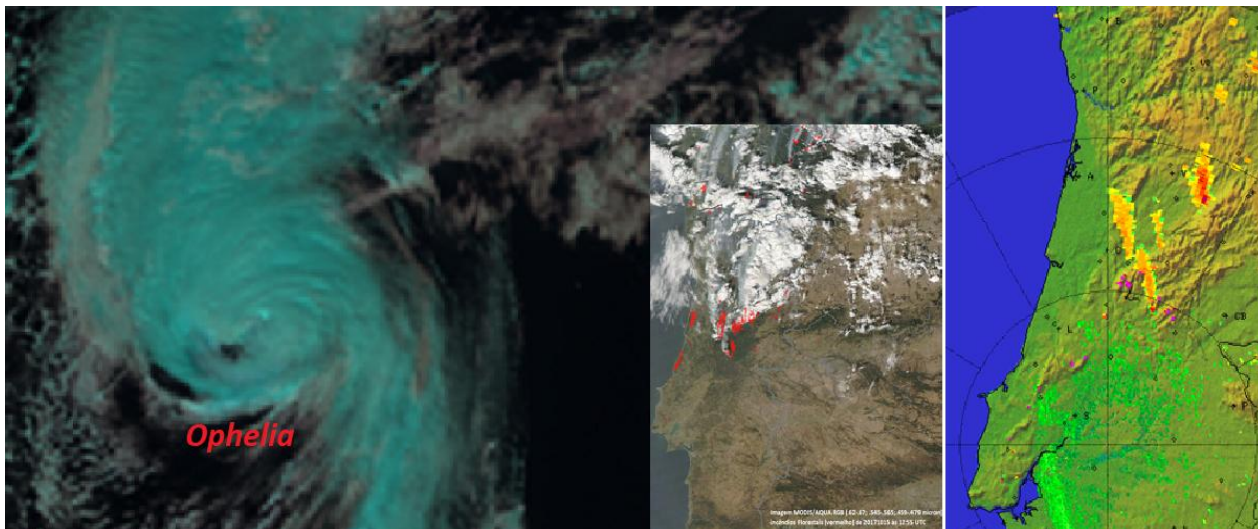


# Os Incêndios Florestais de 14 a 16 de Outubro de 2017 em Portugal Continental

## Caraterização Meteorológica

# RELATÓRIO



Elaboração e coordenação

Ilda Novo Simões e Paulo Pinto (DivMV)

Colaboração

Álvaro Silva (DivCA), Margarida Belo Pereira (DivMA), Carla Barroso,  
Manuela Santos, Manuel João Lopes, Nuno Moreira, Sandra Correia (DivMV)

2018/02/02

## Índice

1. Introdução .....	7
2. Situação e condições meteorológicas no período de 14 a 16 de outubro de 2017 .....	10
2.1. Período I: 00UTC de dia 14 - 00UTC de dia 15.....	10
2.1.1. Análise da estrutura vertical da atmosfera .....	11
2.1.2. Parâmetros de superfície .....	12
2.2. Período II: 00UTC de dia 15 - 00UTC de dia 16.....	14
2.2.1. Análise da estrutura vertical da atmosfera .....	16
2.2.2. Parâmetros de superfície .....	18
2.3. Período III: 00UTC de dia 16 - 12UTC de dia 16.....	24
2.3.1. Estrutura vertical da atmosfera.....	26
2.4. Período IV: 12UTC de dia 16 - 00UTC de dia 17 .....	28
3. Índices de risco de incêndio florestal .....	33
4. Evolução das plumas de incêndio identificadas com Radar .....	39
4.1. Critérios de identificação das plumas de incêndio.....	39
4.2. Plumas identificadas.....	41
4.3. Diagnóstico de desenvolvimentos piroconvectivos .....	46
5. Conclusões.....	49
Bibliografia e Referências Bibliográficas .....	53
ANEXO I .....	54
Mapa da Rede EMA do IPMA Valores Médios no Continente de Temperatura, Humidade Relativa e Vento em Outubro de 2017 .....	54
ANEXO II .....	57
Cartas e Produtos do Modelo de Numérico de Previsão do Tempo do ECMWF, 14 - 17 de Outubro 2017. ...	57
ANEXO III.....	65
Observações Aerológicas Lisboa/GC; Perfis Verticais (Viseu) do Modelo do ECMWF .....	65
ANEXO IV .....	69
Os Maiores Valores de Vento Médio e de Rajada, Persistência de Vento Médio e Rajada, 15 - 17 de Outubro de 2017. ....	69
ANEXO V .....	73
Gráficos das Observações Horários de Temperatura, Humidade Relativa, Vento Médio e Rajada, 14 - 17 de Outubro de 2017. ....	73
ANEXO VI.....	76
Índices de Risco de Incêndio Florestal.....	76
ANEXO VII.....	78
Coeficiente de Correlação, Rho_hv .....	78

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> - Valores médios no Continente da temperatura máxima do ar a 2m, humidade relativa mínima do ar a 2m e vento médio a 10m. ....	7
<b>Figura 2</b> - Valores extremos de temperatura máxima (a) e mínima (b) do ar alcançados em outubro de 2017. Assinalado com triângulos vermelho escuro, os valores extremos alcançados no dia 15 de outubro. ....	8
<b>Figura 3</b> - Perfil vertical do vento, VVP, 14 outubro 2017, radar de C/CL. Vento nos níveis mais baixos observados (200-2000 m de altitude), direção e intensidade do vento (direção barbela, nós).....	12
<b>Figura 4</b> - Previsão de temperatura e humidade relativa a 2m. ....	13
<b>Figura 5</b> - Análise do modelo do ECMWF, das 00UTC, de 15 de outubro de 2017, análise e previsão H+6 do modelo do ECMWF de 15 de outubro de 2017, das 12UTC, e imagens do satélite MSG do infravermelho (IR <sub>10.8μ</sub> ). ....	15
<b>Figura 6</b> - Observação aerológica na estação Lx/GC do dia 15 de outubro de 2017 às 12UTC. ....	17
<b>Figura 7</b> - Perfil vertical do vento, VVP, 15 outubro 2017, radar de C/CL. Vento nos níveis mais baixos observados (200 - 2000 m de altitude), direção e intensidade do vento (direção barbela, nós).....	18
<b>Figura 8</b> - Distribuição espacial no dia 15 de outubro de 2017 de (a) humidade relativa a 2m às 15UTC, (b) temperatura máxima do ar a 2 m. ....	19
<b>Figura 9</b> - Distribuição espacial no dia 15 de outubro de 2017 de (a) vento médio a 10m às 15UTC, (b) rajada a 10m às 15UTC. ....	20
<b>Figura 10</b> - PPI de Z (dBZ, esquerda) e PPI de W (m/s, direita), 0.1° de elevação, 15 outubro 2017, radar de C/CL. ....	21
<b>Figura 11</b> - Gráficos de observações horárias de temperatura (T), humidade relativa (HR), vento médio e rajada (V), no período das 12UTC do dia 14 às 12UTC do dia 17 de outubro de 2017. ....	23
<b>Figura 12</b> - Análise do modelo do ECMWF das 00UTC de 16 de outubro de 2017 e das 12UTC e imagens do satélite MSG do infravermelho (IR <sub>10.8μ</sub> ). ....	25
<b>Figura 13</b> - Perfil vertical do vento, VVP, 16 outubro 2017, radar de C/CL. Vento nos níveis mais baixos observados (200-2000 m de altitude), direção e intensidade do vento (direção barbela, nós).....	28
<b>Figura 14</b> - Análise do modelo do ECMWF das 00UTC de 17 de outubro de 2017 e imagem de satélite MSG do infravermelho (IR <sub>10.8μ</sub> ). ....	29
<b>Figura 15</b> - Descargas elétricas e precipitação acumulada 0-24 horas, 16 de outubro de 2017. ....	30
<b>Figura 16</b> - Precipitação horária, RAIN1, (a) radar de C/CL, 22UTC de 16 de outubro, (b) radar de A/PG, 02UTC de 17 outubro. ....	31
<b>Figura 17</b> - Descargas elétricas e precipitação acumulada 0-24 horas, 17 de outubro de 2017. ....	32
<b>Figura 18</b> - Comparação do índice de seca e taxa de severidade diária acumulada de 1 de julho a 31 de outubro, para o período de 2003 a 2017. ....	34
<b>Figura 19</b> - Evolução diária dos índices ISI e FWI no Continente no mês de outubro de 2017. ....	35
<b>Figura 20</b> - Distribuição espacial em 15 de outubro de 2017 às 12UTC, (a) do FWI, (b) percentil de FWI. ....	36
<b>Figura 21</b> - Número de concelhos (%) nas classes de risco Elevado, Muito Elevado e Máximo do índice RCM, no período de 1 de junho a 22 de outubro de 2017. ....	37
<b>Figura 22</b> - Mapa diário, por concelho, de classes de percentil do IOT25 em 15 de outubro 2017.....	38
<b>Figura 23</b> - PPI de Z (dBZ), 0.1° de elevação, 9:30UTC, 15 de outubro 2017, radar de C/CL. ....	42
<b>Figura 24</b> - PPI de Z (dBZ), 0.1° de elevação, 13:00UTC, 15 de outubro 2017, radar de C/CL. Círculos assinalam 5 plumas (“P”) identificadas com radar neste instante.....	42
<b>Figura 25</b> - PPI de Z (dBZ), 0.1° de elevação, 16:10UTC, 15 de outubro 2017, radar de C/CL. Círculos assinalam 15 plumas (“P”) identificadas com radar neste instante.....	43

