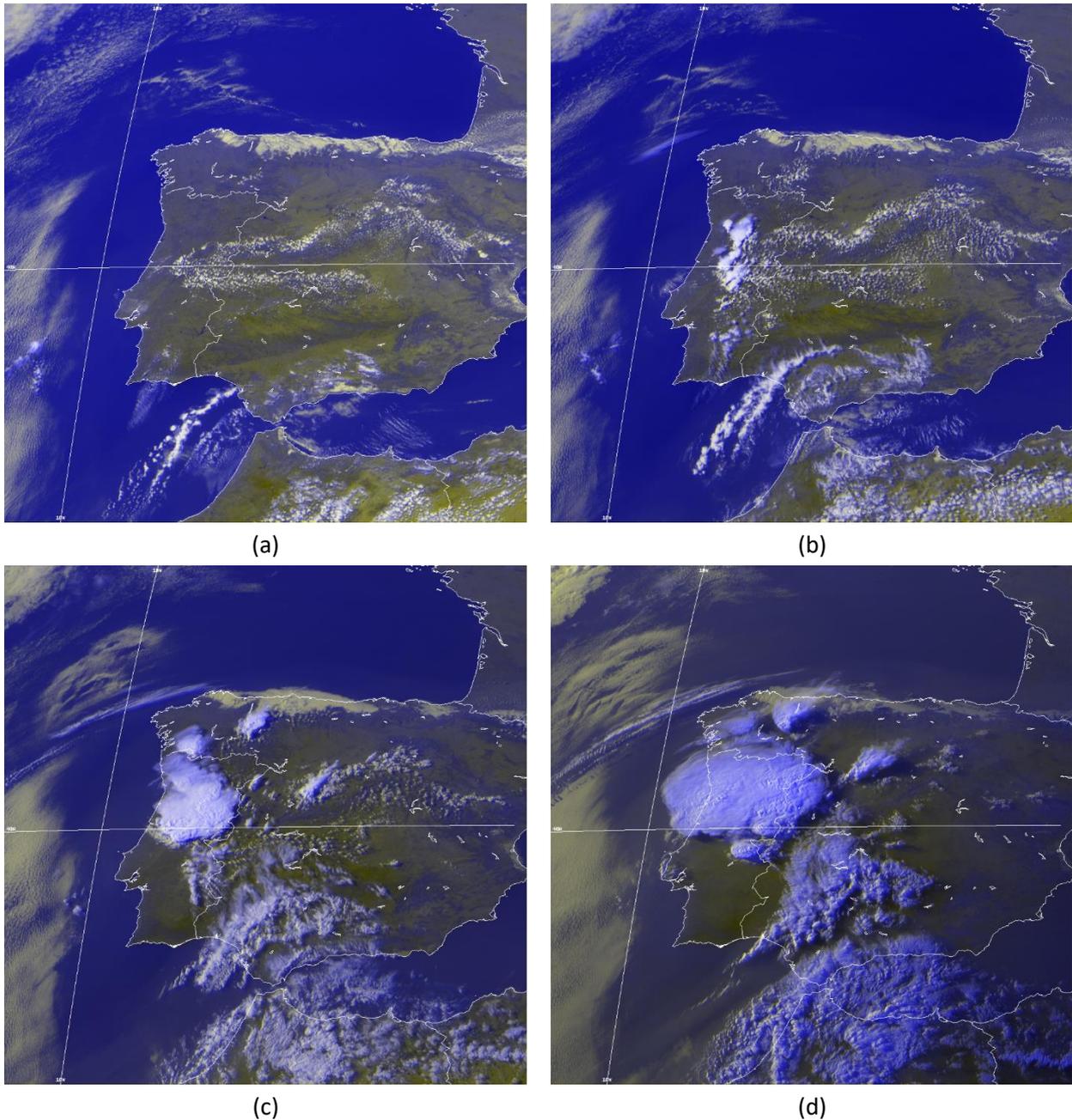


Figura 2-3 - Imagem RGB de alta resolução (HRV; HRV; -IR10.8) do satélite Meteosat 11 da EUMETSAT no dia 11 de julho de 2020 às: (a) 13:00 UTC (14:00 horas locais); (b) 15:00 UTC (16:00 horas locais); (c) 17:00 UTC (18:00 horas locais) e (d) 18:45 UTC (19:45 horas locais);.

Na Figura 2-4 (produto Sandwich HRV-IR<sup>1</sup>) podem observar-se às 15:00 UTC as estruturas convectivas no interior da região Centro, constituídas por uma ou mais células associadas a nuvens cumuliformes. Algumas destas células apresentam tons laranja, correspondentes a topos relativamente mais frios e a convecção mais severa. Em particular, há duas zonas de convecção severa na região do sistema montanhoso Estrela-Lousã, uma localizada a leste da zona do incêndio e a outra a S/SW, mas na zona do incêndio a convecção sugerida pela imagem a esta hora é fraca e ou moderada. O crescimento do sistema convectivo nas 3 horas seguintes é bastante expressivo, como o demonstra a Figura 2-4b, correspondente às 18:00 UTC (19:00 horas locais). Nesta altura existem diversas nuvens cumuliformes de grande desenvolvimento vertical no centro do sistema convectivo (tons laranja e vermelho) numa vasta área na região Centro. Durante a tarde e noite de dia 11, as células convectivas produziram precipitação, mesmo que fraca, de uma forma uniforme nas referidas regiões do território, sendo que, no que diz respeito a precipitação intensa, o padrão foi notoriamente heterogéneo (Figura 2-5). No capítulo 4 este sistema convectivo será analisado em maior detalhe.

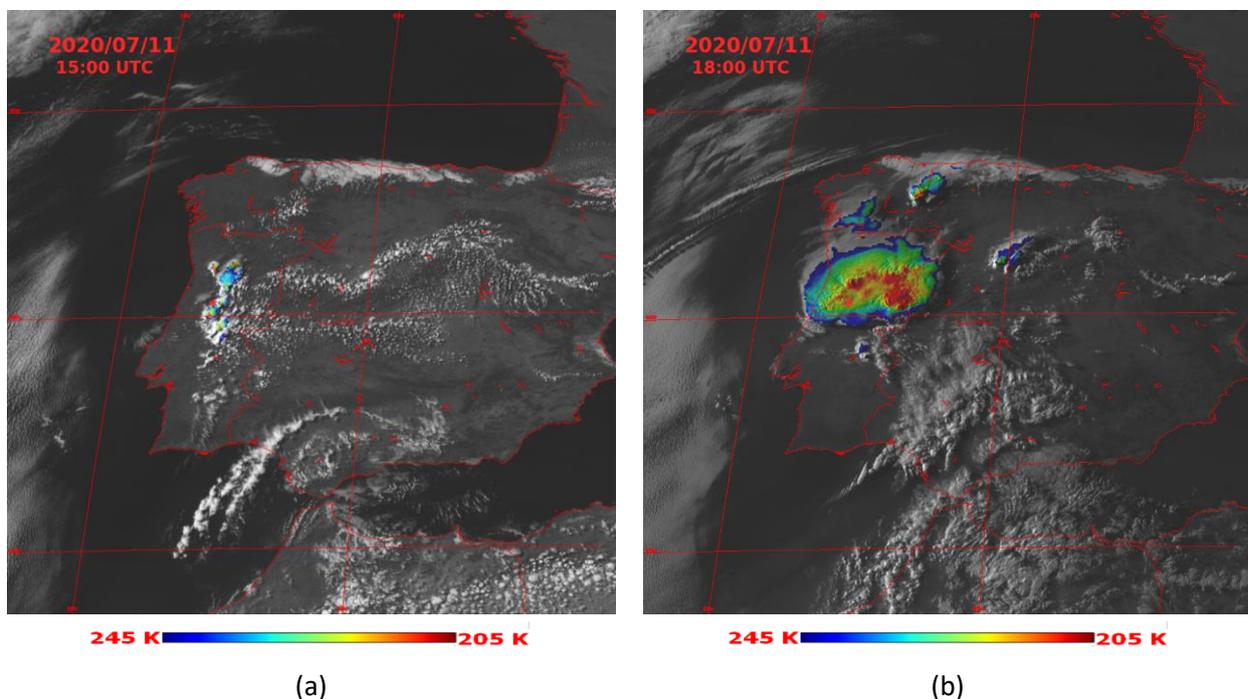


Figura 2-4 - Produto Sandwich HRV-IR do satélite Meteosat 11 da EUMETSAT no 11 de julho de 2020: (a) às 15:00 UTC (16:00 horas locais) e (b) às 18:00 UTC (19:00 horas locais). Escala em graus Kelvin.

<sup>1</sup> Produto que tem como fundo uma imagem visível de alta resolução (HRV) e como camada superior uma imagem de infravermelho (IR), numa combinação que permite visualizar informação dos dois canais em simultâneo.

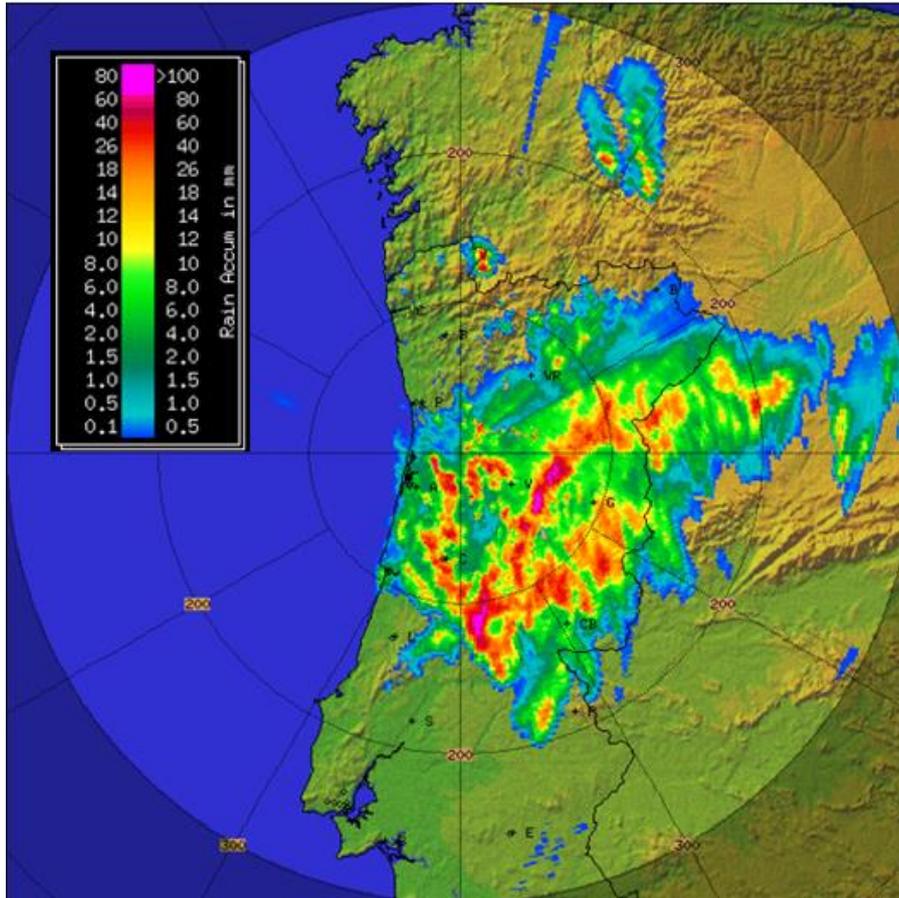


Figura 2-5 - Precipitação Acumulada do radar de A/PG entre 12:00 e 21:00 UTC (13:00 e 22:00 horas locais) de 11 de julho de 2020, obtida a partir do produto RAIN1.

### 3. Condições meteorológicas relacionadas com o início do incêndio

#### 3.1 Previsão e observação de perigo e risco de incêndio

As estimativas do índice FWI (*Fire Weather Index*) e dos respetivos subíndices (Wagner, 1987) para o dia 11 de julho na região da Lousã estão resumidas na Tabela 3-1. O FWI observado no dia 11 para a estação da Lousã/Aeródromo foi 33.3, uma subida significativa em relação ao valor de dia 10 que foi de 24.4 e implicou a subida de uma classe na escala de intensidade da frente de fogo (FWI), de “Elevado” para “Muito Elevado”. As estimativas de FWI ao nível do pixel do satélite geoestacionário METEOSAT para a localização da estação (29.5) e do incêndio (26.8) são mais baixas, mas correspondem à mesma classe de “Muito Elevado”. No que diz respeito ao enquadramento climatológico (janela de 11 dias, período 2000-2019), no dia 11 o índice FWI na estação da Lousã/Aeródromo encontrava-se no percentil diário 81 (i.e., na classe 75-90) – ver Figura 3-1.

De notar que, de acordo com as diferentes estimativas, todos os índices/subíndices se encontram, no máximo, na classe de percentil 75-90. De acordo com Fernandes e Palheiro (2007), as estimativas de FFMC (disponibilidade dos combustíveis finos) para a região, na gama 91-94, correspondem a “fogo de elevada a muito elevada intensidade” e as estimativas de ISI (propagação inicial do incêndio) inferiores a 10, sugerem que “a maioria dos fogos são moderadamente lentos”. É de notar, contudo, que estes valores são relativos às 12 UTC e que, em especial os subíndices mais sensíveis à variação dos parâmetros meteorológicos, como o ISI e o FFMC, podem não traduzir a realidade na altura da ocorrência do incêndio (17:26 UTC). Os valores do índice DC (necessidade e dificuldade de rescaldo), baseados na observação da Lousã/Aeródromo (521.8) e nas estimativas “SATÉLITE” (341.8 a 389.6) apresentam diferenças que traduzem incerteza em relação à realidade no local do incêndio. De qualquer modo, de acordo com Fernandes e Palheiro (2007), para esta gama de valores, deve considerar-se a existência de dificuldades nas atividades de rescaldo. Em particular, o valor observado na estação da Lousã/Aeródromo (521.8) encontrava-se acima do valor médio dos últimos 10 anos (449.1), sendo o 2º mais elevado registado, a esta data, desde 2010 (Figura 3-2).

**Tabela 3-1 – Valores do índice FWI e subíndices relativos a dia 11 de julho de 2020 para i) Lousã/Aeródromo obtidos com observações da Estação Meteorológica Automática (EMA); ii) Lousã/Aeródromo obtidos com previsões estatísticas de 24 e 48 horas iii) Lousã/Aeródromo obtidos com previsões LSASAF de 36 horas e iv) localização do incêndio com previsões LSASAF de 36 horas. Percentil em janela de 11 dias (entre parenteses curvos) relativo ao período 2000-2019 para estimativa “ESTAÇÃO” e relativo ao período 1979-2018 para estimativa “SATÉLITE”.**

Estimativa	Tipo	Local	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
“ESTAÇÃO”	Observação EMA *	Lousã/Aeródromo	91.4	130.6	521.8	8.4	160.7	33.3
			(50-75)	(50-75)	(50-75)	(50-75)	(50-75)	(75-90)
“ESTAÇÃO”	Previsão estatística H24	Lousã/Aeródromo	93.5	131.7	521.9	9.1	161.5	35.1
			(75-90)	(50-75)	(50-75)	(75-90)	(50-75)	(75-90)
“ESTAÇÃO”	Previsão estatística H48	Lousã/Aeródromo	94	132.1	522	9.2	161.9	35.5
			(75-90)	(50-75)	(50-75)	(75-90)	(50-75)	(75-90)
“SATÉLITE”	Previsão ECMWF/LSASAF H36	Lousã/Aeródromo	93.2	94.1	389.6	8.2	117.4	29.5
			(75-90)	(50-75)	(25-50)	(50-75)	(25-50)	(25-50)
“SATÉLITE”	Previsão ECMWF/LSASAF H36	Local do incêndio	92.6	82.6	341.8	7.7	103	26.8
			(75-90)	(25-50)	(25-50)	(25-50)	(25-50)	(50-75)

\* A estação não tem observação de vento, sendo utilizadas previsões de vento do modelo do ECMWF (no ponto de malha mais próximo)

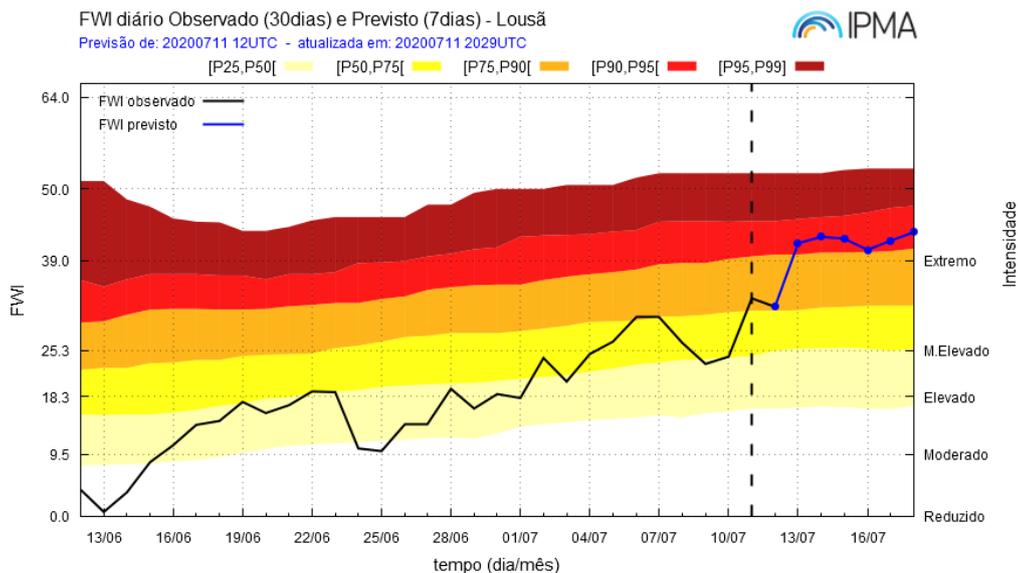


Figura 3-1 – Observação de FWI desde 12 de junho a 11 de julho de 2020 (linha a preto). Previsão de FWI de 12 a 18 de julho de 2020 (linha a azul). Gama de valores de percentil relativos ao período 2000-2019 numa janela de 11 dias centrada em cada dia.

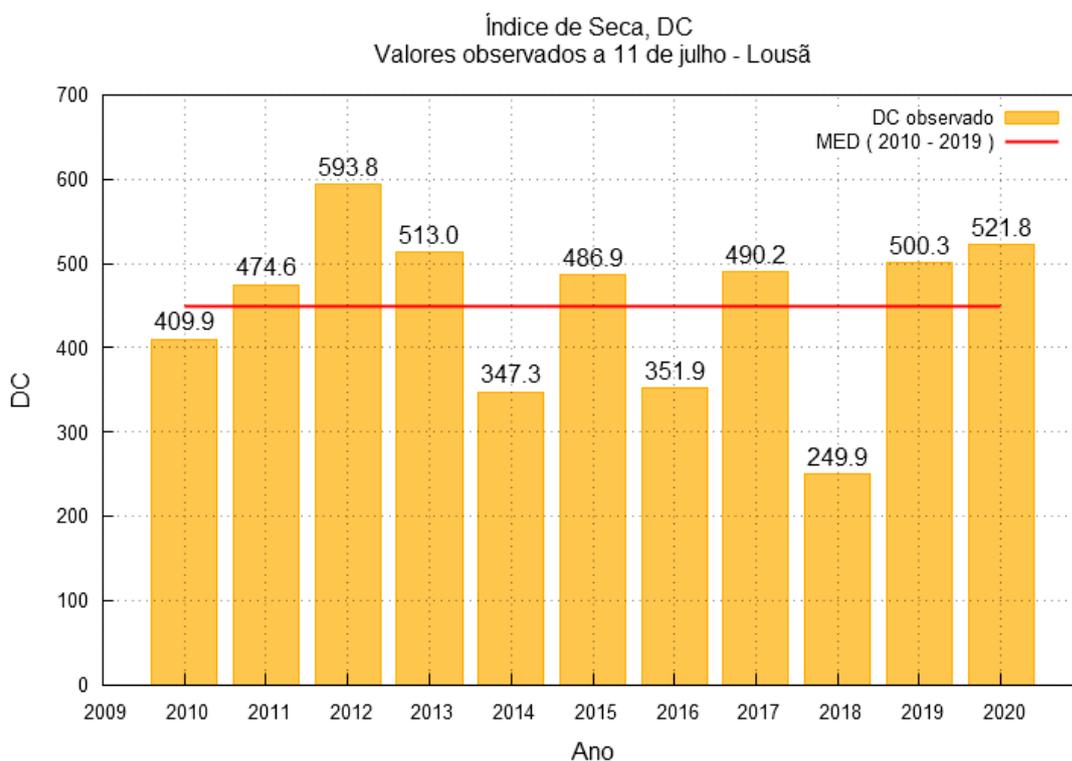


Figura 3-2 - Índice de Seca (DC), na Estação Meteorológica Automática Lousã/Aeródromo, em 11 de julho, entre 2010 e 2020 (barras a laranja). Valor médio de DC no período 2010-2019 (linha a vermelho).

Nas Estações Meteorológicas Automáticas próximas da estação da Lousã/Aeródromo, os valores mais elevados do FWI observado registaram-se em Vila Nova de Poiares, com 34.4, e em Penacova, com 35.3, ambos próximos do valor da Lousã/Aeródromo. Estes valores encontravam-se na mesma classe verificada na generalidade da metade oeste das regiões Norte e Centro (Figura 3-3). O resto do território apresentava valores de FWI superiores a 38, sendo que na faixa leste mais interior das regiões Centro e Sul e no interior do Algarve, o FWI apresentava ainda valores superiores a 50.

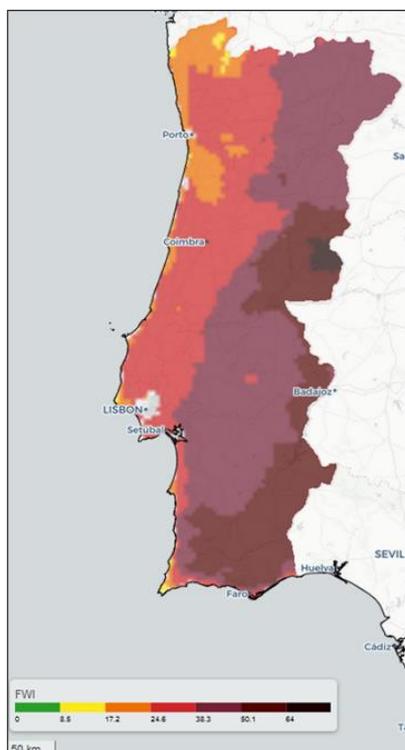


Figura 3-3 – Índice de Perigo Meteorológico de Incêndio FWI para 11 de julho de 2020, estimativa LSASAF, previsão de 36 horas.

Neste dia, o concelho da Lousã foi classificado na classe de Risco Muito Elevado (4ª classe mais alta num total de 5), de acordo com as estimativas dos índices de risco RCM, Risco Conjuntural e Meteorológico (IPMA, 2020), e FRM, *Fire Risk Mapping* (Pinto *et al*, 2018) – ver Tabela 3-2. Em particular, a estimativa do índice FRM correspondia à classe de probabilidade de ocorrência de um evento extremo de 0.7, não existindo anomalia de probabilidade de ocorrência de um evento extremo.

Tabela 3-2 – Classes de risco de incêndio, probabilidade (e anomalia da probabilidade) de ocorrência de evento extremo para dia 11 de julho 2020 no concelho da Lousã.

Classe de risco		Probabilidade de evento extremo (satélite)	Anomalia de probabilidade de evento extremo (satélite)
RCM (estação)	FRM (satélite)		
Muito elevado (4)	Muito elevado (4)	0.7	0.0

## 3.2 Modelação numérica da instabilidade atmosférica

Na Figura 3-4 apresenta-se o tefigrama previsto para as 18 UTC (19 horas locais) do dia 11 na estação da Lousã/Aeródromo, utilizando as previsões do ponto mais próximo da malha do modelo HRES-ECMWF. Este ponto do modelo é também o que corresponde ao local do incêndio. O valor da orografia do modelo no referido ponto é de 489 m. Na realidade, o local do incêndio encontra-se a uma altitude aproximada de 900 m e a uma distância de cerca de 9 km da estação da Lousã/Aeródromo.

Pode constatar-se que o modelo indicava um nível elevado de instabilidade atmosférica, correspondente à área positiva entre 700 e 250 hPa, aproximadamente, o que sugere a possibilidade de ocorrer convecção profunda a partir de nuvens médias, acima de 3000 m aproximadamente. O gráfico mostra também uma camada de ar muito seca nos níveis inferiores em concordância com as características da massa de ar que afetava todo o território. Este tipo de perfil indica a possibilidade de ocorrência de trovoadas secas devido à evaporação da precipitação na camada de ar seco subjacente. Esta possibilidade é também sugerida pelo produto de probabilidade de ocorrência de trovoadas secas (Figura 3-5), construído com base no modelo ENS-ECMWF, e que indicava valores elevados para o período 12-18 UTC (13-19 horas locais), sendo próximos de 60% na zona do incêndio.

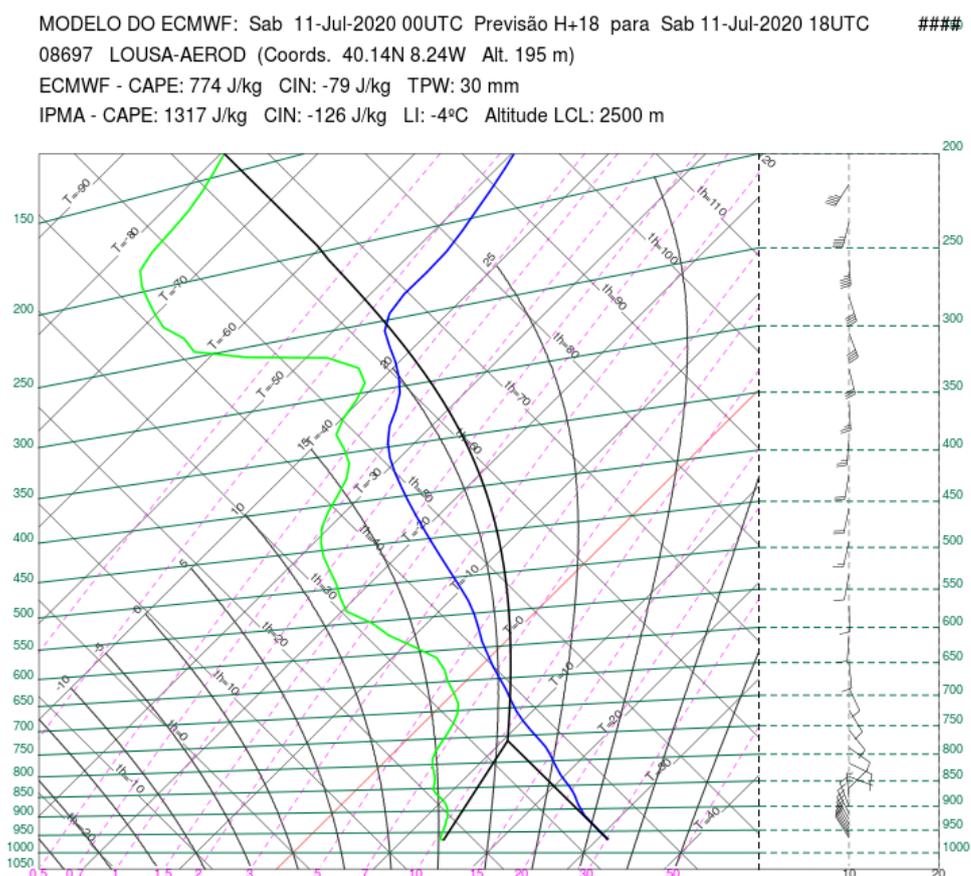


Figura 3-4 - Tefigrama previsto para as 18 UTC a partir do run das 12 UTC do dia 11 de julho de 2020 do modelo HRES-ECMWF.

FCST ENS ECMWF Variable: PROB Dry Thunderstorms [%] 6h

Run: 2020071100 Step: 18 Valid/Period: 2020071112 - 2020071118

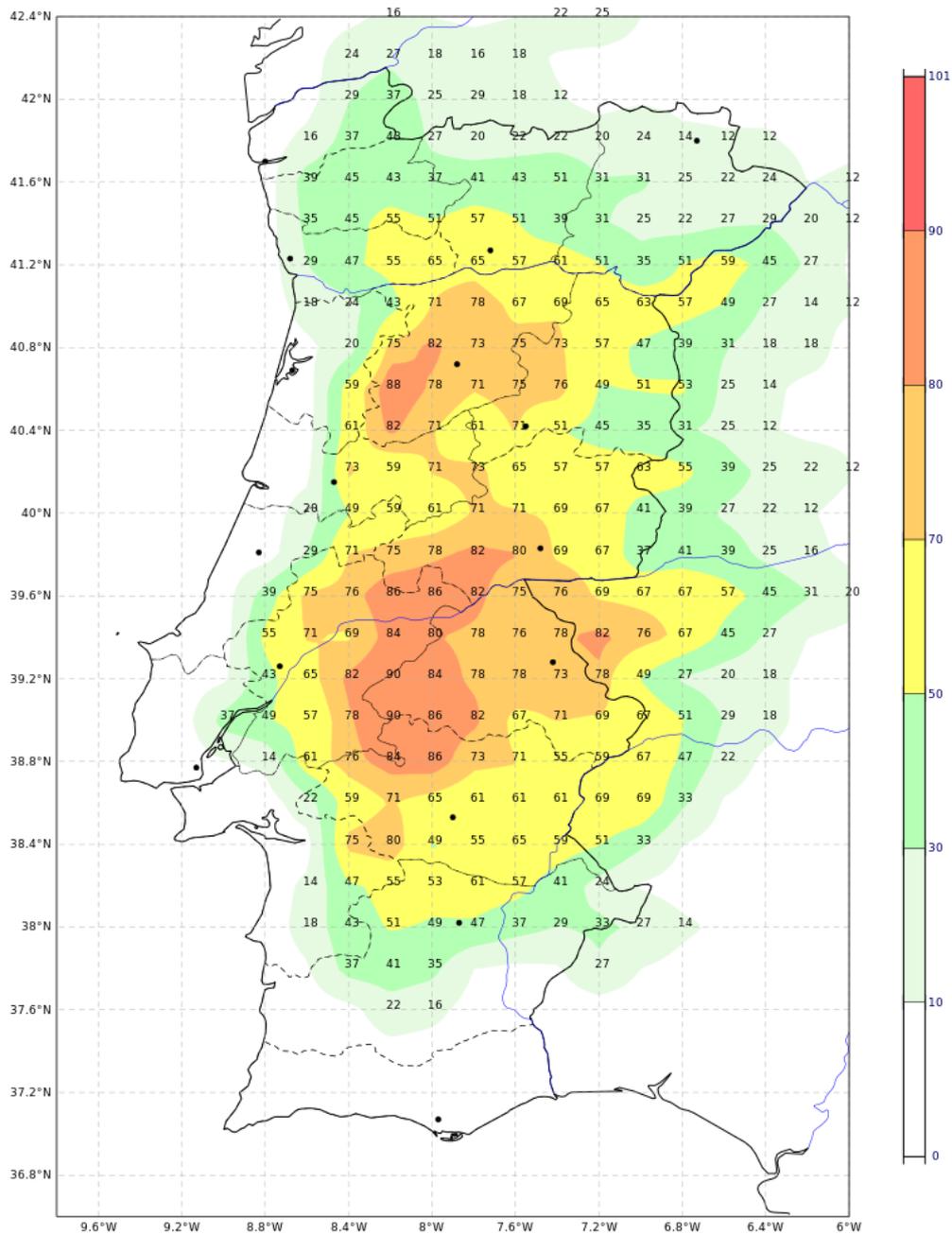


Figura 3-5 - Probabilidade de trovoada seca (%) para o período 12-18 UTC a partir do run das 00 UTC do dia 11 de julho de 2020 do modelo ENS-ECMWF.

### 3.3 Observação de atividade elétrica atmosférica

Neste capítulo analisa-se a evolução da atividade elétrica atmosférica durante o período da tarde de dia 11 de julho, em particular até ao instante considerado como o início do incêndio da Lousã - 17:26 UTC (18:26 horas locais) - referenciado com as coordenadas de latitude 40.07N e longitude -8.20E, na proximidade da região de Candal, numa vertente a noroeste da Serra da Lousã, freguesia e concelho da Lousã, distrito de Coimbra.

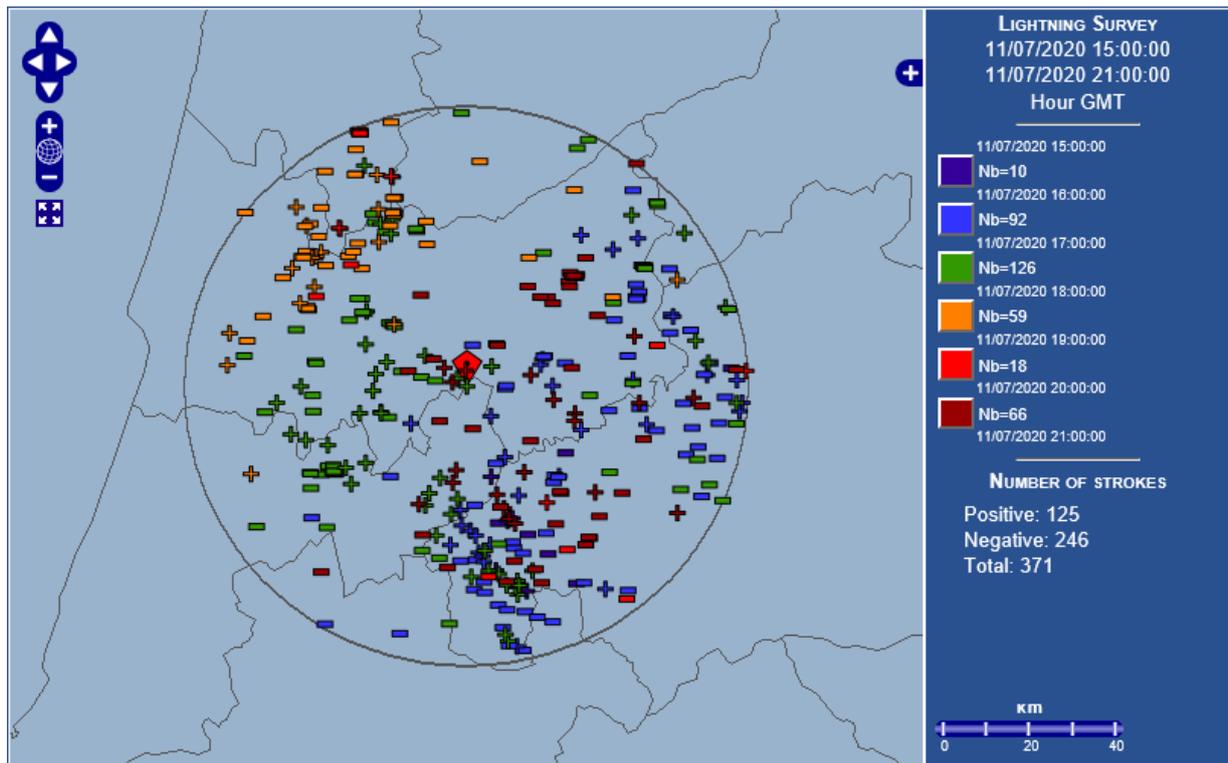
Como referido no capítulo 2, o desenvolvimento de células convectivas decorreu a partir do início da tarde dando origem a um agravamento das condições meteorológicas em vários locais de Portugal continental. Na região da Lousã, deu-se um desenvolvimento de células convectivas aproximadamente a sueste da Serra da Lousã, com uma progressão para noroeste através de uma zona de relevo complexo, na proximidade da localidade da Lousã. No decorrer da evolução das células convectivas, foi gerada atividade elétrica atmosférica, quer seja entre-nuvens/intra-nuvem quer seja nuvem-solo, a qual, em particular, poderá ter contribuído para a ignição do referido incêndio. Neste relatório apresentam-se apenas os registos de atividade elétrica do tipo nuvem-solo (com polaridade negativa ou positiva) com um erro de localização inferior a 10 km. A análise da evolução das células convectivas e subsequente análise do campo do vento e precipitação será efetuada no capítulo 4.