---

**Figura 26** - PPI de Z (dBZ), 0.1° de elevação, 23:30UTC, 15 de outubro 2017, radar de C/CL. Círculos assinalam 7 plumas (“P”) identificadas com radar neste instante..... 43

**Figura 27** - Distribuição do número total de plumas de incêndio cuja emergência (1ª deteção) foi identificada, para períodos horários, entre as 05UTC de 15 de outubro e as 00UTC de 16 de outubro de 2017..... 44

**Figura 28** - Distribuição geográfica do local (Latitude, Longitude) e hora (UTC) em que foi efetuada a 1ª deteção pelo radar de cada pluma de incêndio (nº de ordem, por ordem cronológica), para o período entre as 05UTC de 15 de outubro e as 00UTC de 16 de outubro de 2017..... 45

**Figura 29** - Corte vertical sobre o campo de Z (dBZ, esquerda) e coeficiente de correlação,  $Rho_{hv}$  (adimensional, direita), 22:50UTC, 15 de outubro de 2017, radar de A/PG. .... 48

## Índice de Tabelas

**Tabela 1**- Altitude máxima das plumas (período 00UTC 14 Out - 00UTC 17 Out)..... 47



---

## Lista de acrónimos, siglas e abreviaturas

**CAPE** - *Convective Available Potential Energy* (Energia Potencial Disponível para a Convecção)

**CCL** - *Convection condensation Level* (Nível de Condensação por Convecção)

**CT/TC** - Temperatura convetiva (*Convective Temperature*)

**CIN** - *Convective Inhibition* (Inibição para a convecção)

**DC** - *Drought Code* (Índice de Seca)

**DSR**- *Daily Severity Rating*

**DEA** – Descargas elétricas atmosféricas

**DivCA** - Divisão de Clima e Alterações Climáticas, IPMA

**DivMA** - Divisão de Meteorologia Aeronáutica e Náutica, IPMA

**DivMV** – Divisão de Previsão Meteorológica, Vigilância e Serviços Espaciais, IPMA

**ECMWF** – *European Centre of Medium Range Weather Forecast*

**FWI**- *Fire Weather Index*

**ICRIF** - Índice Meteorológico Combinado de Risco de Incêndio Florestal

**IPMA** - Instituto Português do Mar e Atmosfera

**ISI** - *Initial Spread Index*

**LCL** - Nível de condensação por Elevação (*Lifting Condensation Level*)

**MAXZ** - projeção de máximos de refletividade

**MSG** - *Meteosat Second Generation*

**NASA** - *National Aeronautics and Space Administration*

**NOAA** - *National Oceanic and Atmospheric Administration*

**OMM** - Organização Meteorológica Mundial (WMO, *World Meteorological Organization*)

**PDSI** - *Palmer Drought Severity Index*

**PPI** - *Plane Position Indicator* (Indicador de Posição Plana)

**Radar C/CL** – Radar de Coruche / Cruz do Leão

**Radar A/PG** – Radar Arouca/ Pico do Gralheiro

**RCM** - Risco Conjuntural e Meteorológico

**VVP** - *Volume Velocity Processing* (Perfil vertical do vento)

**W** – largura do espetro Doppler

**Z** – refletividade radar

### Unidades

**hPa**- hecto Pascal, unidade de pressão atmosférica

**damgp** - altura do geopotencial em dam

**°C** - temperatura do ar em Graus Celcius

**mm** - precipitação acumulada (1mm = 1l/m<sup>2</sup>)

**%** - humidade relativa do ar

**Nó** - (kt, em inglês), intensidade do vento, 1 nó = 1.8km/h

**m/s** - intensidade do vento, 1 m/s = 3.6km/h

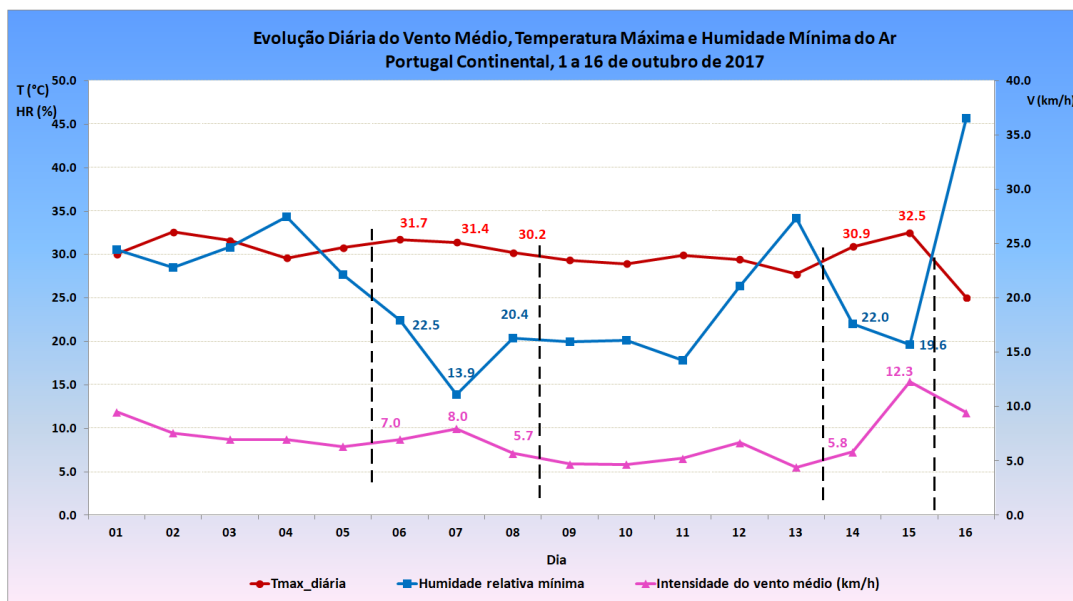
**J/kg** - unidade da CAPE e CIN (Joules /Kg)**UTC (*Universal Time Coordinated*)**, Inverno = igual à hora legal, Verão = -1h em relação à hora legal.

## 1. Introdução

Na sequência do Ofício nº 015 de 20 de dezembro de 2017 dirigido pela Comissão Técnica Independente (CTI) ao IPMA, foi elaborado o presente relatório sobre as condições meteorológicas verificadas em Portugal Continental, no período compreendido entre 14 e 16 de outubro de 2017. Este período foi caracterizado pela ocorrência de um número muito elevado de incêndios, com particular incidência nas regiões do Norte e do Centro. Algumas das plumas desenvolvidas pelos incêndios foram passíveis de ser detetadas por radar meteorológico, tendo sido avaliados os desenvolvimentos mais significativos por elas manifestados.