Considerando como referência o ponto de início do incêndio, efetuou-se, num raio de ação de 50 km, uma análise detalhada da atividade elétrica atmosférica do tipo nuvem-solo que afetou a região da Serra da Lousã no período da tarde, com base nos registos de descargas elétricas atmosféricas (DEA) obtidos da rede de detetores do IPMA para o dia 11 (Figura 3-6, Tabela 4-1 e Tabela 4-2).

Assim, registou-se atividade elétrica a partir das 15:40 UTC (16:40 horas locais) neste raio de ação, atingindo o seu pico entre as 16:30 e 18:30 UTC (17:30 e 19:30 horas locais), com um interregno da atividade elétrica no período entre as 18:30 e 20:00 UTC (19:30 e 21:00 horas locais) na proximidade do local, prolongando-se então até às 02:00 UTC (03:00 horas locais) do dia 12 de julho.

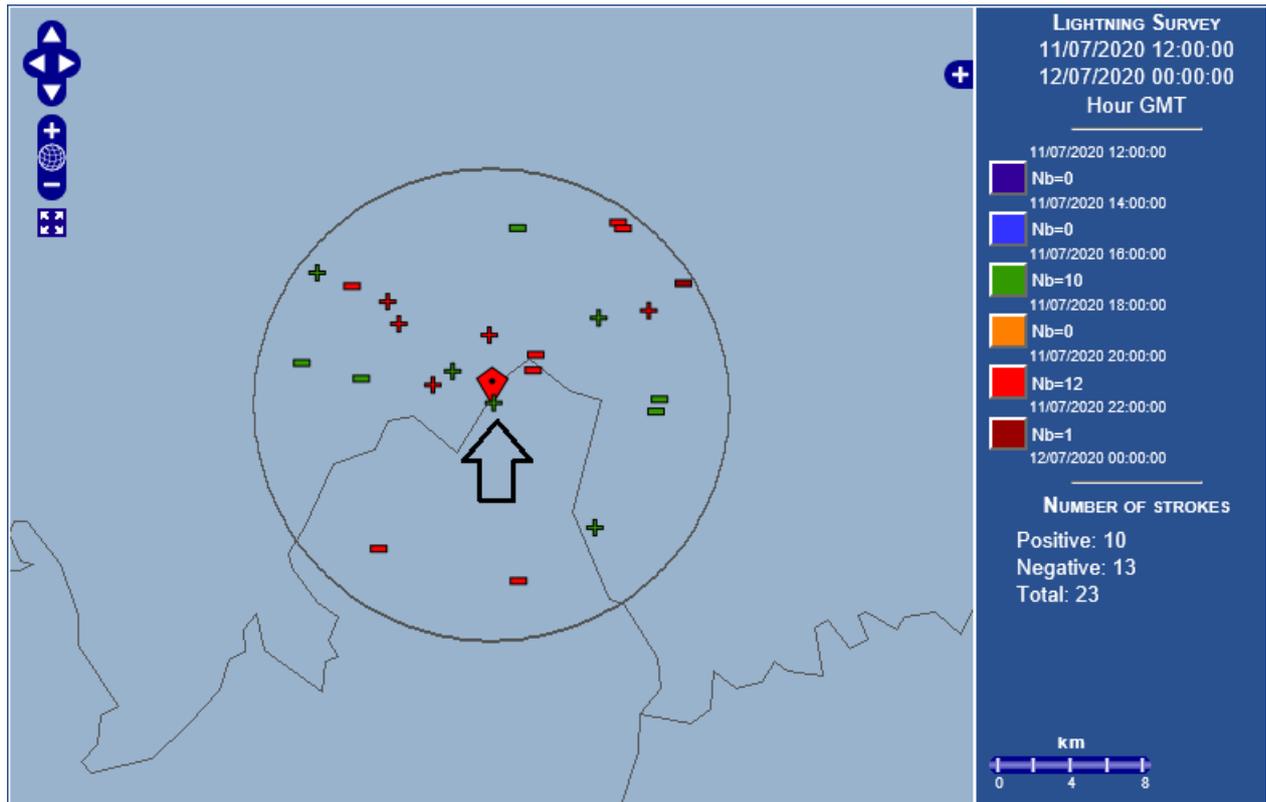
Na sequência desta análise foi localizado um registo às 17:20 UTC (18:20 horas locais), a 100 m do local de início do incêndio, em que a margem de erro associada a esta descarga elétrica (na ordem de 200 m) permite inferir que poderá ter despoletado o referido incêndio. Esta descarga teve uma intensidade de corrente de 23.9 kA e apresenta multiplicidade de 1 (única). A descarga pode ser identificada na Figura 3-7, que apresenta todas as DEA no período compreendido entre as 12 e 24 UTC, num raio de 10 km em torno do local do incêndio. Na Figura 3-6 e Figura 3-7 a atividade elétrica atmosférica pode ser visualizada através dos pontos assinalados com o sinal (+) ou (-) consoante a polaridade.

No capítulo 4.1.3 (e em particular na Tabela 4-1 e na Tabela 4-2) apresenta-se informação adicional em relação à distribuição das DEA durante todo o episódio de convecção, segundo a sua tipologia e intensidade de corrente elétrica.



 local do incêndio

Figura 3-6 – Registo de descargas elétricas atmosféricas para o dia 11 de julho de 2020, num raio de 50 km em torno do local do incêndio, no período entre as 15 e 21 UTC. O símbolo a vermelho no centro representa a localização do incêndio.



 local do incêndio

Data: 11/07/2020	Latitude: 40.0709N	Intensidade: 23.9 kA
Hora: 17:20:19 UTC	Longitude: -8.1990E	Distância: 0.1 km

Figura 3-7 – Registo de descargas elétricas atmosféricas para o dia 11 de julho de 2020, num raio de 10 km em torno do local do incêndio, no período entre as 12 e 24 UTC. O símbolo a vermelho no centro representa a localização do incêndio. Dentro da caixa em baixo - detalhes da descarga elétrica atmosférica que poderá ter iniciado o incêndio da Lousã.

## 4. Atividade convectiva durante a ocorrência do incêndio

### 4.1 Observação do sistema convectivo

A avaliação das células do sistema convectivo que afetou, no dia 11 de julho, a região do incêndio da serra da Lousã, foi efetuada com mais detalhe no período entre as 16 e as 21 UTC (17 e 22 horas locais) com observações de superfície, imagens radar (a partir das 17 UTC, 18 horas locais), imagens/produtos de satélite e registos de descargas elétricas atmosféricas (DEA).

Foram consideradas 10 estações meteorológicas automáticas (EMA) da rede do IPMA e da Comunidade InterMunicipal (CIM) de Coimbra que se apresentam na Figura 4-1. As estações mais próximas localizam-se na região de SW a NE do local do incêndio e distam deste cerca de 9 km (EMA Lousã/Aeródromo) até cerca de 25 km (EMA Coimbra/Aeródromo e EMA Pampilhosa-da-Serra). No quadrante SE a EMA mais próxima é a de Proença-a-Nova que, no entanto, já se encontra a cerca de 48km do local de interesse. As estações de Ansião, Tomar e Alvega localizam-se a S da região de interesse à distância de 27, 56 e 71 km, respetivamente.

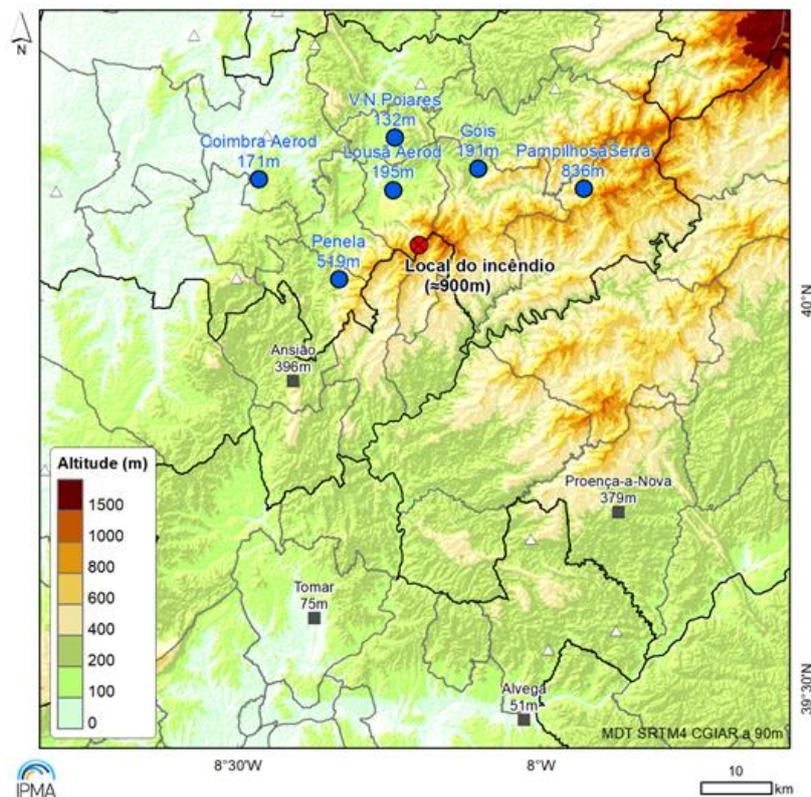


Figura 4-1 – Localização das estações meteorológicas automáticas: Coimbra/Aeródromo, Lousã/Aeródromo, Pampilhosa-da-Serra, Ansião, Proença-a-Nova, Tomar e Alvega (IPMA); Vila Nova de Poiares, Penela e Góis (CIM Coimbra). As estações até 25 km do local do incêndio são identificadas por círculos a azul. Outras estações mais afastadas, mas ainda consideradas na análise, são representadas por quadrados cinzentos. Os triângulos marcam outras estações da rede não analisadas em detalhe. O círculo a vermelho marca a localização do incêndio do dia 11 de julho de 2020 na serra da Lousã. São indicados os nomes e as cotas de altitude das estações.

As imagens de radar correspondem ao radar de Arouca (A/PG), que é o radar da rede do IPMA que se encontra mais próximo do local do incêndio e que, possuindo polarização dupla, permite distinguir o tipo de hidrometeoro. O local do incêndio encontra-se ainda dentro do raio de 100 km em torno do radar, pelo que é também possível efetuar a análise com base em informação Doppler.

As imagens de satélite correspondem ao satélite geoestacionário Meteosat 11 da EUMETSAT, recorrendo em particular ao canal de infravermelho IR 10.8 e ao canal visível de alta resolução HRV.

Os registos de descargas elétricas atmosféricas foram obtidos da rede de DEA do IPMA constituída por 4 detetores em Portugal continental (Bragança, Castelo Branco, Santa Cruz e Olhão) em funcionamento integrado em rede com alguns detetores da rede Espanhola, ao abrigo de um protocolo de cooperação com a AEMET.

#### **4.1.1 Observações de superfície em torno da região do incêndio**

Na tarde de 11 julho, na região do incêndio da serra da Lousã, foram registados pela rede de EMAs do IPMA e da CIM Coimbra (Figura 4-1, estações até 25 km de distância, representadas com círculo a azul), valores de temperatura máxima do ar que variaram entre os 33.6 °C na EMA de Pampilhosa-da-Serra (836 m) e os 38.9 °C na EMA da Lousã/Aeródromo (195 m). Os valores mínimos de humidade relativa do ar variaram entre os 22% na EMA da Pampilhosa-da-Serra e os 43% na EMA de Góis. O vento médio predominou, em geral, fraco de NW (de SW em Góis) até cerca das 18:00 horas locais (17 UTC) nestas estações mais próximas do local do incêndio.

##### **Alvega e Tomar**

Analisou-se em detalhe o período 17:00-22:00 horas locais (16:00-21:00 UTC) a partir dos dados de 10 minutos (indica-se o instante final do período) nas 10 estações consideradas (Figura 4-2 e Anexo A - Figura A.1). É possível verificar que nas estações mais a sul, Alvega e Tomar, o vento predominou de NW fraco a moderado, tendo-se intensificado e rodado para NE em Alvega, cerca das 17:20 horas locais (16:20 UTC), com rajada máxima de 52 km/h. Nesta estação a intensificação e rotação do vento foi acompanhada pela descida de temperatura do ar (-7.9 °C) e aumento da humidade relativa (+17%) em 10 minutos. Este comportamento terá estado relacionado com a passagem de uma célula convectiva a NE da estação. Esta célula não viria a influenciar a estação de Tomar, onde as observações apresentaram em todo o período um padrão de evolução diurna normal, com diminuição progressiva da temperatura e aumento da humidade a partir das 17:00 horas locais (16:00 UTC). Em Tomar o vento persistiu de NW, sem grandes variações de intensidade (Anexo A - Figura A.1), no período analisado (17:00-22:00 horas locais, 16:00-21:00 UTC), dado que esta estação ficou numa posição marginal ao sistema convectivo que evoluiu de S para N.

##### **Proença-a-Nova**

A estação de Proença-a-Nova foi influenciada pela passagem de células convectivas (análise das observações radar no ponto respetivo) numa primeira fase cerca das 17:10 horas locais (16:10 UTC), tendo-se verificado a intensificação do vento, diminuição da temperatura e aumento da humidade relativa (Anexo

A - Figura A.1). Cerca das 20:30 horas locais (19:30 UTC) um outro sistema convectivo progredia a SE deste local, tendo este desenvolvimento muito provavelmente estado na origem da forte intensificação e rotação do vento para NE nesta estação cerca das 20:40 horas locais (19:40 UTC). A temperatura do ar aumentou e a humidade relativa diminuiu das 20:30 às 20:50 horas (19:30 às 19:50 UTC). Das 21:00 às 21:30 horas (20:00 às 20:30 UTC) os valores de temperatura diminuem, o rumo vento muda para NW e a humidade relativa e intensidade do vento aumentam, à passagem de uma célula convectiva neste local.

### **Penela, Ansião, Coimbra/Aeródromo, Vila Nova de Poiares, Góis, Lousã/Aeródromo**

Nas estações mais próximas do local do incêndio, numa primeira fase o vento rodou para S/SW após as 18:10 horas locais (17:10 UTC) em Penela, 18:20 horas locais (17:20 UTC) em Ansião, 18:30 horas locais (17:30 UTC) em Coimbra/Aeródromo e 18:40 horas locais (17:40 UTC) em Vila Nova de Poiares, tendo sido registada precipitação intensa nalguns locais aquando da passagem das células convectivas (Anexo A - Figura A.2). Em Penela, foram registados 9.1 mm, das 18:00 às 18:50 horas locais (17:00-17:50 UTC); em Ansião, 6.1 mm das 18:20 às 18:50 horas locais (17:20-17:50 UTC)); em Coimbra/Aeródromo 13.7 mm, das 18:40 às 19:30 horas locais (17:40-18:30 UTC) – ver Figura 2. Neste período não terá ocorrido precipitação no local do incêndio uma vez que as células convectivas, em deslocação de SE para NW, localizaram-se a SW deste. Em Vila Nova de Poiares a precipitação ocorrida foi fraca, 0.2 mm das 18:50 às 19:10 horas locais (17:50-18:10 UTC) - ver Figura 4-2.

Nas estações de Góis e da Lousã/Aeródromo verificou-se a ocorrência de precipitação no início da noite, 0.6 mm das 21:50 às 22:30 horas locais (20:50-21:30 UTC) e 4.3 mm das 22:00 às 23:10 horas locais (21:00-22:10 UTC), respetivamente. É de destacar, a forte intensificação do vento em Coimbra/Aeródromo, das 18:30 às 19:00 horas locais (17:30-18:00 UTC), tendo sido registadas rajadas de NE superiores a 50 km/h (56 km/h às 18:50 horas locais (17:50 UTC) e 58 km/h às 19:00 horas locais (18:00 UTC)). Na estação de Penela a intensificação do vento foi menor, tendo a rajada máxima sido de 21 km/h às 18:30 horas locais (17:30 UTC). Nas diversas estações, no período entre as 18:00 e as 19:30 horas locais (17:00-18:30 UTC) verificou-se uma subida dos valores da humidade relativa (de 40% para cerca de 80%), e descida da temperatura do ar, mais acentuada (>10 °C) nas estações de Penela e Coimbra/Aeródromo (Figura 4-2).

Às 19:30 horas locais (18:30 UTC), em Coimbra/Aeródromo e Vila Nova de Poiares observou-se um aumento temporário da intensidade do vento que antecedeu a mudança de rumo para S e para E, respetivamente. Nas estações de Penela e Góis, as mais próximas do local do incêndio (13 km) que têm observações de vento (Lousã/Aeródromo não tem), este aumentou ligeiramente de intensidade e rodou para NE. Nestas duas estações, cerca das 20:00 horas locais (19:00 UTC) iniciou-se novo período de intensificação do vento, mais prolongado e com aumento mais acentuado que no caso verificado cerca das 19:30 horas locais (18:30 UTC). Em Góis foi registada uma rajada de 35 km/h, às 20:10 horas locais (19:10 UTC). De notar que esta estação, a NE do local do incêndio, se encontra num vale a 191 m de altitude, pelo que a cotas mais elevadas a intensidade de vento terá muito provavelmente sido superior nesta região. Na estação de Penela, a SW do local do incêndio, a 519 m de altitude, a intensificação mais expressiva do vento verifica-se após as 20:20 horas locais (19:20 UTC), aumentando continuamente até às 21:20 horas locais (20:20 UTC), altura em que é registado o maior valor de rajada, 60 km/h. Acompanhando estas mudanças no campo do vento à superfície, a temperatura aumentou e a humidade diminuiu significativamente (Figura 4-2 e Anexo A - Tabela A.1). Merece ainda destaque a intensificação do vento na estação de Vila Nova de Poiares, em particular a partir 21:30 horas locais (20:30 UTC), em que o vento de NE aumenta de intensidade registando-se a rajada máxima, 63 km/h, às 22:30 horas locais (21:30 UTC) – ver Figura 4-2.