As condições meteorológicas de tempo quente e seco prevalentes durante o mês de outubro de 2017 (o mais quente dos últimos 87 anos e o mais seco dos últimos 20 [1]) vieram prolongar e acentuar a adversidade das condições meteorológicas, vivida durante toda a época de incêndios de 2017, no que diz respeito ao combate a incêndios florestais.

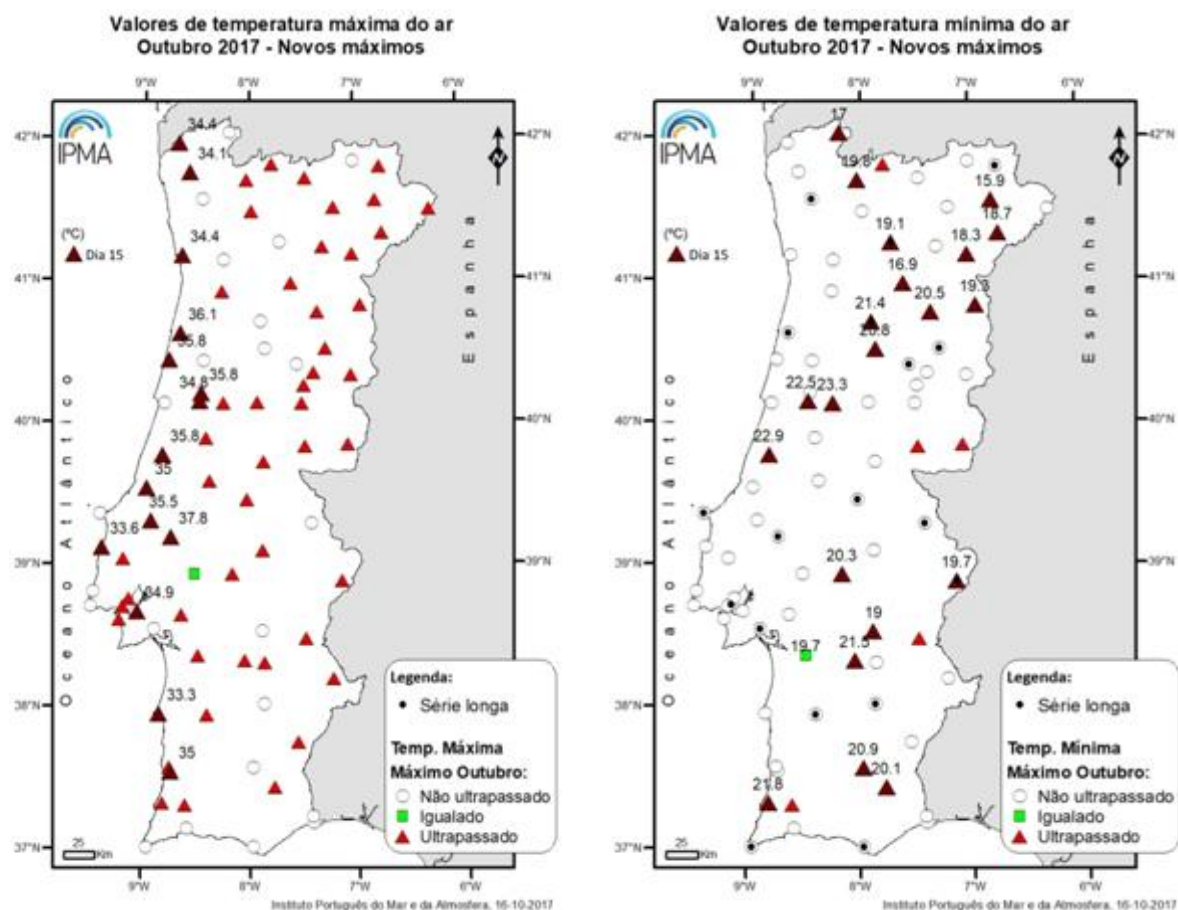
As condições meteorológicas anómalas registadas no mês de outubro em Portugal Continental foram mais pronunciadas durante a primeira metade do mês com destaque para os períodos de 6 a 8 e 14 e 15 de outubro, em que valores da temperatura máxima do ar acima de 30°C no Continente coexistiram com valores da humidade relativa mínima do ar inferiores a 25% (Figura 1; em Anexo I, Figura AI.1, comporta todo o mês e outras grandezas meteorológicas). No dia 15, em particular, foram registados os valores mais elevados da temperatura do ar do mês e da intensidade do vento médio.



**Figura 1** - Valores médios no Continente da temperatura máxima do ar a 2m, humidade relativa mínima do ar a 2m e vento médio a 10m.

-- - Delimitação de períodos mais gravosos.

No dia 15 foram, inclusive, ultrapassados os anteriores valores máximos para outubro relativos aos valores da temperatura máxima do ar, num número significativo de estações meteorológicas do litoral, e quanto aos valores da temperatura mínima do ar, num número significativo de estações do interior (Figura 2).



(a)

(b)

**Figura 2** - Valores extremos de temperatura máxima (a) e mínima (b) do ar alcançados em outubro de 2017. Assinalado com triângulos vermelho escuro, os valores extremos alcançados no dia 15 de outubro.

Em 15 de outubro de 2017 foi atingido, igualmente, o grau mais elevado de seca meteorológica no território, para o ano de 2017, estimado, em geral quinzenalmente, pelo índice meteorológico de seca PDSI<sup>1</sup> (do Inglês, *Palmer Drought Severity Index*): 100% do território encontrava-se em situação de seca severa ou extrema [2].

<sup>1</sup> PDSI - Palmer Drought Severity Index - Índice que se baseia no conceito do balanço da água tendo em conta dados da quantidade de precipitação, temperatura do ar e capacidade de água disponível no solo; permite detetar a ocorrência de períodos de seca e classifica-os em termos de intensidade (fraca, moderada, severa e extrema).

A situação climatológica do ano de 2017 e as condições meteorológicas daquele período, refletiram-se em valores excepcionais do índice meteorológico de perigo de incêndio florestal (FWI, *Fire Weather Index*) e nos índices de risco calculados diariamente no IPMA, o índice de Risco Conjuntural e Meteorológico (RCM) e no Índice Meteorológico Combinado de Risco de Incêndio Florestal (ICRIF) [3].

A análise da situação meteorológica para o período de interesse, efetuada nas escalas sinótica e sub-sinótica, que se apresenta neste documento, foi orientada no sentido de avaliar o papel relativo que as condições meteorológicas prevalentes terão desempenhado no contexto dos incêndios florestais ocorridos. Esta análise geral foi complementada por um diagnóstico mais fino, apoiado em ferramentas de análise numérica, observações de superfície e aerológicas, observações da rede de deteção das descargas elétricas atmosféricas (DEA), observação da rede de radares e observações de satélite.

## 2. Situação e condições meteorológicas no período de 14 a 16 de outubro de 2017

A análise sinótica da situação meteorológica sobre o território do continente, efetuada para o período compreendido entre as 00UTC de 14 e as 00UTC de 17 de outubro, baseou-se essencialmente nas cartas e produtos do modelo global de previsão numérica do ECMWF (*European Centre for Medium Range Weather Forecasts*). No Anexo II, apresentam-se algumas cartas e produtos do modelo do ECMWF que ilustram a situação meteorológica no período considerado.

Para a análise das condições de estabilidade recorreu-se a diagramas adiabáticos correspondentes às observações aerológicas efetuadas na estação de Lisboa/Gago Coutinho (12UTC de 14, 15, 16 de outubro, Anexo III e Figura 5) e às análises do modelo do ECMWF no ponto de coordenadas correspondentes à estação de Viseu (12UTC de 15 de outubro, 00UTC e 12UTC de 16 de outubro, Anexo III). O local de Lisboa foi considerado representativo das regiões costeiras e o de Viseu, do interior Centro do território.

A análise da situação meteorológica foi efetuada para 4 períodos, globalmente compreendidos entre as 00UTC do dia 14 e as 00UTC do dia 17 de outubro de 2017, em função da evolução das condições meteorológicas que afetaram o território.

### 2.1. Período I: 00UTC de dia 14 - 00UTC de dia 15

A situação meteorológica de larga escala, desde o início de outubro até ao dia 15, vinha sendo caracterizada pela permanência de um vasto anticiclone sobre a região atlântica, desde os Açores até à Europa Ocidental, Mediterrâneo Ocidental e Norte de África, com o núcleo principal localizado, preferencialmente, no Golfo da Biscaia ou a noroeste da Corunha. A partir do dia 12 de outubro, o núcleo principal do anticiclone foi-se estabelecendo sobre a Europa Central, cobrindo uma vasta área continental, facto que reforçou as características continentais da massa de ar, designadamente quanto à sua secura.

Às 00UTC do dia 14 o núcleo principal do referido anticiclone localizava-se sobre a região alpina, com um valor de pressão ao nível médio do mar de cerca 1030hPa no seu centro, cobrindo uma vasta área da Europa Central, Norte de África e Península Ibérica. Este anticiclone prolongava-se aos níveis superiores da troposfera, evidenciando características de uma situação de bloqueio. O eixo do anticiclone apresentava, nos níveis acima da superfície, orientação sudoeste/nordeste, do Norte de África à Escandinávia, criando um fraco gradiente de pressão sobre todo o sudoeste europeu e áreas adjacentes (Anexo II, Figura AII.1a, c, d, e). Nas 24 horas seguintes, o anticiclone intensifica ligeiramente passando a ter uma orientação sul-norte, com maior prolongamento sobre o Norte de África e menor para oeste, promovendo um fluxo de sueste, mais intenso sobre



o território, com circulação pelo Norte de África e o conseqüente transporte de ar mais quente sobre o território (Anexo II, Figura All.1b, f).

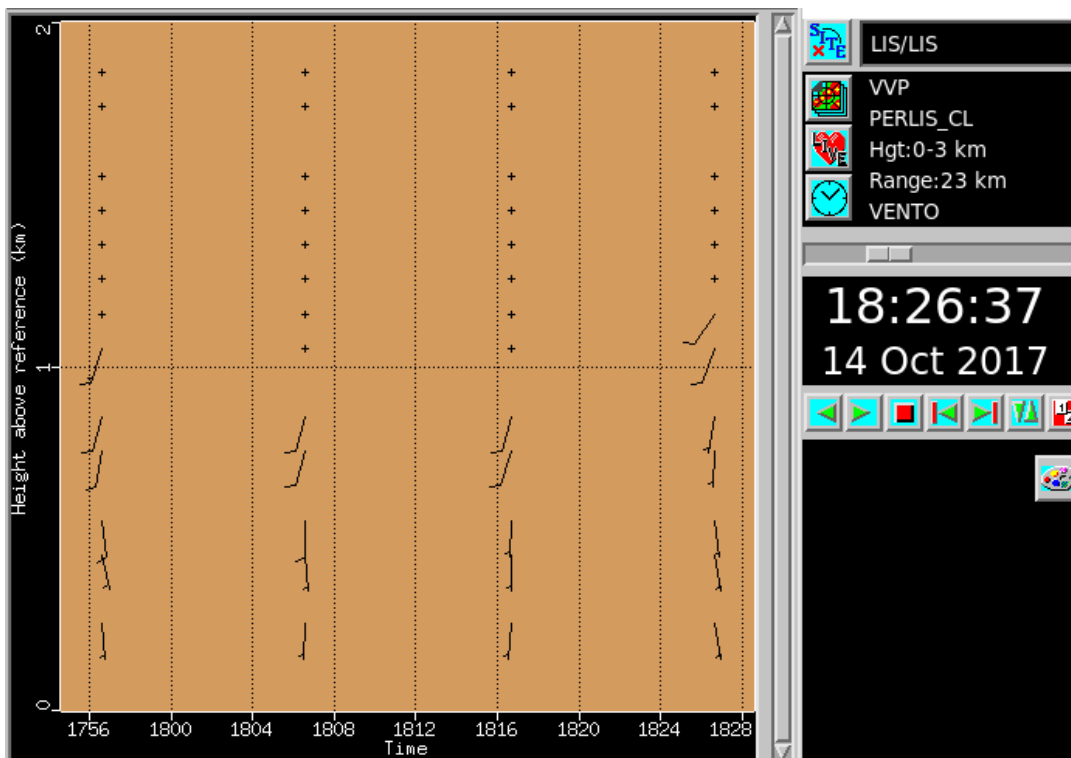
### 2.1.1. Análise da estrutura vertical da atmosfera

- **Sondagem de Lisboa/ Gago Coutinho (Lx/GC) do dia 14 às 12UTC** (Anexo III, Figura AIII.1a)
  - Na camada superfície-800hPa observa-se a presença de uma atmosfera quente e seca, com humidade relativa do ar junto à superfície de 50%, decrescendo para 25% até ao topo desta camada. A partir dos 700hPa há aumento significativo da humidade relativa do ar;
  - Na camada superfície-800hPa: vento de sul/sueste fraco, [5 nós (9 km/h) a 15 nós (27 km/h)]; em níveis superiores, vento de sudoeste, intensificando ligeiramente;
  - A instabilidade atmosférica, avaliada pela CAPE (*Convective Available Potential Energy*), era muito reduzida, praticamente nula, sendo o valor da CIN (*Convective Inhibition*) elevado, ligeiramente superior a 700J/kg;
  - O nível de condensação por elevação, LCL, localizava-se ligeiramente acima dos 1200m (880hPa).

Estas condições meteorológicas não eram favoráveis ao desenvolvimento de atividade convectiva sobre o território.

#### ➤ **Perfil vertical obtido por observação radar**

O perfil vertical do vento processado pelos radares de Coruche/Cruz do Leão (C/CL) e Arouca/Pico do Gralheiro (A/PG) confirmaram a presença de um escoamento fraco aos níveis baixos, caracterizado por vento médio entre 10 e 20 km/h, até cerca do final do dia 14 (apresentado apenas o perfil de C/CL, Figura 3).



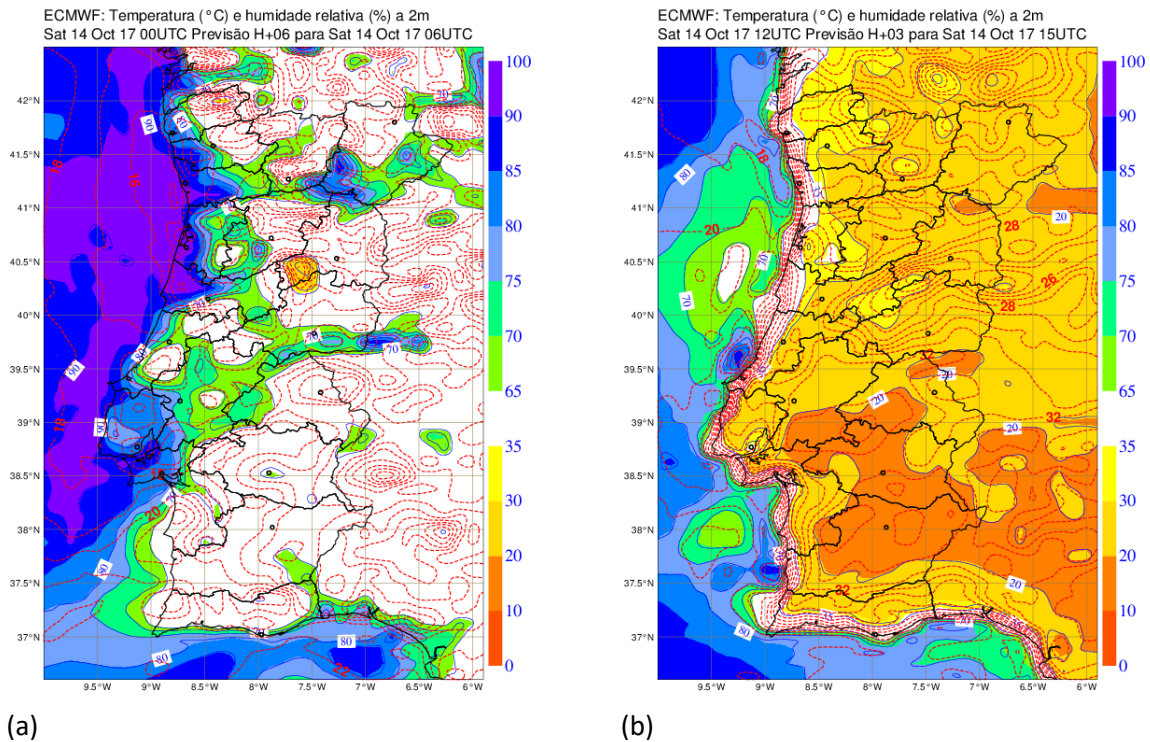
**Figura 3** - Perfil vertical do vento, VVP, 14 outubro 2017, radar de C/CL. Vento nos níveis mais baixos observados (200-2000 m de altitude), direção e intensidade do vento (direção barbela, nós). Vento de sul com 5 a 10 nós (9 a 18 km/h), 17:56 - 18:26UTC.