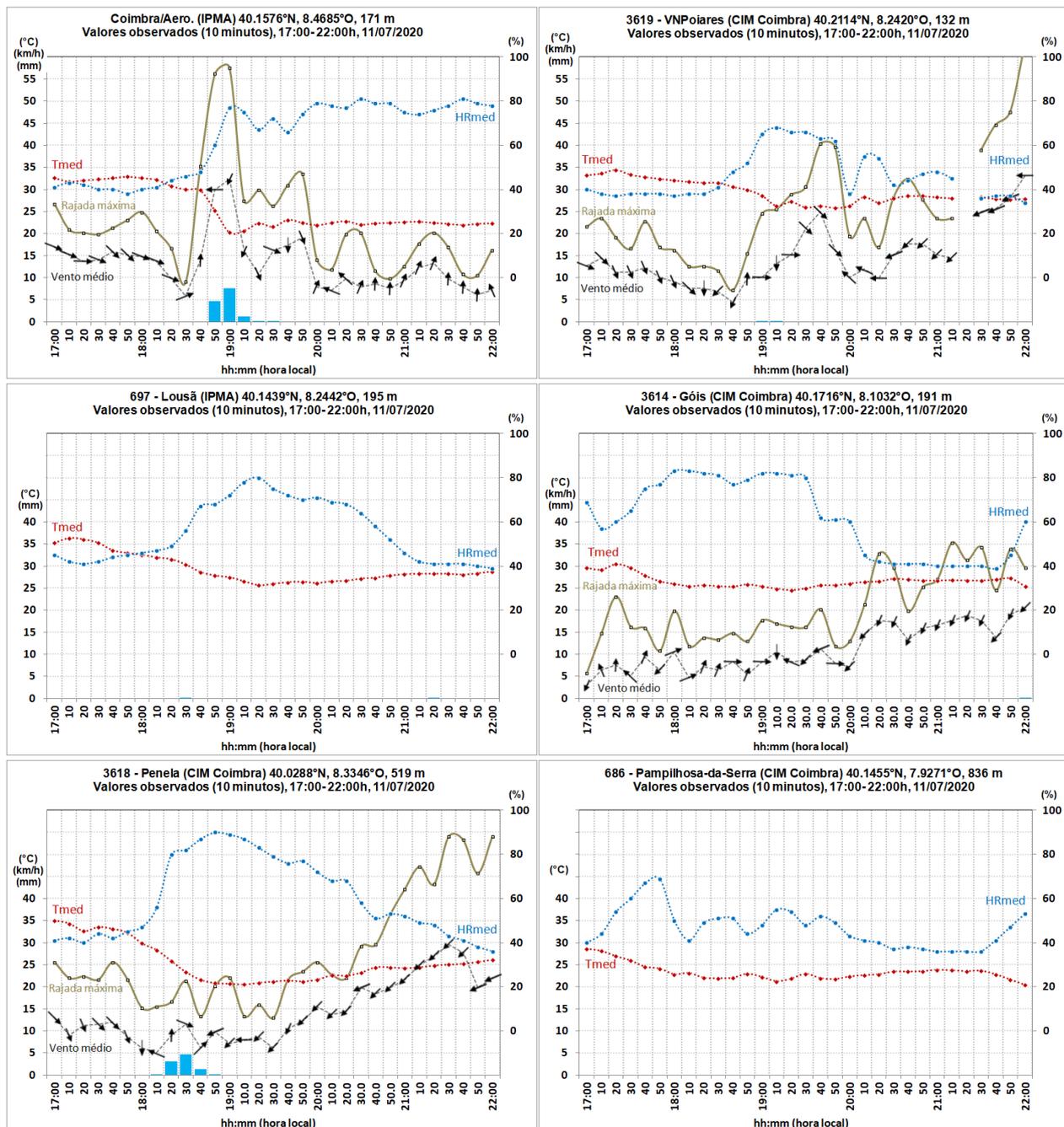


Figura 4-2 – Valores em 10 minutos de temperatura média do ar, humidade relativa média do ar, precipitação total, intensidade e rumo do vento médio, intensidade máxima do vento (rajada), nas estações meteorológicas automáticas da região do incêndio da Lousã, 11 de julho de 2020, no período 17-22 horas locais (16-21 UTC). (Nota: O parâmetro vento não está disponível nas estações Lousã/Aeródromo e Pampilhosa-da-Serra. O parâmetro precipitação não está disponível na estação Pampilhosa-da-Serra).

## **Considerações sobre o local do incêndio**

As observações de superfície nas estações mais próximas do local do incêndio (que se verificou a uma cota de aproximadamente 900 m, Figura 4-1), sugerem que numa primeira fase, até cerca das 19:30 horas locais (18:30 UTC), o incêndio terá sido influenciado por vento de NW, ainda que com algumas variações de rumo e intensidade a partir das 18:00 horas locais (17:00 UTC), devido à ação do sistema convectivo (Anexo A - Figura A.2). Numa segunda fase, após as 19:30 horas locais (18:30 UTC), o vento terá rodado e persistido de NE, com maior intensidade, em particular a partir das 20:00 horas locais (19:00 UTC), e a temperatura aumentado e a humidade diminuído (Figura 4-2 e Anexo A - Tabela A.1 e Figura A.3). Na estação da Lousã/Aeródromo, a mais próxima do incêndio (9 km), mas sem dados de vento, a temperatura máxima em 10 minutos aumentou, de 26.3 °C às 18:30 horas locais (17:30 UTC) para 29.0 °C às 21:00 horas locais (20:00 UTC) e a humidade relativa diminuiu de 68% para 38% no mesmo período. Este comportamento foi observado noutras estações em diferentes períodos: Alvega, 17:50-18:00 horas locais (16:50-17:00 UTC); Proença-a-Nova, 20:00 horas locais (19:00 UTC); Ansião 19:30-20:00 horas locais (18:30-19:00 UTC); Penela 19:30-21:00 horas locais (18:30-20:00 UTC); Góis 19:30-21:30 horas locais (18:30-20:30 UTC); Vila Nova Poiares 20:00-22:00 horas locais (19:00-21:00 UTC) – ver Figura 4-2 e Anexo A - Figura A.1. Após a passagem das células convectivas, estes locais permaneciam (duração variável) no bordo S/SE do sistema convectivo, em progressão para N/NW, verificando-se, como já descrito, mudança no rumo do vento para NE e aumento da sua intensidade, aumento da temperatura e diminuição da humidade relativa do ar. Admite-se que este efeito poderá ter sido amplificado localmente na presença de orografia complexa.

### **4.1.2 Padrão e tipo de precipitação com observações radar**

No local do incêndio foi observada precipitação nos produtos PCR (observação cerca de 500 m acima do solo) nos períodos 17:00-18:20 UTC (18:00-19:20 horas locais) e 20:20-21:00 UTC (21:20-22:00 horas locais). A intensidade observada foi fraca, com valores sempre abaixo de 30 mm/h e em geral inferiores a 15 mm/h. Ou seja, não houve precipitação durante um período de cerca de 1 hora e 40 minutos, entre as 18:30 e 20:10 UTC (19:30 e 21:10 horas locais) – ver Figura 4-3.

A classificação do tipo de hidrometeoro foi efetuada recorrendo aos PPI de HidroClass (observação cerca de 500 m acima do solo) e correspondeu a “chuva” durante todas as observações do período considerado. Foi identificado “granizo” nas proximidades do local (< 5 km) nos períodos 17:00-17:10 (18:00-18:10 horas locais), 17:30UTC (18:30 horas locais), 20:50-21:00 UTC (21:50-22:00 horas locais) – ver Figura 4-4.

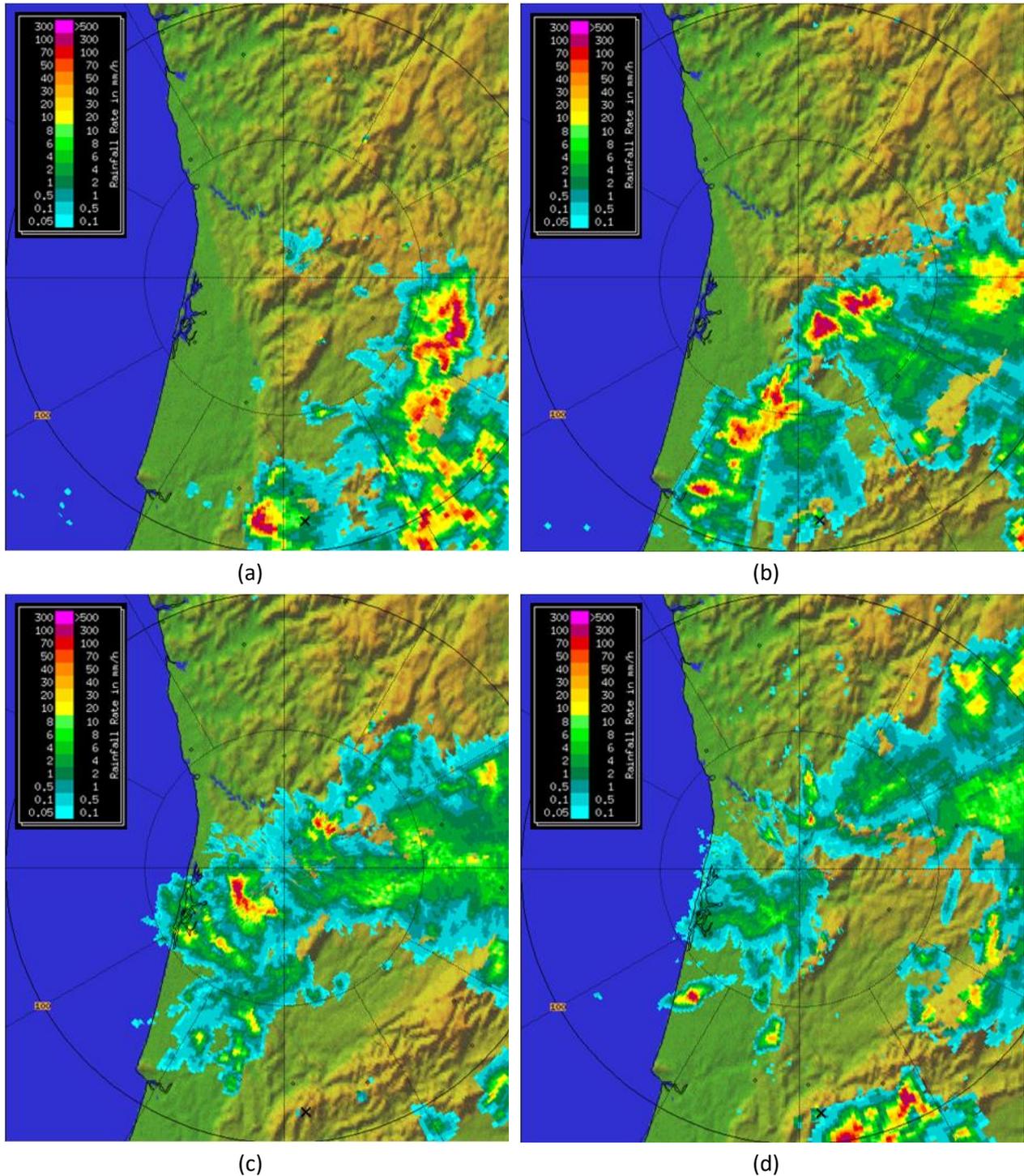


Figura 4-3- Imagens de PCAPPI de R (mm/h), a 2000 m de altitude, radar de A/PG, dia 11 de julho de 2020: (a) 17:20 UTC (18:20 horas locais), (b) 18:20 UTC (19:20 horas locais), (c) 19:20 UTC (20:20 horas locais), (d) 20:20 UTC (21:20 horas locais). X a preto (na parte inferior de cada imagem) identifica o local do incêndio.

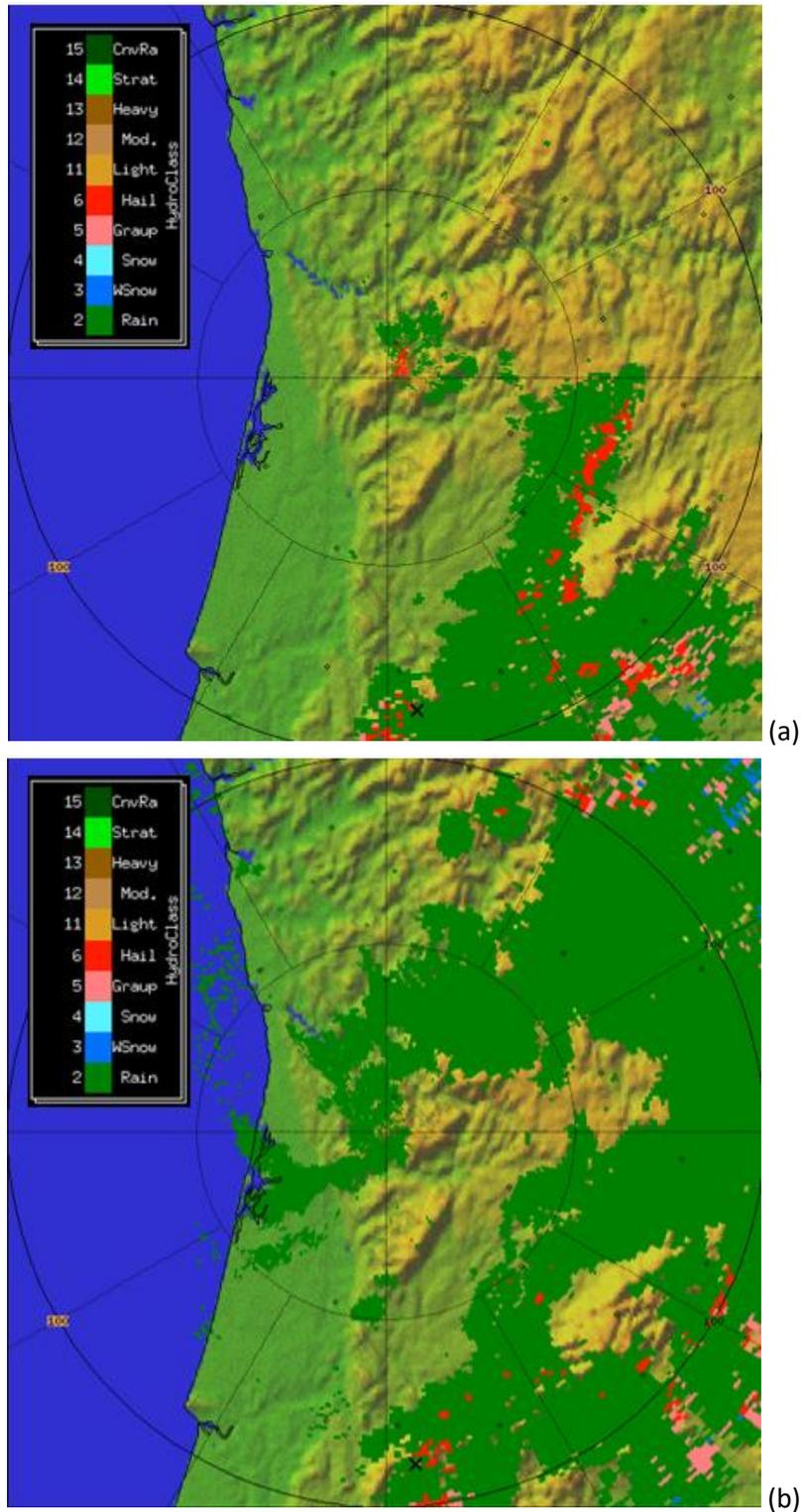


Figura 4-4 – Imagens Hydroclass, radar de A/PG, dia 11 de julho de 2020: (a) 17:00 UTC (18:00 horas locais) e (b) 20:50 UTC (21:50 horas locais). Cruz a preto (na parte inferior de cada imagem) identifica o local do incêndio.

### 4.1.3 Atividade elétrica atmosférica

No gráfico apresentado na Figura 4-5, é possível observar a distribuição horária do número de raios (*strokes*) na área considerada anteriormente (um raio de 50 km em torno do local do incêndio). A atividade elétrica nuvem-solo (*strokes*) iniciou-se a partir das 15 UTC (16 horas locais) atingindo um pico entre as 17-18UTC (18-19 horas locais) como já tinha sido referido (consultar Tabela 4-1). A atividade elétrica intra-nuvem (*intra-clouds*) atinge um pico entre as 16-17UTC (17-18 horas locais), sendo que normalmente as DEA intra-nuvem antecedem as DEA nuvem-solo, a nível individual do comportamento elétrico de cada célula convectiva.

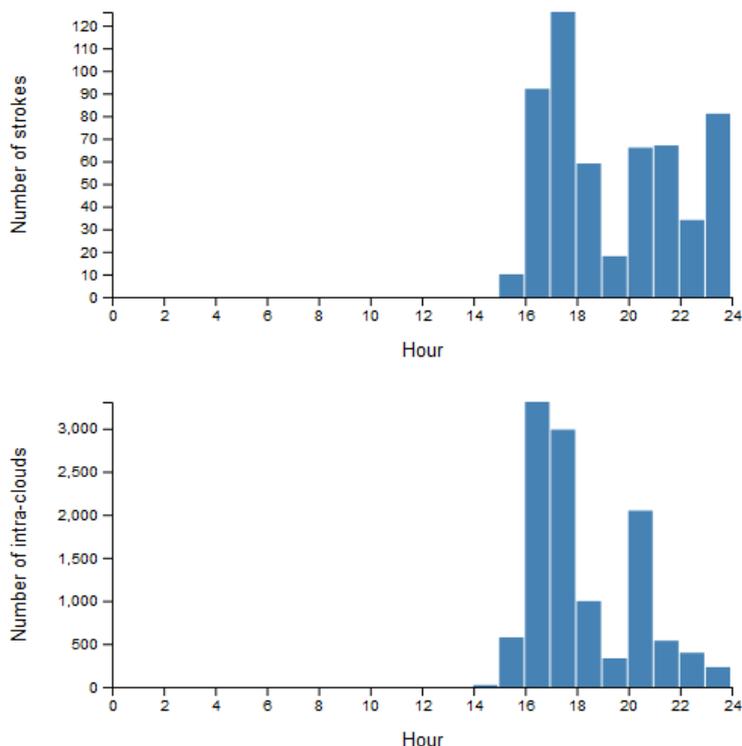
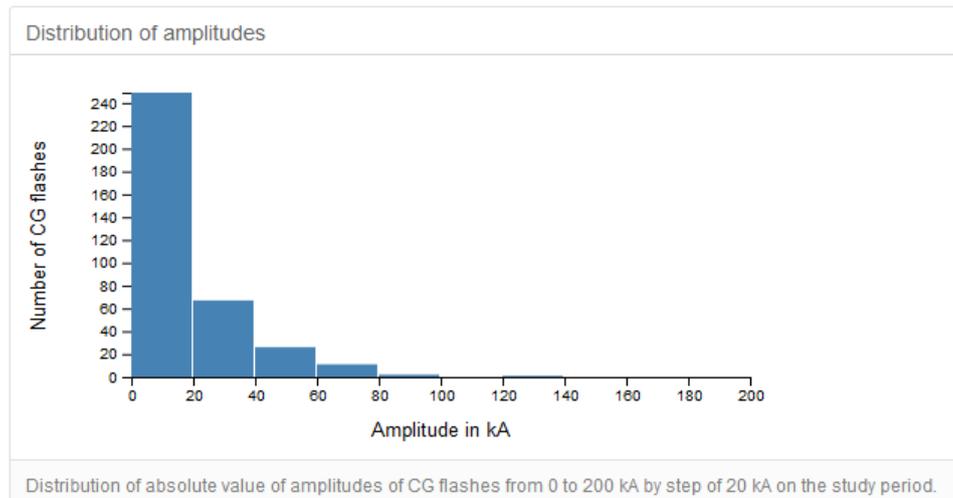


Figura 4-5 – Distribuição de descargas elétricas atmosféricas para o dia 11 de julho de 2020, num raio de 50 km em torno do local do incêndio, no período entre as 00 e 24 UTC, com distinção entre a atividade elétrica nuvem-solo (*strokes*) e intra-nuvem.