### 2.1.2. Parâmetros de superfície

Genericamente, os parâmetros de superfície observados nas estações meteorológicas mostram que, no dia 14, se verificou uma subida da temperatura do ar no Continente, uma descida da humidade relativa do ar e valores relativamente baixos do vento médio (Anexo I, Figura AI.1).

Durante a noite de 14, a humidade relativa do ar manteve-se, no interior do território, com valores entre 40 e 50% e, mais próximo do litoral, entre 50 e 90%, e a temperatura mínima do ar foi, em geral, inferior a 20°C (Figura 4a).

Nas horas centrais do dia, a humidade relativa do ar à superfície apresentava já valores baixos, entre 10 e 35%, com exceção de uma estreita faixa costeira, na qual se situava em torno de 40-50%. Os valores máximos da temperatura do ar eram superiores a 30°C no interior centro e sul (localmente superiores a 35°C no interior sul), situando-se, nas regiões do litoral, em torno de 30°C ou ligeiramente acima (Figura 4b). Assinale-se que o escoamento aos níveis baixos era fraco, predominando de sueste, caracterizado por vento médio inferior a 10km/h até cerca das 00UTC do dia 15.



**Figura 4** - Previsão de temperatura e humidade relativa a 2m.

(a) Previsão H+6 do modelo do ECMWF de 14 de outubro às 00UTC, (b) previsão H+3 do modelo do ECMWF de 14 de outubro às 12UTC.

Na região atlântica a sudoeste dos Açores encontrava-se o ciclone tropical *Ophelia*, na sua aproximação a este arquipélago. Durante o dia 14 subiu para a categoria 2 e 3<sup>2</sup>, (na escala de *Saffir-Simpson*). Nesta aproximação, o ciclone *Ophelia* foi assimilado pela corrente de oeste, num vale depressionário que se expandiu, desde a Islândia, mantendo-se todavia em fase de cavamento, atingindo o mínimo de pressão de 960hPa, no dia 14 (Anexo II, Figura AII.1).

<sup>2</sup> De acordo com a NOAA, o furacão *Ophelia* bateu vários recordes: foi o furacão que se formou mais a leste no Atlântico; foi aquele que atingiu maior intensidade no Atlântico Leste, a categoria 3 (na escala de *Saffir-Simpson*) no dia 14 de outubro; foi a 10<sup>ª</sup> tempestade a atingir a força de furacão no Atlântico em 2017, superando o número máximo anual.

## 2.2. Período II: 00UTC de dia 15 - 00UTC de dia 16

Durante o dia 15, a velocidade de propagação do ciclone *Ophelia* aumentou. O deslocamento do *Ophelia* para nordeste, bem como do vale depressionário em que se encontrava embebido (Figura 5), revelou-se decisivo no quadro das condições meteorológicas que, no seu conjunto, caracterizaram este dia.

Um ciclone tropical, tem associado grandes quantidades de calor e humidade, introduzindo alterações dinâmicas e termodinâmicas significativas na atmosfera da região onde se insere e sua vizinhança. Estas alterações traduzem-se na modificação do campo da pressão, portanto do vento, e nas características da massa de ar. O ciclone *Ophelia*, no dia 15 iniciou o seu processo de enchimento (subida de pressão no centro) mas no início do dia apresentava ainda um valor mínimo de pressão de 964hPa, e a massa de ar a ele associada tinha características de ar equatorial ( $\theta_{sw}^3$  superior a 20°C), com valores muito elevados de água precipitável (TPW, *Total Precipitable Water*) superiores a 50 mm e desenvolvimento convectivo expressivo, assinalado nas imagens de satélite com valores mais baixos de temperatura de brilho, sugestivos de topos elevados, visíveis na Figura 5b, d (cores laranja e amarelo).

Da aproximação do ciclone ao território resultou uma descida no campo da pressão atmosférica, aumento do correspondente gradiente em especial na parte ocidental da Península Ibérica e intensificação do fluxo, de sul/sueste sobre o território e regiões adjacentes (Figura 5a, c) e Anexo II (Figura AII. 2a,b, Figura AII.6a,b). O ciclone *Ophelia* atingiu a sua maior proximidade ao território entre as 15UTC e as 21UTC do dia 15 (centro do ciclone, ainda com categoria 1 às 21UTC, no ponto de coordenadas 44.6° N, 13.1° W, 485 km a noroeste de Viana do Castelo, Figura 5e,f), verificando-se uma rotação do fluxo de sul/sueste para sul/sudoeste sobre Portugal Continental (Anexo II, Figura AII.6c, d). Em alguns locais foi durante aquele período de maior aproximação do ciclone ao território, que se observaram os máximos valores de vento médio e rajada. No entanto, na maior parte dos locais, os valores máximos da intensidade do vento foram observados antes das 18UTC.

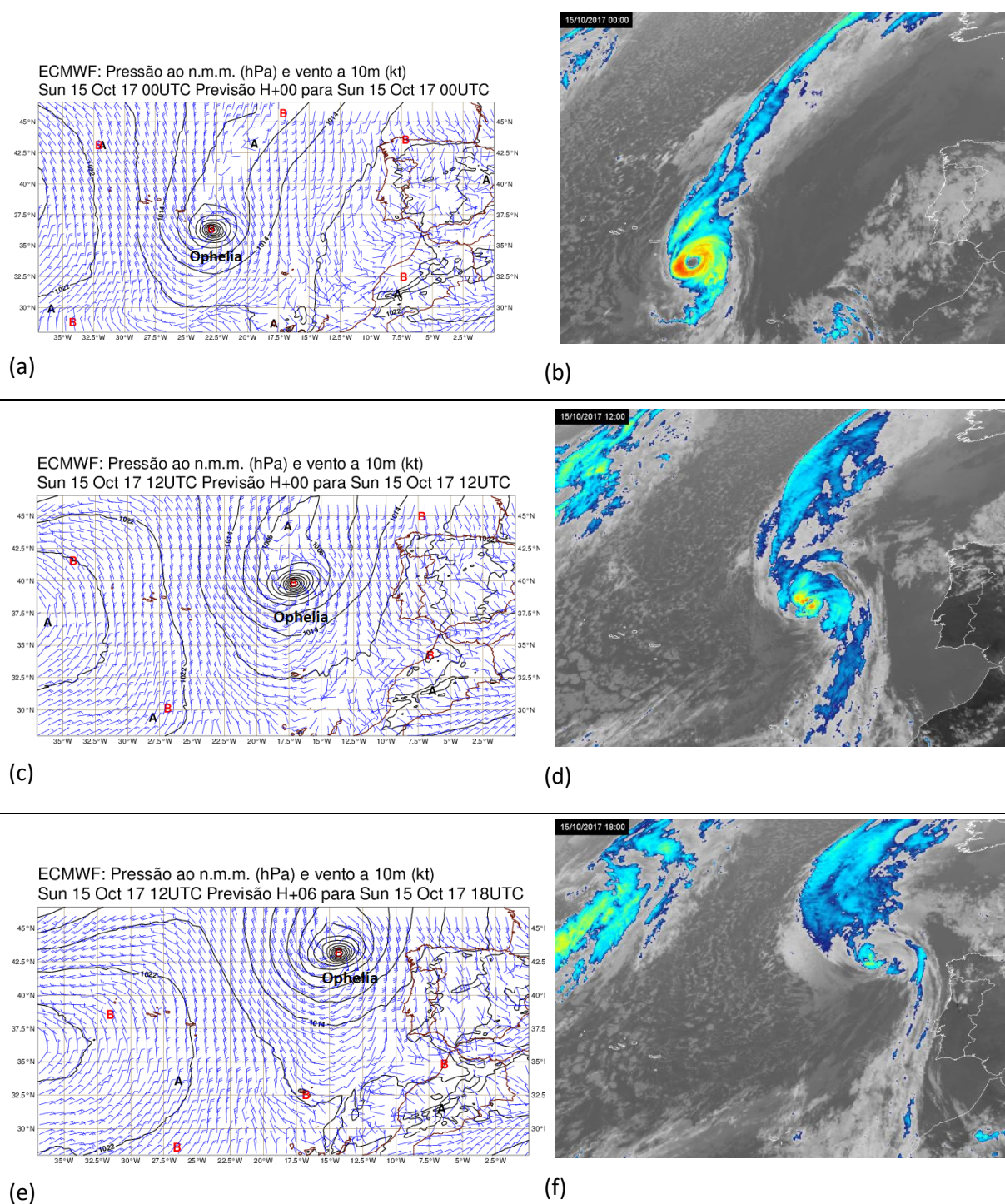
A advecção de ar muito quente generalizou-se a todo o território pelas 18UTC, em especial nas regiões Norte e Centro onde o  $\theta_{sw}$  era mais elevado ( $\theta_{sw} > 16^\circ\text{C}$ ) e a humidade relativa aos 850 hPa apresentava valores mínimos, inferiores a 30%, junto do litoral Oeste e na região Sul (Anexo II, Figura AII.2, c, d, e, f).