No gráfico apresentado na Figura 4-6, é possível observar a distribuição dos valores de intensidade de corrente elétrica associada às DEA (*flashes*) na área considerada anteriormente (um raio de 50 km em torno do local do incêndio). Registaram-se 249 DEA com valores de intensidade de corrente a variar entre 0 e 20 kA, um valor típico registado em Portugal continental (consultar a Tabela 4-2).



**Figura 4-6 – Distribuição do valor absoluto da intensidade de corrente das descargas elétricas atmosféricas (*flashes*) para o dia 11 de julho de 2020, num raio de 50 km em torno do local do incêndio, no período entre as 00 e 24 UTC.**

A percentagem de DEA negativas e positivas (i.e. a sua polaridade) é de 58% e 42% respetivamente (consultar a Tabela 4-2), sendo que normalmente a percentagem de DEA negativas varia entre 70 e 80% em termos médios em Portugal continental.

Cada DEA (*flashes*) pode apresentar várias descargas subsequentes, aproximadamente no mesmo “caminho” de propagação para o solo - relâmpago, que são designadas por raios (*strokes*). Esta foi a designação foi adaptada pelo IPMA em traduções de textos de origem anglo-saxónicos. Quando uma descarga apresenta vários raios, isso significa que tem multiplicidade, não sendo o âmbito deste relatório detalhar este parâmetro associado à tipologia das DEA. Na Tabela 4-1, podemos constatar que por exemplo a hora de maior frequência situa-se entre as 17-18UTC (18-19 horas locais) com 87 DEA (*flashes*) e 126 raios (*strokes*) indicando que algumas das DEA apresentam multiplicidade superior a 1. Normalmente o primeiro raio apresenta uma intensidade de corrente superior aos subsequentes.

**Tabela 4-1 – Distribuição horária de DEA (nuvem-solo e intra-nuvem) para o dia 11 de julho de 2020, num raio de 50 km em torno do local do incêndio, no período entre as 14 e 24 UTC, com distinção entre a atividade elétrica nuvem-solo (Nb CG flashes ou strokes) e intra-nuvem (Nb IC flashes).**

Hour	Nb CG flashes	Nb strokes	Nb IC flashes	Nb IC	Nb strokes + IC
14	0	0	21	21	21
15	10	10	574	574	584
16	77	92	3310	3310	3402
17	87	126	2988	2988	3114
18	44	59	996	996	1055
19	10	18	331	331	349
20	49	66	2047	2047	2113
21	38	67	536	536	603
22	19	34	396	396	430
23	22	81	229	229	310

**Tabela 4-2 - Distribuição da intensidade de corrente de DEA (intervalo de 20kA) para o dia 11 de julho de 2020, num raio de 50 km em torno do local do incêndio, no período entre as 00 e 24 UTC, com distinção da polaridade da DEA nuvem-solo total.**

Amplitudes information of CG flashes					
Number of amplitudes > 200 kA (in absolute value) : 0					
	Nb	Proportion	Mini	Maxi	Average
Negatives	207	58.15 %	1.06 kA	133.92 kA	14.16 kA
Positives	149	41.85 %	1.73 kA	80.45 kA	19.18 kA

Table of the distribution of amplitudes									
[0-20[	[20-40[	[40-60[	[60-80[	[80-100[	[100-120[	[120-140[	[140-160[	[160-180[	[180-200]
249	67	26	11	2	0	1	0	0	0

Distribution of absolute value of amplitudes of CG flashes from 0 to 200 kA by step of 20 kA on the study period.

Nota: o sistema permite uma localização com uma precisão máxima (erro mínimo) de cerca de 250 metros e tem uma eficiência de deteção de 95 % para descargas do tipo nuvem-solo (i.e., 5% das descargas nuvem-solo poderão não ser detetadas) e de 50% para descargas elétricas do tipo intra-nuvem ou entre-nuvens (i.e., metade destas descargas poderão não ser detetadas). A probabilidade associada à elipse de confiança é de 50%, ou seja, é esta a probabilidade da descarga se encontrar dentro dessa área. Aplicando um fator de 1.82 aumenta-se a probabilidade para 90% (VAISALA, 2015).

#### 4.1.4 Dissipação do sistema convectivo

Sobre a região aproximadamente centrada sobre o local do incêndio, verifica-se, no período 18:10-19:10 UTC (19:10-20:10 horas locais), uma dissipação substancial do sistema convectivo que se propagou progressivamente de sul para norte. Esta evidência decorre da identificação de uma redução significativa do produto MAXZ (refletividade máxima) do radar de Arouca (A/PG) e que é também notória nas imagens do satélite Meteosat 11 (Figura 4-7). Esta dissipação não ocorre apenas sobre o local do incêndio como também mais para norte.

No radar, esta dissipação “substancial” do sistema convectivo é igualmente ilustrada nos cortes verticais do campo de Z (refletividade), sendo também identificado um progressivo decréscimo da altitude do topo dos ecos (Figura 4-8). Em particular, a altitude do topo passa de um valor médio em torno de 8000-8200 m, pelas 18:10 UTC (19:10 horas locais), para valores inferiores a 6000 m pelas 18:40 UTC (19:40 horas locais). Este decréscimo não é muito grande se comparado com outras situações já observadas sobre o território e não seria significativo se fosse pontual ou abrangesse uma área reduzida. No entanto, é importante o facto de a diminuição dos topos se ter verificado numa extensa área, bem correlacionada com a área sinalizada pelo campo MAXZ.

A análise entre as 17 e 21 UTC (18 e 22 horas locais) do campo de SRV (*Storm Relative Velocity*, componente da velocidade do vento em relação à tempestade), nas elevações de 1.5° e 4.0°, permitiu detalhar a evolução do sistema convectivo, identificando-se 3 instantes relevantes (Figura 4-9):

- 17:07 UTC - convergência a 3000-4000 m altitude na menor elevação (1.5°) e a 5000-6000 m altitude na maior (4.0°);
- 18:07 UTC - convergência a 2500-3000 m altitude na menor elevação (1.5°) e a 4000-7000 m altitude na maior (4.0°);
- 19:07 UTC - convergência a 2300-3300 m altitude na menor elevação (1.5°) e a 3800-6600 m altitude na maior (4.0°).

No seu conjunto as anteriores observações revelam que no sistema convectivo, pelo menos aos níveis considerados, se desenvolveu um processo de convergência continuado e generalizado durante, pelo menos, 3 horas. Se confrontado com as observações de MAXZ e TOPS, este processo parece traduzir um extenso fenómeno de subsidência em ar saturado.

As observações do campo V (Velocidade Doppler, componente da velocidade do vento em relação ao solo) foram apenas possíveis no período 17:00-18:30 UTC (18:00-19:30 horas locais), em virtude de, posteriormente, se ter verificado extensiva dissipação que removeu da atmosfera os retrodifusores necessários à observação nessa área. Na elevação mais baixa (0.8°), o radar estimou sobre a região do incêndio e a uma altitude de 1500 m (i.e. 900 m acima do solo) rajadas de génese convectiva de 90 km/h (Figura 4-10). É de notar que não se pode excluir que o regime turbulento se tenha mantido após as 18:30 UTC (19:30 horas locais) na região do incêndio. No entanto, a evidência observacional sugere a presença de subsidência generalizada durante todo o processo de dissipação do sistema convectivo (17:00-19:00 UTC, 18:00-20:00 horas locais).

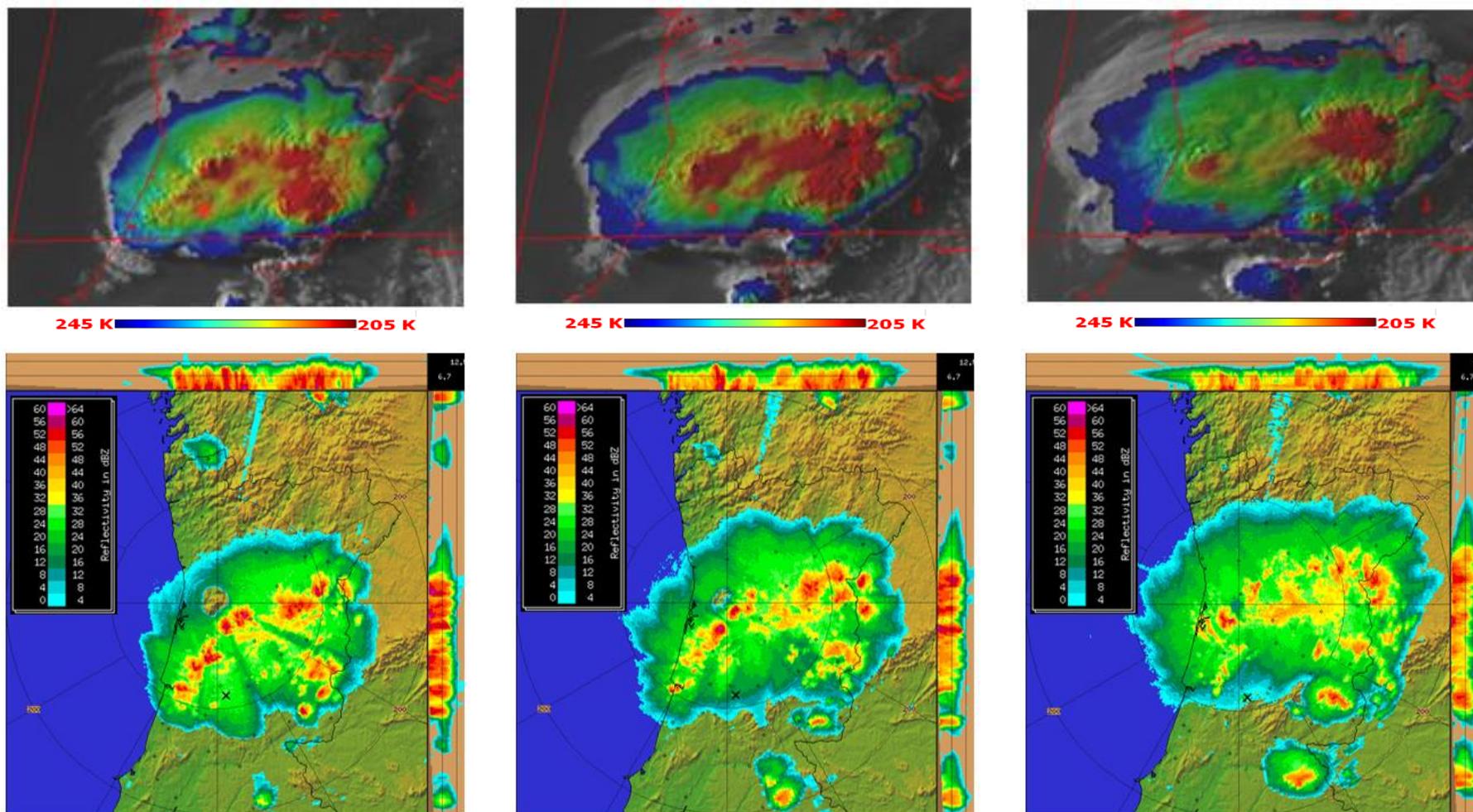


Figura 4-7 – Em cima: produto Sandwich HRV-IR do satélite Meteosat 11 da EUMETSAT (Escala em graus Kelvin). Em baixo: Imagens MAXZ (dBZ) do radar de A/PG. Instantes satélite/radar no dia 11 de julho de 2020: 18:00/18:10 UTC (esquerda); 18:30/18:40 UTC (centro); 19:00/19:10 UTC (direita). Rastreamento Meteosat efetuado cerca de 11 m após instante de referência.

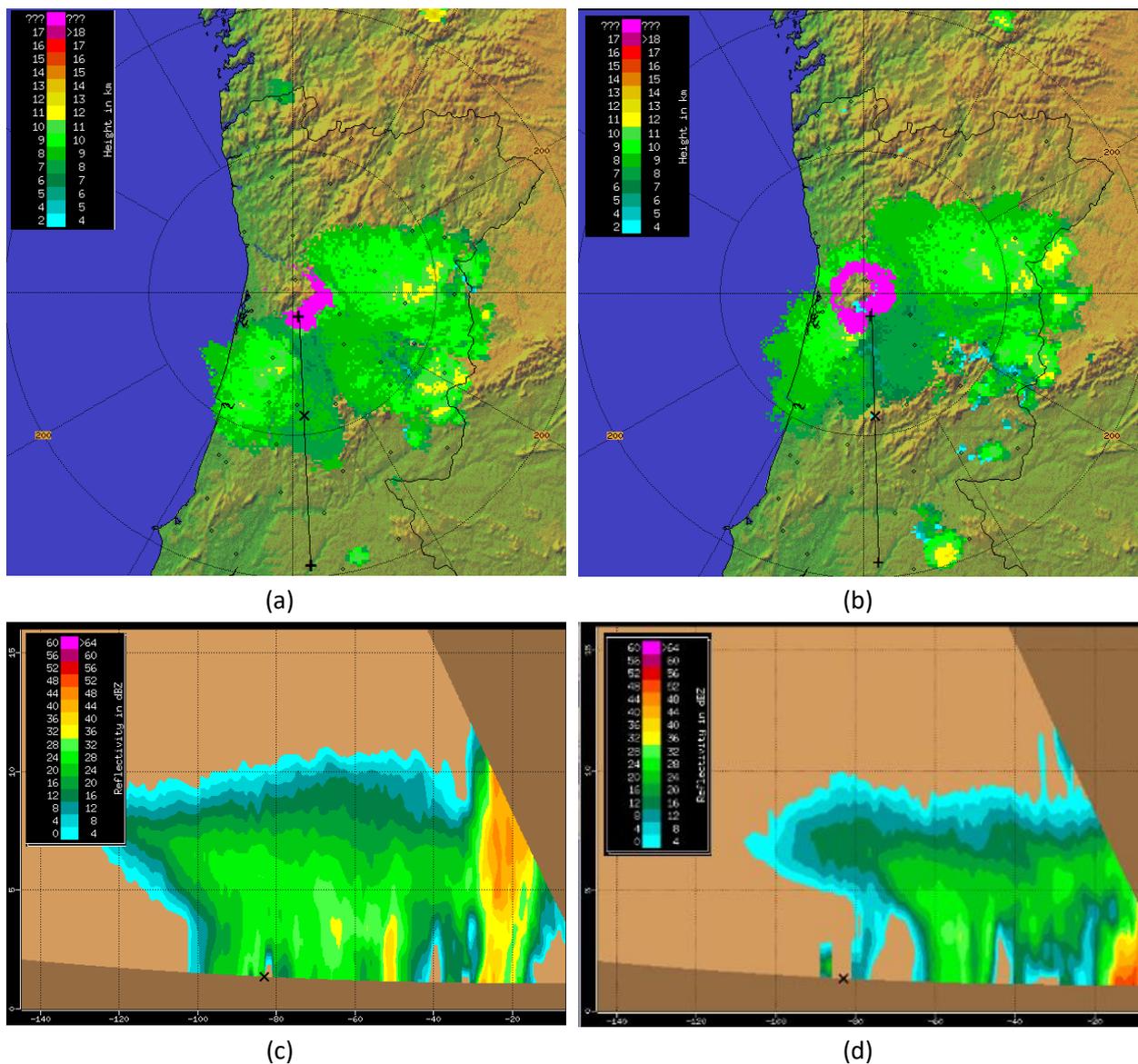


Figura 4-8 - Imagens do radar de A/PG, dia 11 de julho de 2020 (a) altitude do topo dos ecos (km), às 18:10 UTC (19:10 horas locais), com a reta do corte vertical (c) assinalada; (b) altitude do topo dos ecos às 18:40 UTC (19:40 horas locais) com reta do corte vertical (d) assinalada; (c) corte vertical da Refletividade Z (dBZ) às 18:10 UTC (19:10 horas locais); (d) corte vertical da Refletividade Z (dBZ), às 18:40 UTC (19:40 horas locais). Local do incêndio assinalado com X.

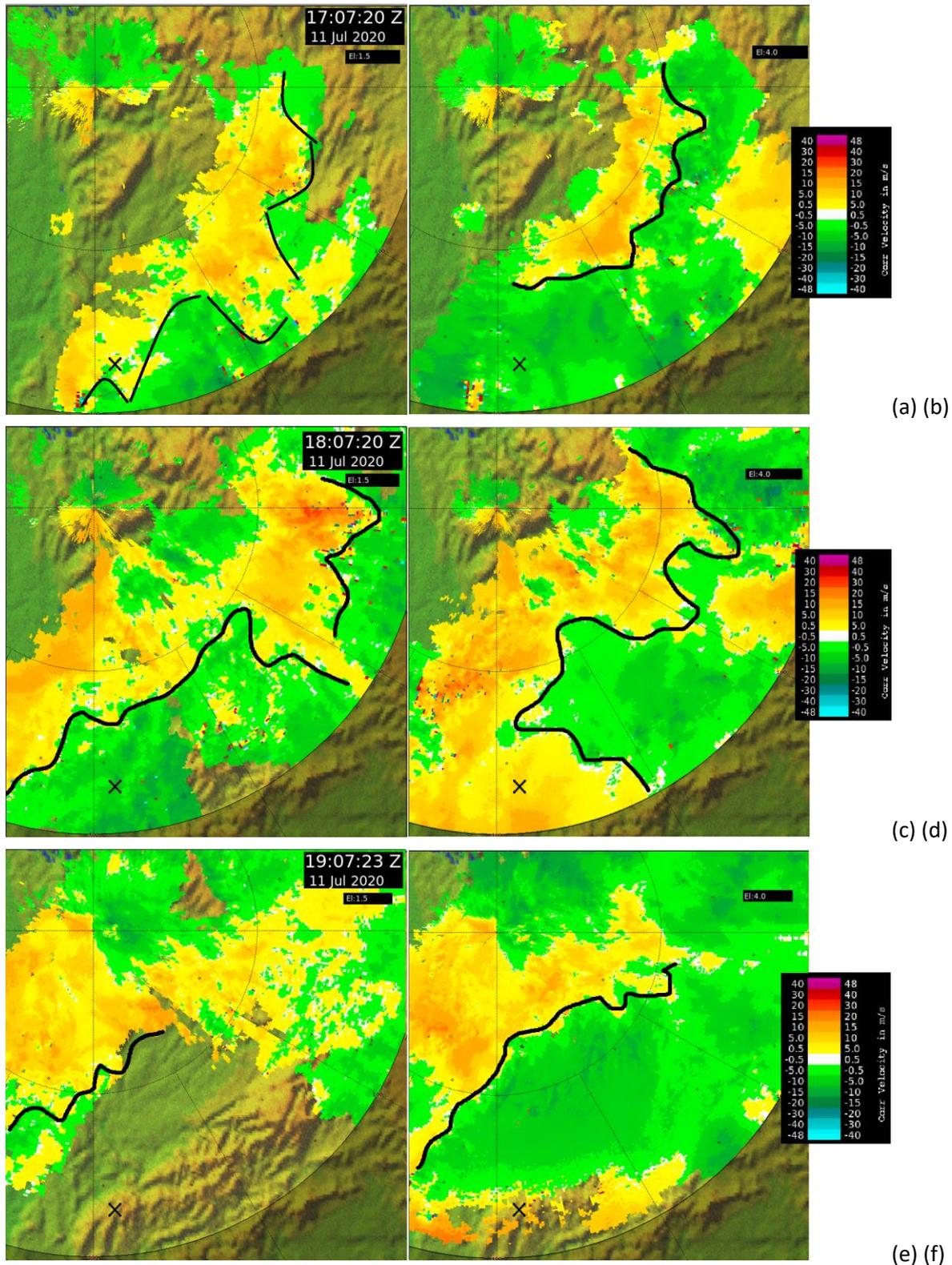


Figura 4-9 - Imagens do radar de A/PG, produto SRV (*Storm Relative Velocity*), dia 11 de julho de 2020: linha a preto assinala uma assinatura de convergência (a) 3000-4000 m altitude na elevação 1.5°, às 17:07UTC (b) 5000-6000 m altitude na elevação 4.0°, às 17:07UTC; (c) 2500-3000 m altitude na elevação 1.5°, às 18:07UTC; (d) 4000-7000 m na elevação 4.0°, às 18:07 UTC(e) 2300–3300 m altitude na elevação 1.5°, às 19:07 UTC (f) 3800-6600 m altitude na elevação 4.0°, às 19:07 UTC. Local do incêndio assinalado com X.

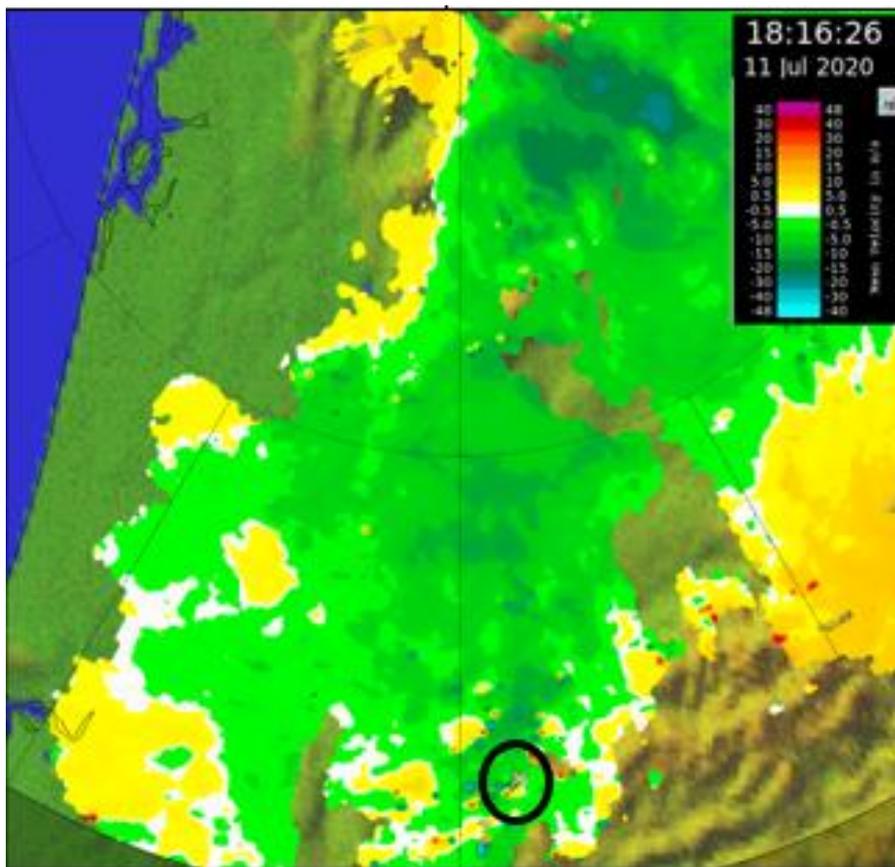


Figura 4-10 – Imagem de PPI de V (m/s), às 18:16 UTC no 11 de julho de 2020. Local do Incêndio assinalado com X, no interior da circunferência a preto.

## 4.2 Modelação numérica associado ao sistema convectivo

No presente capítulo serão utilizadas previsões dos modelos AROME e HRES-ECMWF. O AROME é um modelo não-hidrostático, de área limitada e alta resolução especialmente vocacionado para a previsão numérica do tempo em situações convectivas (Termonia *et al*, 2018). A versão operacional no IPMA possui uma resolução vertical de 61 níveis e horizontal de 2.5 km. Visto ter sido o *run* das 12 UTC do dia 11 do modelo AROME o que melhor traduziu a evolução e intensidade da convecção neste evento recorre-se neste capítulo às previsões relativas a este *run*. É de referir que, tendo em conta o processamento em tempo real, estas previsões apenas ficaram disponíveis operacionalmente no final do referido período.

### 4.2.1 Convecção – modelo AROME

Na Figura 4-11 são visualizadas as previsões de precipitação acumulada e rajada máxima a 10 m nas últimas 3 horas, respeitantes aos períodos 15-18 UTC e 18-21 UTC do dia 11, do *run* das 12 UTC do modelo de alta resolução AROME. Além destas, apresentam-se as previsões horárias do vento a 80 m para as 17 UTC e 19 UTC tendo em atenção as alturas mais críticas do incêndio.

As previsões para o período 15-18 UTC (Figura 4-11a, b, c) corroboram, de um modo geral, as observações, sugerindo a ocorrência de convecção, principalmente, no interior da região Centro, associada a aguaceiros, vento fraco a moderado, sendo localmente forte e com rajadas muito fortes. Na previsão do vento a 80 m para as 17 UTC (mais próxima do início do incêndio) são identificáveis zonas de convergência/divergência à superfície na região, as quais estão associadas a movimentos verticais muito intensos produzidos pela convecção profunda de base elevada. Em particular, na zona do incêndio, o modelo sugere a ocorrência de aguaceiros fracos e vento em geral fraco (inferior a 20 km/h) de NW rodando para NE no final do período. Não obstante as rajadas previstas a 10 m para a zona serem da mesma ordem de grandeza do vento previsto a 80 m, constata-se que os máximos de rajada previstos atingem valores muito elevados, excedendo 110 km/h em algumas zonas com maior atividade convectiva.

Considerando os máximos de rajada observados nas estações de superfície no período são da ordem de 80 km/h (e na região do incêndio de ordem de 60 km/h) constata-se que o modelo apresenta uma sobrestima aproximada de 30 km/h, em particular nas zonas mais ativas da convecção. No que se refere à precipitação, as quantidades observadas são da mesma ordem de grandeza das previstas pelo modelo AROME.

Para o período 18-21 UTC (Figura 4-11d, e, f), o modelo indica corretamente a propagação da convecção no interior da região Norte e nos distritos da Guarda e Castelo Branco, assim como em algumas zonas do litoral Centro, mas apresenta um desfasamento espacial da convecção para leste, tendo em conta as observações de radar e satélite, colocando-a em território espanhol, prevendo menor atividade nos distritos do litoral Centro, de Viseu e Portalegre. Isto reflete a dificuldade dos modelos numéricos nesta situação em prever a evolução do vale e a trajetória da depressão em altitude. Relativamente aos máximos de precipitação e vento previstos, mantêm-se as considerações feitas anteriormente. Para a zona do incêndio, o modelo sugere atividade convectiva semelhante à do período anterior, com a possibilidade de aguaceiros fracos, vento a 80 m moderado de NE (com 25-30 km/h) e rajadas a 10 m da mesma ordem de grandeza.

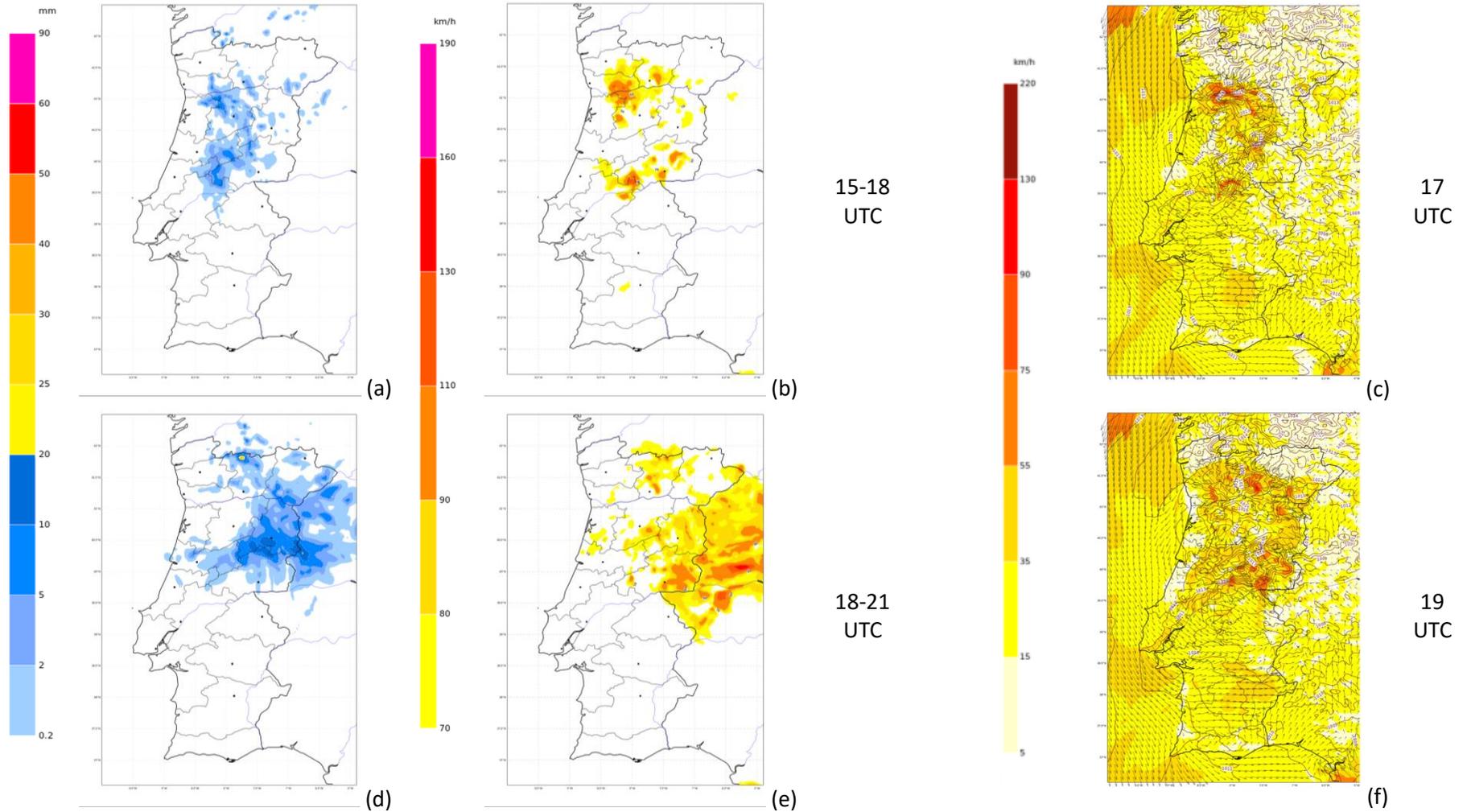


Figura 4-11 -Previsões H+6/H+5 (em cima) e H+9/H+7 (em baixo) do run das 12 UTC do dia 11 de julho de 2020 do modelo AROME: precipitação total acumulada nas últimas 3 h, em mm (à esquerda, (a) e (d)); rajada máxima nas últimas 3 h, em km/h (ao centro, (b) e (e)); vento a 80 metros – Intensidade em km/h e rumo com setas a preto (à direita, (c) e (f)).

#### 4.2.2 Altura da camada limite - modelo HRES-ECMWF

Na Figura 4-12 apresentam-se as previsões da altura da camada limite para as 15, 18 e 21 UTC (16, 19 e 22 horas locais) do *run* das 12 UTC do modelo HRES-ECMWF. De um modo geral, as previsões do campo para estas horas permitem evidenciar uma perturbação da altura da camada limite durante a tarde que se pode relacionar com a convecção e/ou nebulosidade nas regiões do interior Norte e Centro, no distrito de Portalegre e no litoral a norte do paralelo 40°N, aproximadamente. Nas restantes regiões, em que não houve convecção e o céu esteve limpo, a evolução do campo é influenciada pela brisa marítima ou mantém-se sem alteração significativa onde esta não ocorre, tal como já identificado, e.g, em Davis *et al* (2020).

Nas regiões com convecção e/ou nebulosidade, o modelo prevê uma descida acentuada da altura da camada limite no início da tarde, atingindo 300-400 m em algumas zonas, devido aos intensos fluxos descendentes (*downdrafts*) associados à fase madura das células convectivas, tal como sugerido em Kavitha *et al* (2018). Com a intensificação dos fenómenos convectivos, a altura da camada limite diminui para 50-100 m às 18 UTC (19 horas locais), tal como detalhado na Tabela 4-3. Em particular na zona do acidente, a descida mais significativa verifica-se entre as 15 UTC (16 horas locais) e as 18 UTC (19 horas locais), atingido um mínimo de 34 m às 21 UTC (22 horas locais).

Nas regiões sem convecção e sem nebulosidade, o modelo prevê para as 15 UTC (16 horas locais) valores mínimos de 100-300 m da altura da camada limite nas regiões costeiras – litoral oeste a sul do paralelo 40°N e litoral sul do Algarve - associado ao transporte, junto à superfície, de uma massa de ar relativamente mais fresco e húmido pela brisa de W/NW e do quadrante sul, respetivamente. Ao longo da tarde, com o avançar da brisa para o interior verifica-se aí uma diminuição significativa da altura da camada limite.

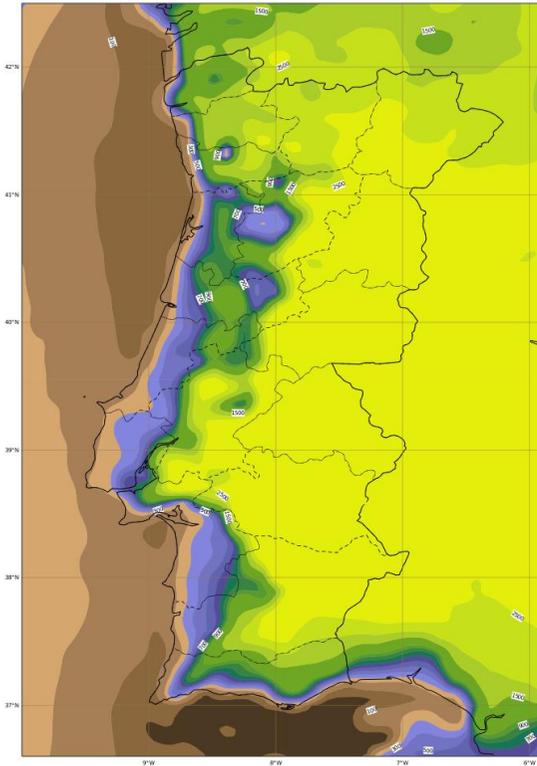
É importante, no entanto, salientar que os valores da altura da camada limite estimados pelo HRES-ECMWF devem ser tidos apenas como referência já que o modelo subestimou quer a zona da precipitação quer os máximos de precipitação, limitando-a ao período 15-18 UTC. Isto poderá estar associado à previsão de uma camada mais seca e mais quente nos níveis inferiores da troposfera do que na realidade. Além disso, é de referir que a resolução horizontal de 9 km do modelo HRES-ECMWF não permite detalhar as zonas de orografia complexa, como é o caso daquela em que ocorreu o incêndio.