A Figura AII.2g (Anexo II) mostra a presença de uma faixa com valores muito elevados de água precipitável associada ao ciclone *Ophelia*. Na Figura AII.2h (Anexo II) é visível o campo previsto para o valor da rajada máxima superior a 70nós (126 km/h), período 18UTC-21UTC, no qual se identifica a assinatura do ciclone *Ophelia*. Verifica-se que esse escoamento muito forte não atingiu o território de Portugal Continental.

---

<sup>3</sup> Pseudo temperatura potencial do termómetro molhado,  $\theta_{sw}$ , parâmetro meteorológico que caracteriza o tipo de massa de ar ( $\theta_{sw} \geq 14^\circ\text{C}$ , Ar Tropical).

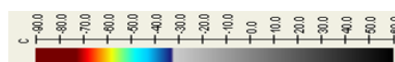




**Figura 5** - Análise do modelo do ECMWF, das 00UTC, de 15 de outubro de 2017, análise e previsão H+6 do modelo do ECMWF de 15 de outubro de 2017, das 12UTC, e imagens do satélite MSG do infravermelho (IR<sub>10.8μ</sub>).

(a), (c), (e) campo da pressão ao nível médio do mar (linhas a preto de 4 em 4hPa) e vento a 10 m (intensidade (nós) e direção, barbelas), (b), (d), (f) Imagens de satélite às 00UTC, 12UTC e 18UTC de 15 de outubro de 2017.

Escala de cor das imagens MSG



---

### 2.2.1. Análise da estrutura vertical da atmosfera

➤ **Sondagem de Lisboa/ Gago Coutinho do dia 15 às 12UTC (Figura 5)**

- Na camada superfície - 800hPa verifica-se um aumento da temperatura e decréscimo da humidade relativa do ar relativamente à sondagem das 12UTC do dia anterior (observando-se valores da humidade relativa de cerca 25% para toda a camada). Tal como no dia anterior, continua a verificar-se um aumento significativo da humidade relativa do ar acima dos 700hPa;
- Na camada superfície - 1000hPa: fluxo de sul/sueste fraco a moderado [5nós (9km/h) a 15nós (27km/h)]; em níveis superiores, verifica-se uma significativa intensificação face à sondagem das 12UTC de 14, com vento de sul/sueste forte [25nós (45km/h) a 30nós (54 km/h)];
- A CAPE e o CIN apresentavam valores próximos de zero;
- Subida do nível LCL para próximo dos 3000m (730hPa), face à sondagem das 12UTC de 14;

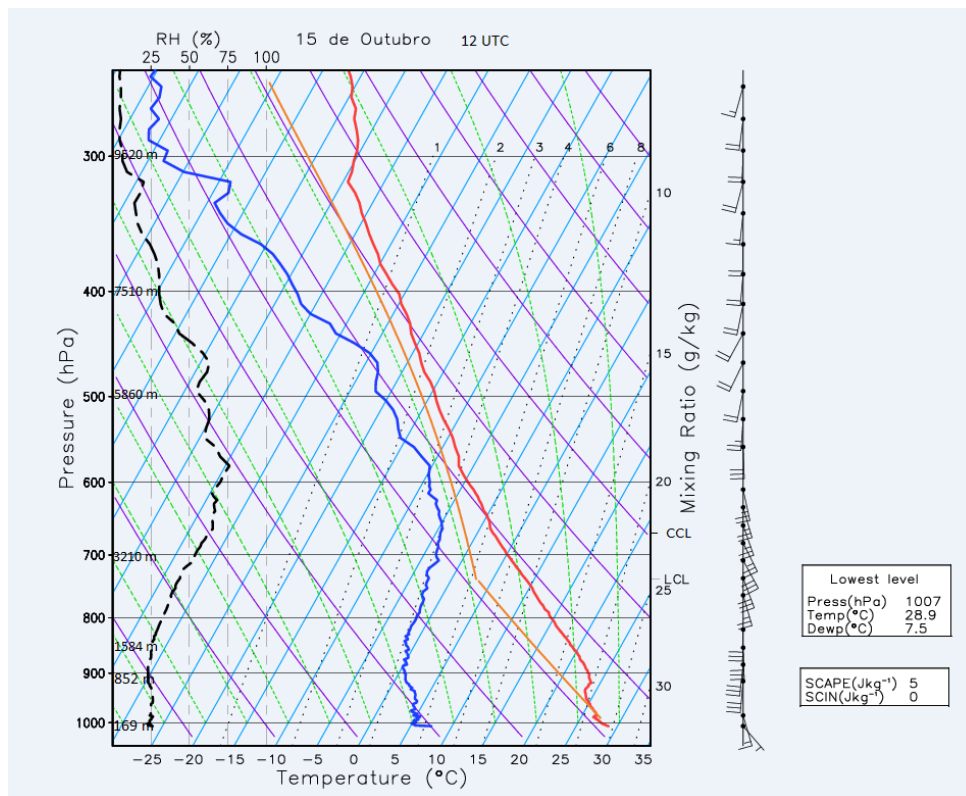
➤ **Perfil vertical no ponto de Viseu**

Analisando o perfil vertical do modelo do ECMWF no ponto de coordenadas de Viseu do dia 15 às 12UTC (Anexo III, Figura AIII.2a), verifica-se:

- Presença de uma atmosfera muito seca até cerca de 4000m de altitude;
- Fluxo de sul/sueste até aos 650hPa;
- LCL muito elevado, 3663m (670hPa);
- TPW de cerca 22mm;
- CAPE quase nula e CIN reduzida, cerca de -100J/kg;

Estas características eram comuns a outros pontos no interior do território, confirmando uma vez mais tratar-se de condições pouco favoráveis ao desenvolvimento de atividade convectiva sobre o mesmo.