**Tabela 4-3 - Valores mínimos da altura da camada limite (m) previstos pelo modelo ECMWF-HRES para o dia 11 de julho de 2020 em Portugal Continental.**

Convecção/Nebulosidade	Regiões	15 UTC	18 UTC	21 UTC
Com convecção e/ou com nebulosidade	Interior Norte e Centro, distrito de Portalegre e litoral a norte de 40°N	300-400	50-100	0-50
Sem convecção e sem nebulosidade	Regiões costeiras	100-300	100-300	0-50
	Regiões do interior	1500-2000	300-400	0-50

ECMWF: Altura da Camada Limite (m)

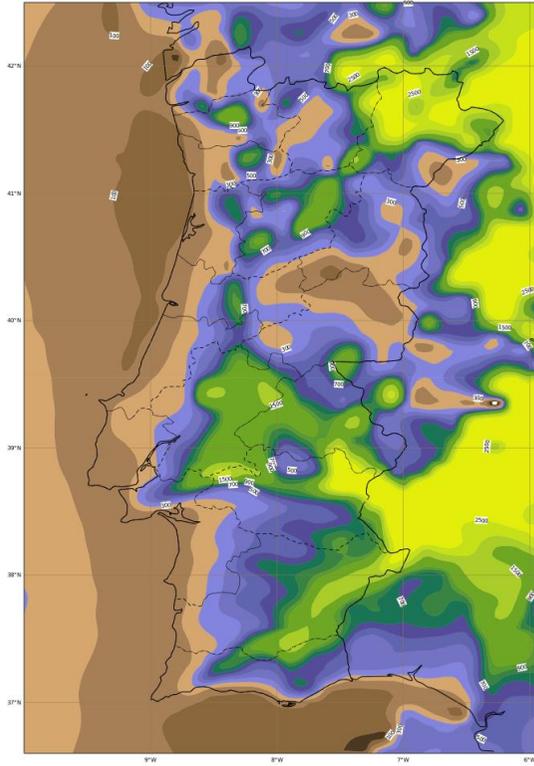
Sat 11 Jul 20 12UTC Previsão H+03 para Sat 11 Jul 20 15UTC



(a)

ECMWF: Altura da Camada Limite (m)

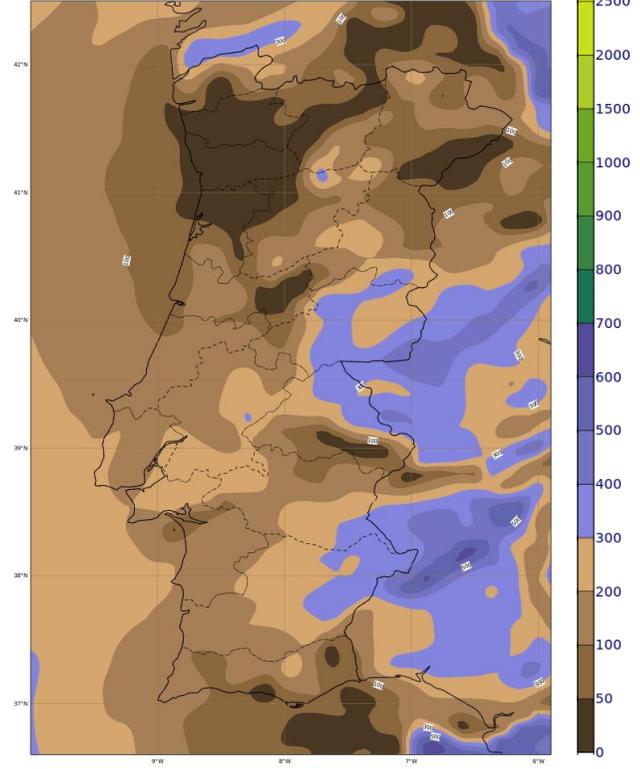
Sat 11 Jul 20 12UTC Previsão H+06 para Sat 11 Jul 20 18UTC



(b)

ECMWF: Altura da Camada Limite (m)

Sat 11 Jul 20 12UTC Previsão H+09 para Sat 11 Jul 20 21UTC



(c)

Figura 4-12 -Previsões da altura da camada limite do run das 12 UTC do dia 11 de julho de 2020 do modelo HRES-ECMWF: (a) H+3 para as 15 UTC; (b) H+6 para as 18 UTC e (c) H+9 para as 21 UTC.

## 4.3 Considerações sobre a dispersão de fumos

### 4.3.1 Observações de qualidade do ar

Tendo em conta que foi reportada a existência de muito fumo junto ao solo durante o incêndio, foram consultadas fontes de informação com observações de qualidade do ar, que pudessem confirmar esse relato e de forma a complementar a análise de componente meteorológica decorrente do analisado nos capítulos anteriores. Em nenhum dos casos em baixo referidos foi possível confirmar alterações da qualidade do ar devido ao incêndio da Lousã.

As observações de PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub> das estações da Agencia Portuguesa do Ambiente (APA) mais próximas do evento em estudo, correspondem às localizações de Estarreja e Ervedeira. Estas estações não registaram alteração das medições no período 17-22 UTC (18-23 horas locais) de dia 11. Na realidade, tendo em conta a dimensão do incêndio, pode considerar-se que as estações estão bastante afastadas do ponto de ocorrência do evento (Figura 4-13).

O modelo do *Copernicus Atmosphere Monitoring Service* (CAM5) tem análises de PM<sub>10</sub> para as 00 e 12 UTC. A resolução espacial do modelo é de 0.4°x0.4°, não sendo assim expectável observar fenómenos de escalas muito pequenas como a do evento em estudo.

Por outro lado, os produtos de espessura ótica dos aerossóis (AOD, *Aerosol Optical Thickness*) dos sensores MODIS e VIIRS têm resoluções de 10 km e 6 km, respetivamente, tendo assim o pixel uma área muito grande para um fenómeno de escala local.



Figura 4-13 – Localização das estações da APA Estarreja e Ervedeira, com observações de PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub> e que se encontram mais próximas da localização do incêndio da Lousã.

### 4.3.2 Influência dos fenómenos meteorológicos na dispersão de fumos

Como referido no capítulo 4.1.4, com base nos dados do radar meteorológico de Arouca, a fase de dissipação do sistema convectivo que atravessou a região do incêndio, entre as 17:00 e as 19:00 UTC (18:00 e 20:00 horas locais) deu origem a uma subsidência generalizada na região. Esta subsidência pode ter sido relevante para alguma dificuldade na dispersão de fumos e gases na camada limite e níveis baixos da troposfera.

Por outro lado, as previsões do modelo HRES-ECMWF (capítulo 4.2.2) simulam também uma perturbação do ciclo diário da altura da camada limite, associada à convecção, com uma diminuição muito significativa dos valores do campo a partir do início da tarde (para a gama de 300-400 m), atingindo valores mínimos (na gama 50-100 m) às 18 UTC (19 horas locais) em locais afetados pela convecção identificada pelo modelo.

Adicionalmente, as observações meteorológicas de vento a 10 m de altura em estações próximas do local do incêndio e entre as 17 e 21 UTC (18 e 22 horas locais), mostram períodos de variação do rumo do vento e aumento da sua intensidade, acompanhadas de variações da temperatura e humidade do ar a 2 m, que são consistentes com a existência de correntes descendentes associadas às células convectivas que constituíam o sistema convectivo.

Deste modo, não é possível excluir que durante o período de tempo entre o início do incêndio e o instante em que ocorreu o acidente com os bombeiros, possam ter ocorrido variações significativas do rumo do vento, com influência quer no sentido de evolução do incêndio quer dos fumos por ele produzidos.

## 5. Atividade operacional do IPMA - previsões e avisos meteorológicos

As previsões textuais de âmbito geral são efetuadas pelo IPMA para 5 dias (dia atual e 4 dias seguintes), pelo que no presente caso, de dia 11 de julho de 2020, estas foram realizadas a partir de dia 7 de julho. No âmbito do Dispositivo Especial de Combate a Incêndio Rurais (DECIR), as previsões do IPMA dedicadas às atividades de proteção civil (boletim e *briefing*) são efetuadas para 3 dias (dia atual e 2 dias seguintes), pelo que no presente caso estas foram realizadas a partir de dia 9 de julho (Tabela 5-1).

As previsões textuais de âmbito geral identificaram desde a tarde de 7 de julho de forma consistente a possibilidade de ocorrência de aguaceiros e trovoadas no Continente no dia 11 de julho (Anexo B). Em concordância, as previsões dedicadas às atividades de proteção civil identificaram também a possibilidade de ocorrência de aguaceiros e trovoadas desde a madrugada de 9 de julho (Tabela 5-1). Adicionalmente, estas previsões identificaram a possibilidade, desde a manhã de 9 de julho, da trovoadas ser seca. A possibilidade de ocorrência de granizo e rajadas convectivas foi considerada no *briefing* diário do dia 9 de julho e identificada nos avisos de trovoadas emitidos no dia 11 de julho às 15:51 e 18:06 horas locais (14:51-17:06 UTC) – ver Tabela 5-2.

**Tabela 5-1 - Parâmetros meteorológicos referidos nas previsões meteorológicas para o Continente no âmbito do DECIR para dia 11 de julho de 2020.**

Data	Hora local	Tipo de comunicação	Parâmetros meteorológicos previstos para o Continente para dia 11 de julho				
			aguaceiros	Trovoadas	Trovoadas seca	Granizo	Rajadas convectivas
9 jul	07:05	Boletim meteorológico para análise estratégica operacional	X	X	-	-	-
9 jul	10:40	Previsões Meteorológicas - <i>Briefing</i> diário (oral)	X	X	X	X	X
9 jul	11:33	Previsões Meteorológicas - <i>Briefing</i> diário (escrito)	X	X	X	X	X
10 jul	06:66	Boletim meteorológico para análise estratégica operacional	X	X	X	-	-
10 jul	10:40	Previsões Meteorológicas - <i>Briefing</i> diário (oral)	X	X	X	-	-
10 jul	11:42	Previsões Meteorológicas - <i>Briefing</i> diário (escrito)	X	X	X	-	-
11 jul	07:07	Boletim meteorológico para análise estratégica operacional	X	X	X	-	-

Para o dia 11 de julho de 2020 no distrito de Coimbra foram emitidos avisos meteorológicos de tempo quente desde as 18:29 horas locais (17:29 UTC) de dia 10 de julho (aviso 163/2020) e, tendo em conta a previsão de forte instabilidade atmosférica, avisos de trovoada desde as 15:51 horas locais (14:51 UTC) de dia 11 de julho (aviso 164/2020), tal como detalhado na Tabela 5-2. Em particular, foi emitido um aviso laranja de trovoada às 18:06 horas locais (17:06 UTC) de dia 11 de julho. Os avisos de trovoada incluíram informação adicional da ocorrência de aguaceiros, que por vezes poderiam ser de granizo, e da ocorrência de rajadas convectivas.

**Tabela 5-2 – Avisos emitidos pelo IPMA válidos para dia 11 de julho de 2020.**

Nº aviso, dia e hora local de emissão	Validade temporal (hora local)	Tipo de aviso	Nível de aviso	Distritos	Informação no aviso
162/2020, 09jul, 03:32	00:00 – 22:00	Tempo quente	Amarelo	Braga, Vila Real, Bragança, Guarda, Castelo Branco, Setúbal, Portalegre, Évora e Beja.	Persistência de valores elevados da temperatura máxima
163/2020, 10jul, 18:29	00:00 – 24:00	Tempo quente	Amarelo	Braga, Vila Real, Bragança, Guarda, Castelo Branco, Coimbra, Leiria, Lisboa, Setúbal, Santarém, Portalegre, Évora e Beja	Persistência de valores elevados da temperatura máxima
164/2020, 11jul, 15:51	15:52 – 24:00	Tempo quente	Amarelo	Braga, Vila Real, Bragança, Guarda, Castelo Branco, Coimbra, Leiria, Lisboa, Setúbal, Santarém, Portalegre, Évora e Beja	Persistência de valores elevados da temperatura máxima
	15:52 - 22:00	Trovoada	Amarelo	Vila Real, Bragança, Viseu, Guarda, Castelo Branco, Coimbra	Trovoada, acompanhada de aguaceiros, por vezes de granizo e rajadas convectivas
165/2020, 11jul, 18:06	18:10 – 24:00	Tempo quente	Amarelo	Braga, Vila Real, Bragança, Guarda, Castelo Branco, Coimbra, Leiria, Lisboa, Setúbal, Santarém, Portalegre, Évora e Beja	Persistência de valores elevados da temperatura máxima
	18:10-22:00	Trovoada	Laranja	Vila Real, Viseu, Guarda, Castelo Branco, Coimbra	Trovoada, acompanhada de aguaceiros, por vezes de granizo e rajadas convectivas
	18:10-22:00		Amarelo	Bragança	
	22:00-24:00		Amarelo	Vila Real, Viseu, Guarda, Castelo Branco, Coimbra	

## 6. Considerações finais

No dia 11 de julho de 2020 teve início às 18:26 horas locais (17:26 UTC) um incêndio na serra da Lousã que veio a originar o óbito de um bombeiro e o ferimento de outros três bombeiros, enquanto combatiam o incêndio, tendo estes sido dados como desaparecidos às 20:18 horas locais (19:18 UTC) do mesmo dia.

O presente relatório teve como objetivo analisar as condições meteorológicas relativas a este incêndio, desde o seu início até ao instante em que se possa ter dado o acidente com os bombeiros, tendo em conta que foi considerado que o incêndio teria tido início devido a uma descarga elétrica associada a trovoadas e que o acidente com os bombeiros teria estado relacionado com uma mudança no rumo do vento, tendo também sido reportada a existência de muito fumo junto ao solo.

O incêndio ocorreu num dia para o qual foram emitidos avisos meteorológicos de nível amarelo para tempo quente, desde dia 9 de julho, e, desde o início da tarde do dia do incêndio, avisos meteorológicos de trovoadas, primeiro de nível amarelo e posteriormente de nível laranja. Esta situação meteorológica deve-se à presença de uma depressão em altitude localizada a nordeste da Madeira e em aproximação ao Continente, e à influência de uma massa de ar muito quente e seco, o que originou condições de forte instabilidade atmosférica e a consequente geração de um sistema convectivo de forte atividade. Os índices e subíndices de perigo meteorológico de incêndio FWI apresentavam valores elevados, não sendo excecionais (abaixo do percentil 90). O risco meteorológico de incêndio era muito elevado no concelho da Lousã, o 4º nível mais alto de um total de 5 níveis.

Para averiguar a possibilidade de o incêndio ter sido originado por uma trovoadas, foram analisados dados da rede de descargas elétricas atmosféricas do IPMA. Foi identificado um registo às 18:20 horas locais (17:20 UTC), a 100 m do local do incêndio, sendo que a margem de erro associada a esta descarga elétrica (na ordem de 200 m) permite inferir que esta descarga pode ter despoletado o incêndio da Lousã. Esta evidência observacional é suportada adicionalmente por dados de modelação numérica que indicam a possibilidade de ocorrência de trovoadas, associada a convecção profunda a partir de nuvens médias, existindo uma probabilidade de 60% para que a trovoadas fosse seca, i.e., sem ocorrência de precipitação no local da ocorrência da descarga elétrica atmosférica.

Foi possível ainda identificar que o sistema convectivo, onde teve origem a referida descarga elétrica, produziu, ainda durante o seu movimento para norte e na fase de dissipação, subsidência generalizada na região do incêndio, consistente com a diminuição da altura da camada limite para valores na gama 50-100 m às 19 horas locais (18 UTC), de acordo com os resultados do modelo HRES-ECMWF para regiões afetadas por convecção. É de realçar, todavia, que as previsões do modelo sugerem uma troposfera mais seca e mais quente do que a real nos níveis inferiores, pelo que a altura da camada limite pode na realidade ter sido mais baixa. Por outro lado, a resolução horizontal do modelo HRES-ECMWF (9 km) não permite detalhar as zonas de orografia complexa, como é o caso da zona do incêndio. Pelo referido em cima considera-se que a subsidência e descida da altura da camada limite na região do incêndio pode ter sido relevante para a dificuldade na dispersão de fumos e gases junto ao solo.

Não é possível também excluir que durante o período de tempo entre o início do incêndio e o instante em que ocorreu o acidente com os bombeiros, possam ter ocorrido variações significativas do rumo do vento, com influência quer no sentido de evolução do incêndio quer dos fumos por ele produzidos, tendo em conta

as observações de vento a 10 m de altura em estações próximas do local do incêndio. Estas são consistentes com a existência de correntes descendentes associadas às células convectivas que constituíam o sistema convectivo, tal como as que se desenvolveram na região da Lousã.

O relatório agora apresentado foi efetuado à luz dos dados que foi possível analisar até à data da sua finalização e poderá ser revisto caso existam dados adicionais que o justifiquem.

## 7. Referências

Davis, E. V., Rajeev, K., Mishra, M.K., 2020: Effect of Clouds on the Diurnal Evolution of the Atmospheric Boundary-Layer Height Over a Tropical Coastal Station. *Boundary-Layer Meteorology*, 175, 135–152.

Fernandes, P. e Palheiro, P., 2007: Interpretação dos Índices do Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio Florestal. UTAD/AFLOPEN.

IPMA, 2020: Metodologia de Cálculo do Índice de Risco de Incêndio Florestal (RCM), disponível em <http://www.ipma.pt/export/sites/ipma/bin/docs/relatorios/meteorologia/nota-metodologica-calculo-RCM2020-v20200713.pdf>

Kavitha, M., Prabha R. Nair, R. Renju, 2018: Thunderstorm induced changes in near-surface O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> and CH<sub>4</sub> and associated boundary layer meteorology over a tropical coastal station. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 179, 261–272.

Pinto, M. M., DaCamara, C. C., Trigo, I. F., Trigo, R. M., e Turkman, K. F., 2018: Fire danger rating over Mediterranean Europe based on fire radiative power derived from Meteosat, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 18, 515-529, <https://doi.org/10.5194/nhess-18-515-2018>.

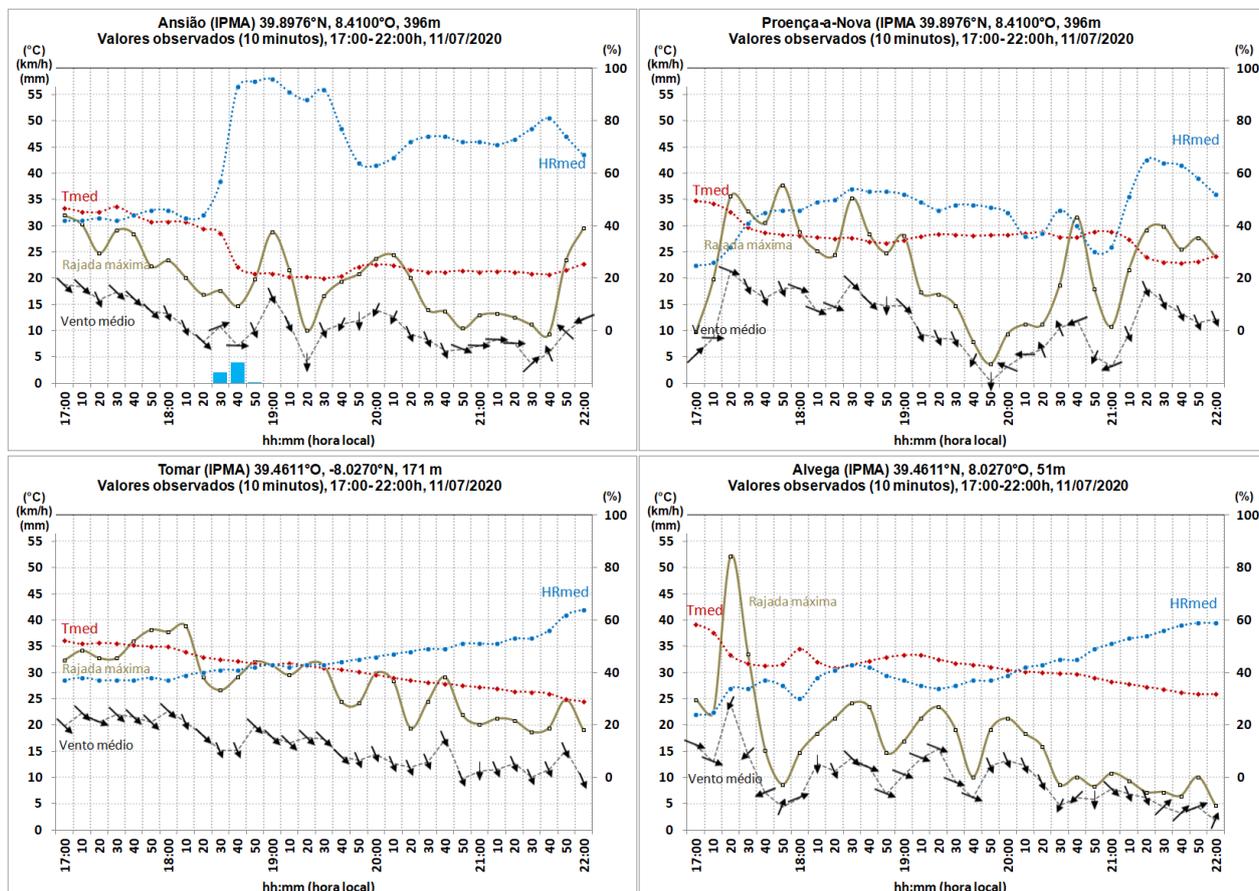
Termonia, P., Fischer, C., Bazile, E., Bouyssel, F., Brožková, R., Bénard, P., Bochenek, B., Degrauwe, D., Derková, M., El Khatib, R., Hamdi, R., Mašek, J., Pottier, P., Pristov, N., Seity, Y., Smolíková, P., Španiel, O., Tudor, M., Wang, Y., Wittmann, C., e Joly, A., 2018: The ALADIN System and its canonical model configurations AROME CY41T1 and ALARO CY40T1. *Geosci. Model Dev.*, 11, 257–281.

VAISALA, 2015: TLP Series User's Guide, M211650EN-C 09/2015.

Van Wagner, C.E., 1987: Development and Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System, Canadian Forestry Service, Forestry Technical Report 35 OTTAWA.

# ANEXOS

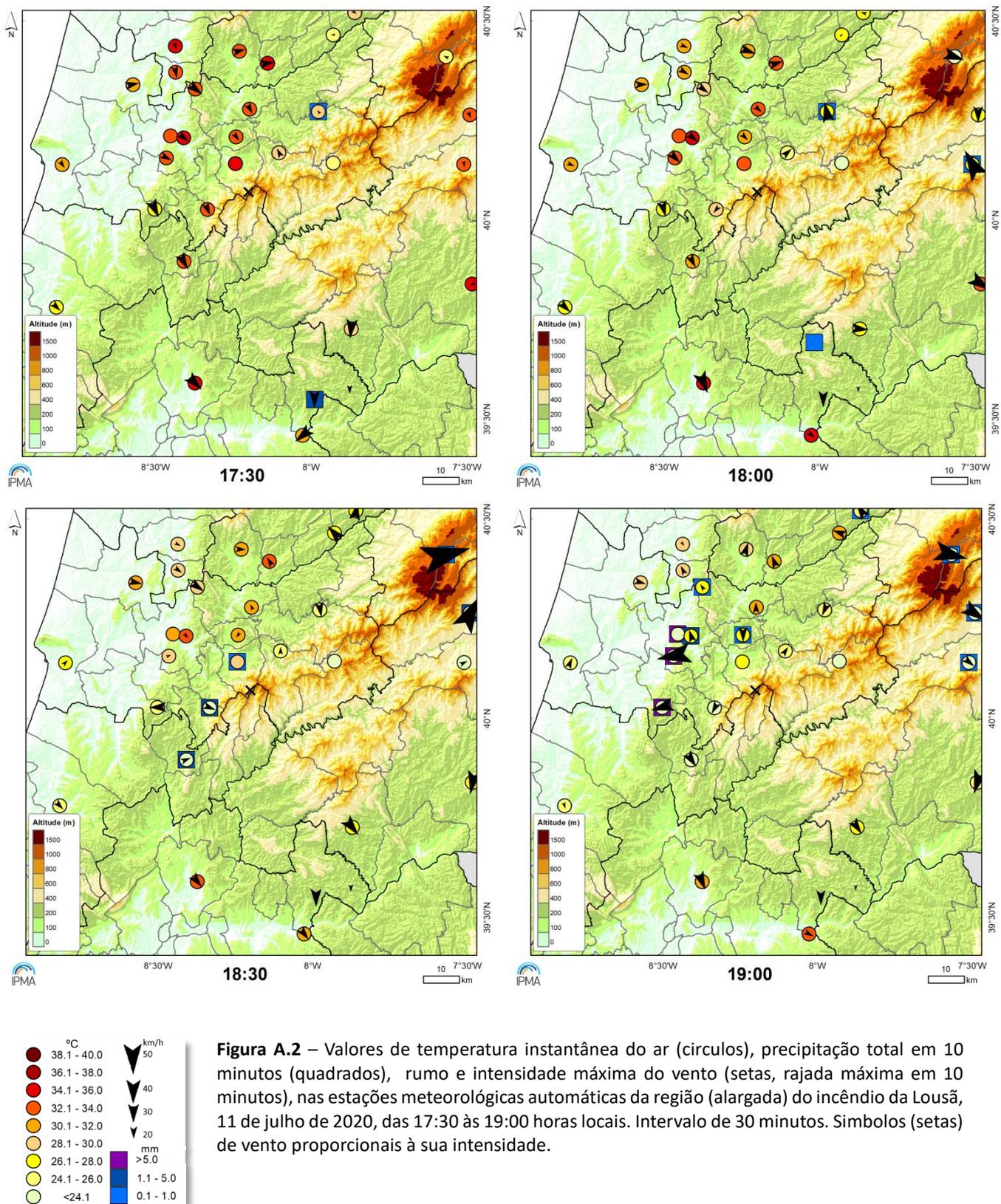
## Anexo A – Observações de superfície



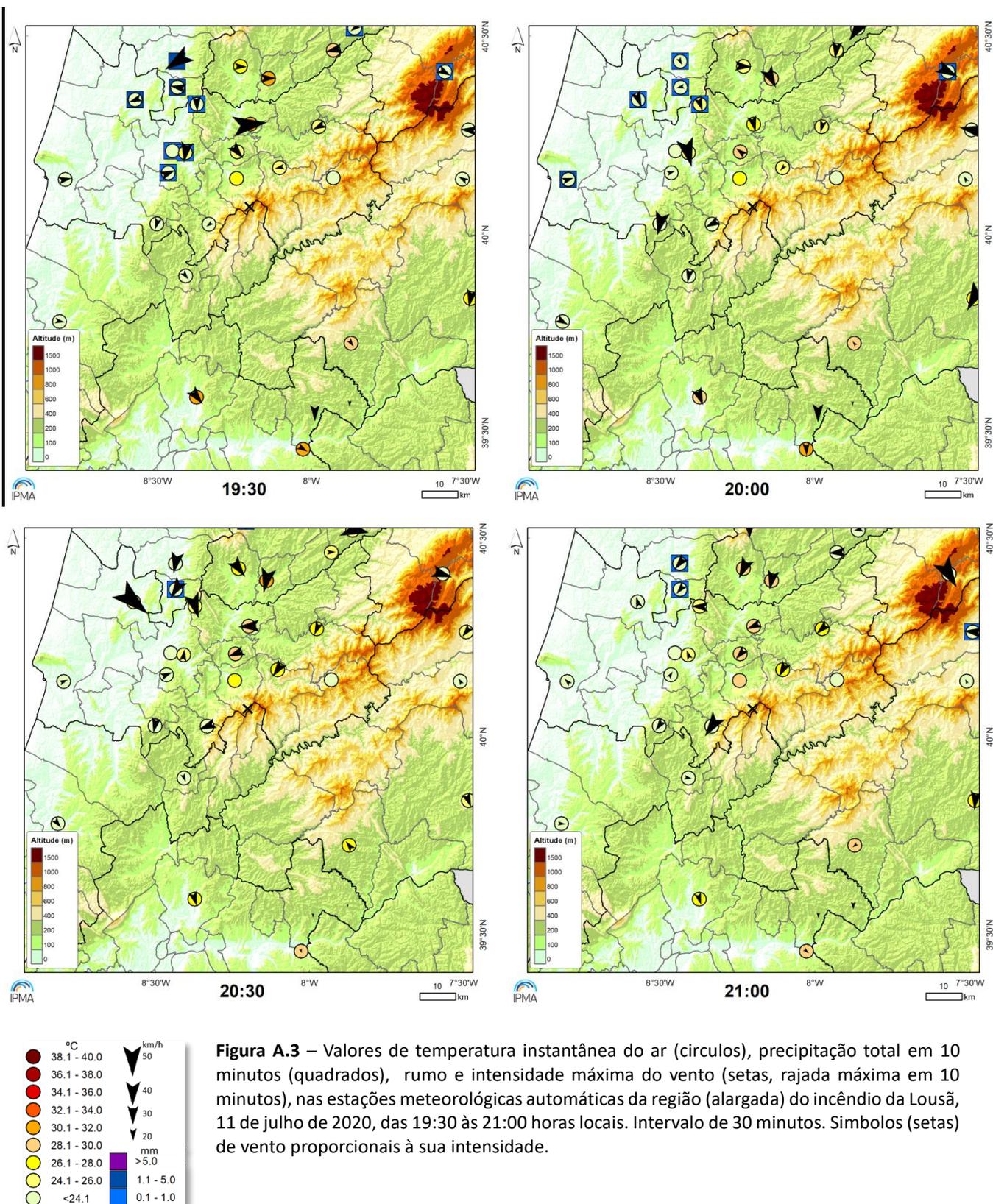
**Figura A.1** – Valores em 10 minutos de temperatura média do ar, humidade relativa média do ar, precipitação total, intensidade de vento médio e rumo, intensidade máxima do vento (rajada), nas estações meteorológicas automáticas a S/SE da região do incêndio da Lousã, 11 de julho de 2020, no período 17-22 horas locais (16-21 UTC).

**Tabela A.1** - Valores em 10 minutos de temperatura máxima e mínima do ar, humidade relativa máxima e mínima, intensidade de vento médio, de rajada e respetivo rumo, nas estações meteorológicas automáticas de Góis e Penela (CIM Coimbra), na região do incêndio da Lousã, 11 de julho de 2020, no período 19:00-21:00 horas locais (18:00-20:00 UTC). A negrito, no corpo da tabela, identificam-se os valores mínimos e máximos no período.

Hora local	Tmax (°C)		Tmin (°C)		HRmax (%)		HRmin (%)		Vento médio (km/h)		Rumo vento médio (°)		Rajada (km/h)		Rumo rajada (°)	
	Góis	Penela	Góis	Penela	Góis	Penela	Góis	Penela	Góis	Penela	Góis	Penela	Góis	Penela	Góis	Penela
19:00	26.0	20.9	24.7	20.5	80	85	82	90	8.3	7.2	259	42	17.6	22.0	215	28
19:10	25.0	21.0	24.6	<b>20.2</b>	82	<b>89</b>	83	91	10.4	7.9	3	96	16.9	13.3	50	70
19:20	24.8	21.1	<b>24.3</b>	20.6	<b>83</b>	84	84	87	8.3	8.6	105	50	16.2	15.8	212	18
19:30	25.2	21.4	24.4	21.0	79	78	82	83	8.6	6.1	44	48	16.2	13.0	79	53
19:40	26.4	21.6	24.4	21.2	67	75	80	79	11.2	10.4	77	30	20.2	21.6	62	56
19:50	25.8	21.5	25.3	20.9	65	77	68	80	7.9	12.2	270	45	11.9	23.4	296	8
20:00	26.2	22.3	25.5	20.9	61	73	63	77	7.2	15.5	46	51	13.0	25.6	42	62
20:10	26.8	23.0	25.9	22.2	49	69	60	72	14.4	13.7	45	48	21.2	22.7	43	60
20:20	26.9	23.0	26.2	22.1	46	70	48	73	<b>17.6</b>	14.4	27	52	<b>32.8</b>	22.0	21	57
20:30	<b>27.4</b>	23.8	26.8	22.5	42	64	43	68	17.3	19.8	29	60	29.5	29.2	35	68
20:40	27.2	<b>24.8</b>	26.7	23.6	41	53	42	58	13.3	18.4	25	50	19.8	29.5	18	63
20:50	26.9	24.7	26.5	24.2	41	52	42	<b>54</b>	15.8	19.8	17	43	25.2	36.4	13	39
21:00	26.8	24.6	26.5	23.8	40	53	<b>41</b>	55	16.6	<b>21.6</b>	24	38	27.0	<b>42.1</b>	28	34



**Figura A.2** – Valores de temperatura instantânea do ar (círculos), precipitação total em 10 minutos (quadrados), rumo e intensidade máxima do vento (setas, rajada máxima em 10 minutos), nas estações meteorológicas automáticas da região (alargada) do incêndio da Lousã, 11 de julho de 2020, das 17:30 às 19:00 horas locais. Intervalo de 30 minutos. Símbolos (setas) de vento proporcionais à sua intensidade.



## Anexo B – Previsões textuais para 11 julho 2020 desde 7 julho 2020

### FPPO62\_LPMG\_071152 (07 JULHO 2020; 12:52 horas locais, 11:52 UTC)

Céu pouco nublado ou limpo, aumento de nebulosidade durante a tarde com **possibilidade de ocorrência de aguaceiros e trovoada**.

Vento fraco a moderado (até 25 km/h) predominando do quadrante norte, tornando-se gradualmente do quadrante oeste, soprando por vezes forte (até 40 km/h) nas terras altas até meio da manhã, do quadrante leste, e a partir do final da tarde.

### FPPO62\_LPMG\_081212 (08 JULHO 2020; 13:12 horas locais, 12:12 UTC)

Céu pouco nublado ou limpo, aumentando de nebulosidade no interior Norte e Centro durante a tarde, com **possibilidade de ocorrência de aguaceiros e trovoada**.

Vento fraco a moderado (até 25 km/h) predominando do quadrante norte, tornando-se gradualmente do quadrante oeste, soprando por vezes forte (até 40 km/h) do quadrante leste nas terras altas até meio da manhã e a partir do final da tarde.

Pequena subida da temperatura máxima no litoral Norte e Centro.

### FPPO62\_LPMG\_091215 (09 JULHO 2020; 13:15 horas locais, 12:15 UTC)

Céu pouco nublado ou limpo, aumentando de nebulosidade no interior Norte e Centro e Alto Alentejo durante a tarde, com **possibilidade de ocorrência de aguaceiros e trovoada**.

Vento fraco a moderado (até 25 km/h) predominando do quadrante norte, tornando-se gradualmente do quadrante oeste, soprando por vezes forte (até 40 km/h) do quadrante leste nas terras altas até meio da manhã e a partir do final da tarde.

Pequena subida de temperatura, em especial da máxima e nas regiões do litoral Norte e Centro.

### FPPO61\_LPMG\_100601 (10 JULHO 2020; 07:01 horas locais, 06:01 UTC)

AMANHÃ

RESUMO: Pequena subida de temperatura, em especial regiões do litoral Norte e Centro. Vento por vezes forte nas terras altas. **Possibilidade de ocorrência de aguaceiros e trovoada** nas regiões Norte e Centro e Alto Alentejo.

Céu pouco nublado ou limpo, aumentando de nebulosidade nas regiões Norte e Centro e Alto Alentejo a partir da tarde, com **possibilidade de ocorrência de aguaceiros e trovoada** no interior.

Vento em geral fraco, soprando temporariamente moderado (até 25 km/h) do quadrante oeste durante a tarde, sendo por vezes forte (até 40 km/h) do quadrante norte nas terras altas até ao meio da manhã e a partir do final da tarde.

Pequena subida de temperatura, em especial da máxima e nas regiões do litoral Norte e Centro.

### FPPO60\_LPMG\_110122 (11 JULHO 2020; 02:22 horas locais, 01:22 UTC)

HOJE

RESUMO: Tempo quente com céu pouco nublado ou limpo. Nebulosidade nas regiões Norte e Centro e Alto Alentejo durante a tarde, com **possibilidade de ocorrência de aguaceiros e trovoada** no interior.

Tempo quente com céu pouco nublado ou limpo, apresentando períodos de maior nebulosidade na faixa costeira ocidental a sul do Rio Douro até ao final da manhã. A partir a tarde, aumentando de nebulosidade nas regiões Norte e Centro e Alto Alentejo, com **possibilidade de ocorrência de aguaceiros e trovoada** no interior.

Vento em geral fraco, soprando temporariamente moderado (até 25 km/h) do quadrante oeste durante a tarde, sendo por vezes forte (até 40 km/h) do quadrante leste nas terras altas até ao meio da manhã e a partir do final da tarde.

Pequena subida de temperatura, em especial da máxima e nas regiões do litoral Norte e Centro.