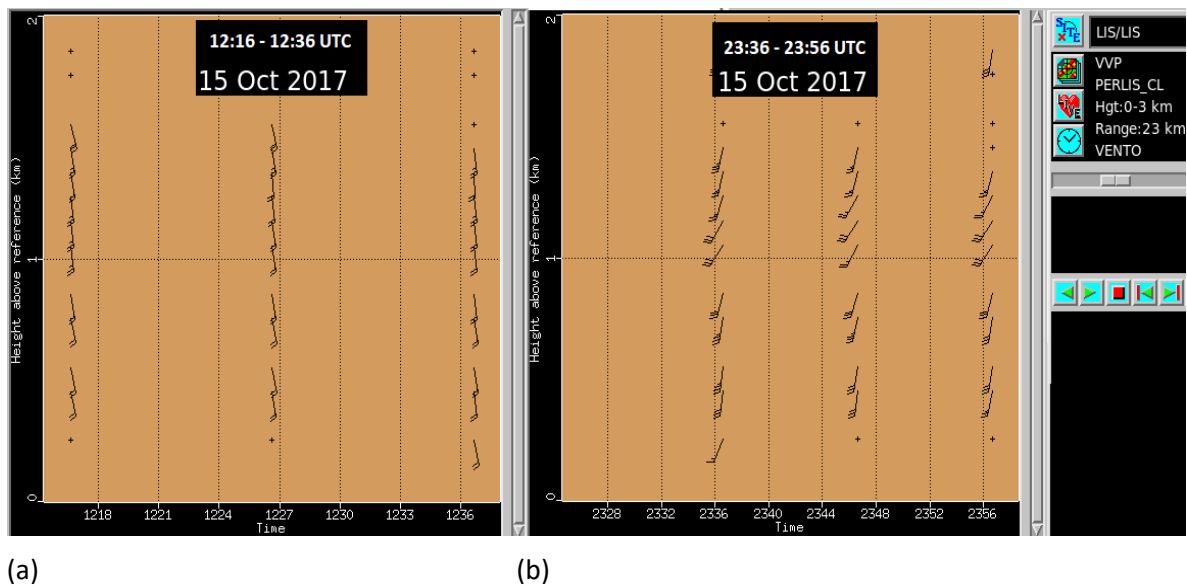




**Figura 6** - Observação aerológica na estação Lx/GC do dia 15 de outubro de 2017 às 12UTC.

➤ **Perfil vertical obtido por observação radar**

O perfil vertical do vento processado pelos radares de Coruche/Cruz do Leão (C/CL) e Arouca/Pico do Gralheiro (A/PG) confirmaram a presença de um escoamento mais forte do que o observado em 14, aos níveis baixos, caracterizado por vento médio de cerca de 20 nós (36 km/h) pelas 12 UTC do dia 15, de sueste, tendo rodado para sul/sudoeste para o final deste mesmo dia (apresentado apenas o perfil de C/CL), como se mostra na Figura 7.



**Figura 7** - Perfil vertical do vento, VVP, 15 outubro 2017, radar de C/CL. Vento nos níveis mais baixos observados (200 - 2000 m de altitude), direção e intensidade do vento (direção barbeta, nós).  
(a) vento de sul/sueste com 20 nós (36km/h), 12:16–12:36UTC (b) vento de sul/sudoeste com 23 nós (41km/h) 23:36-23:56UTC.

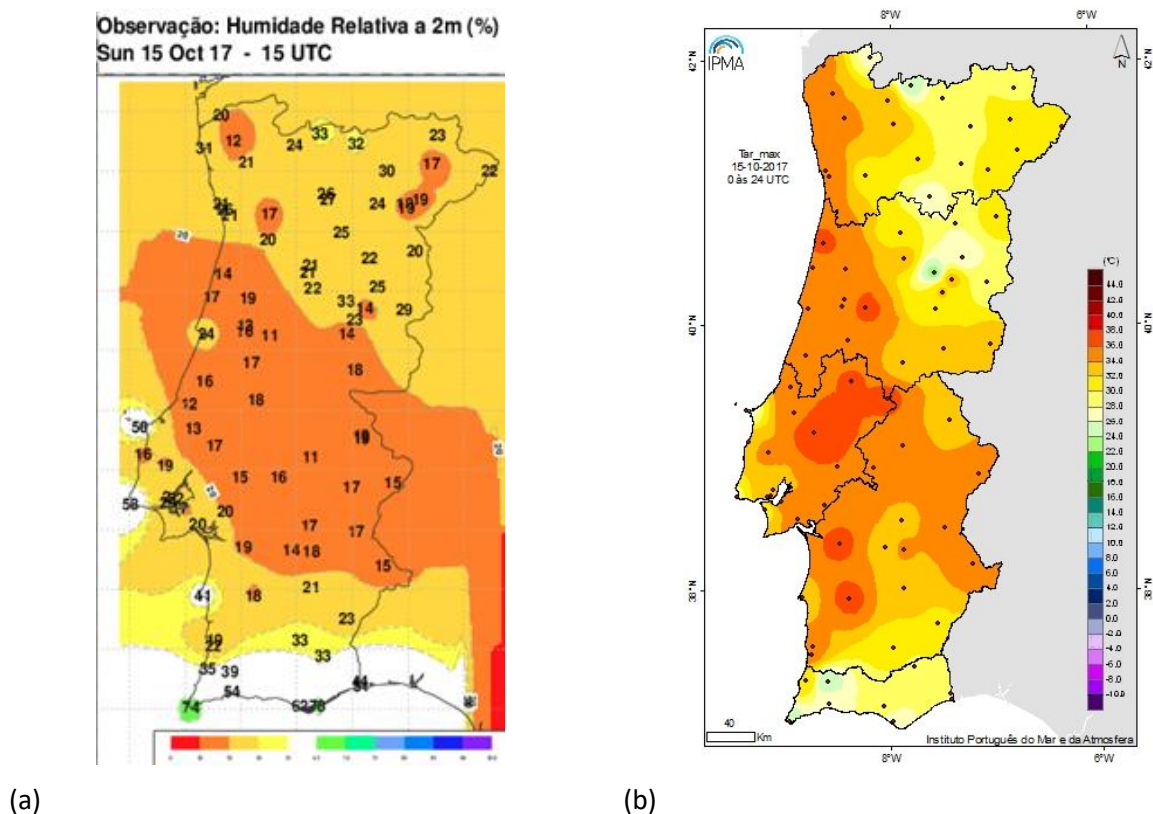
## 2.2.2. Parâmetros de superfície

### ▪ Temperatura e Humidade Relativa

No dia 15, verificou-se uma nova subida dos valores da temperatura do ar, à exceção do Algarve, sendo acentuada (superior a 7°C) em vários locais, principalmente nas regiões do Norte, registando-se máximos absolutos da temperatura do ar em várias estações e valores da humidade relativa extremamente baixos. Os maiores valores de vento médio e de rajada ocorreram, na generalidade do território, durante a tarde e início da noite do dia 15, com especial destaque para as regiões do litoral Norte e Centro e locais de maior altitude do interior Norte e Centro.

Na noite deste dia a humidade relativa do ar à superfície apresentava já valores baixos, designadamente em confronto com a noite anterior, cifrando-se em cerca de 40-50% por todo o território, mas com bolsas assinaláveis próximo do litoral oeste, caracterizadas por valores entre 30 e 35%. No decurso das horas centrais do dia 15, foram observados valores inferiores a 30% em quase todo o território excetuando o Baixo Alentejo e Algarve onde estiveram entre 30% e 40%. Valores ainda mais baixos, inferiores a 20% (considerados como extremamente baixos), foram observados numa extensa faixa que compreendia uma larga parte da região Centro e Alto Alentejo (Figura 8a).

Quanto à temperatura do ar, foi significativo que os seus valores mínimos, observados durante a noite, se tenham situado consideravelmente acima dos registados na noite anterior, tendo os valores mais altos da temperatura mínima sido registados nas estações de Lousã, Leiria e Coimbra com 23.3°C, 22.9°C e 22.5°C, respetivamente. A temperatura máxima do ar registou os valores mais elevados nas regiões do litoral Oeste, nos distritos de Leiria, Santarém e Setúbal. Os valores mais altos de temperatura máxima foram registados nas estações de Santarém/Fonte Boa e Aveiro, 37.8°C e 36.1°C, respetivamente (Figura 8b). Assinale-se que estes elevados valores da temperatura do ar coexistiram, nas horas centrais do dia e em especial na faixa costeira, com os baixos valores de humidade relativa do ar, entre 10% e 20%, atrás referidos.



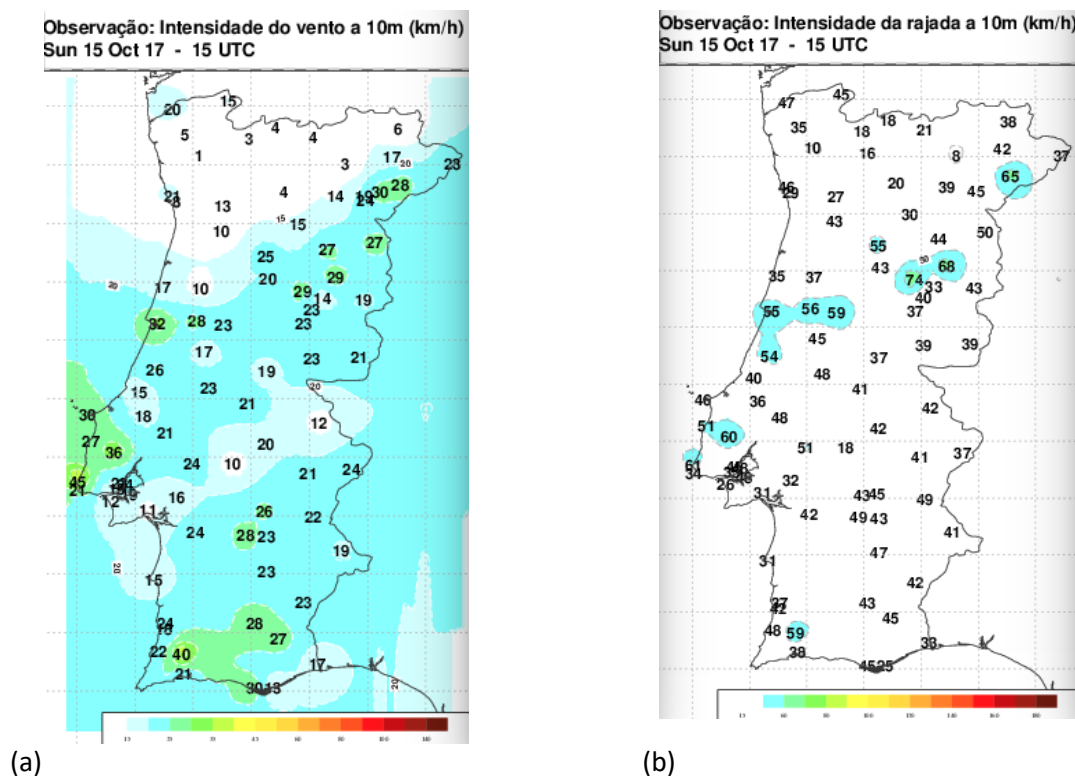
**Figura 8** - Distribuição espacial no dia 15 de outubro de 2017 de (a) humidade relativa a 2m às 15UTC, (b) temperatura máxima do ar a 2 m.

### ▪ Intensidade do vento médio e rajada

A observação do vento médio e da rajada (vento máximo instantâneo), em períodos de 10 minutos, assegurada pela rede de superfície do IPMA, revelou que para todo o período de 14 a 17 de outubro, foi ao início da tarde do dia 15, para a generalidade do território, que foram registados os valores mais elevados destes parâmetros (Anexo IV, Tabela V.1).

O rumo predominante dos valores mais elevados do vento médio (Vm) e da rajada (Vmax) foi sueste, tendo estes valores sido registados no litoral da região Centro e terras altas, referindo-se a título exemplificativo os casos de Cabo da Roca (Vm de 49.0 km/h, Vmax de 80.6 km/h), Torres Vedras (Vm de 40.3 km/h, Vmax de 60.5 km/h), Leiria (Vm de 31.3 km/h, Vmax de 53.6 km/h), Coimbra (Vm de 32.4 km/h, Vmax de 59.0km/h) e Guarda (Vm de 34.9 km/h, Vmax de 68.4km/h).

A Figura 9 mostra a distribuição espacial às 15UTC do vento médio e da rajada, instante em que se registaram os valores mais elevados do vento médio e da rajada em grande parte das estações.

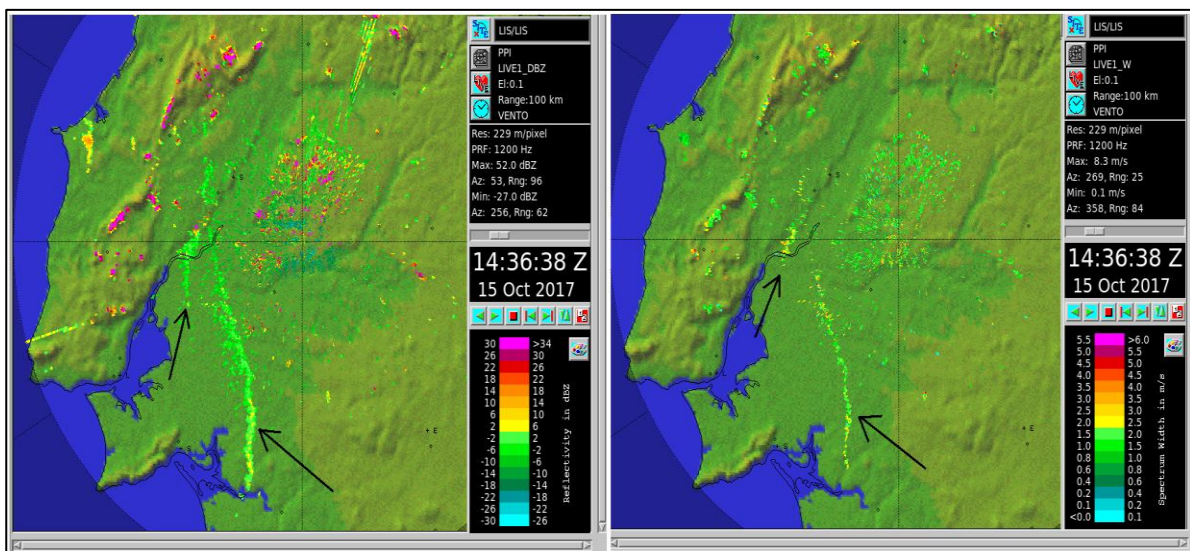


**Figura 9** - Distribuição espacial no dia 15 de outubro de 2017 de (a) vento médio a 10m às 15UTC, (b) rajada a 10m às 15UTC.

Relativamente à persistência do vento médio e de rajada superior a determinados limiares apurados para o período de 15 a 17 de outubro (Anexo V, Tabela AIV. 2), verificou-se que a maior persistência ocorreu no dia 15, particularmente nas regiões do litoral e terras altas. A título exemplificativo faz-se notar que neste dia, nas estações de Torres Vedras e Cabo da Roca, a persistência de vento médio acima de 28.8km/h foi, respetivamente, de quase 6 horas e 23 horas.

A análise das observações disponibilizadas pelos sistemas de radar mostra que durante o dia 15, em particular, não foram identificadas frentes de brisa significativas sobre a área de interesse, sabendo-se que estas perturbações de mesoescala<sup>4</sup> podem ter influência nas condições de propagação de incêndios. No entanto, a mesma análise permitiu concluir que o escoamento se apresentou segundo um regime de razoável turbulência, em particular nas regiões mais próximas do litoral Norte e Centro.

As observações do radar de C/CL permitiram identificar linhas finas de refletividade (Z), pelas 14:36 UTC de 15 de outubro, correspondentes a superfícies de descontinuidade do vento (superfícies de convergência). O campo W (largura do espectro Doppler ou variância da velocidade Doppler) indicava a manifestação de alguma turbulência nessas mesmas linhas. Nas presentes condições, a grandeza W representa a variância do rumo e/ou intensidade do vento no volume atmosférico. Volumes atmosféricos com maior variância do vento (turbulência) são caracterizados por maior valor de W (Figura 10).



**Figura 10** - PPI de Z (dBZ, esquerda) e PPI de W (m/s, direita), 0.1° de elevação, 15 outubro 2017, radar de C/CL.

Setas indicam a localização de duas linhas de convergência em Z e correspondente largura do espectro Doppler, com valores moderados.

Como se verifica, a coexistência de valores elevados da temperatura do ar, baixos valores de humidade relativa do ar e um escoamento moderado e turbulento, durante um determinado período e sobre determinadas áreas constituiu um facto notório. Nos gráficos da Figura 11 mostra-se a evolução da temperatura máxima, da humidade relativa mínima, do vento médio e da rajada máxima em períodos horários, entre as 12UTC do dia 14 e as 12UTC do dia 17 de outubro de 2017, em duas estações do Continente. Estas (estações de Alcobaca e Viseu) foram seleciona-

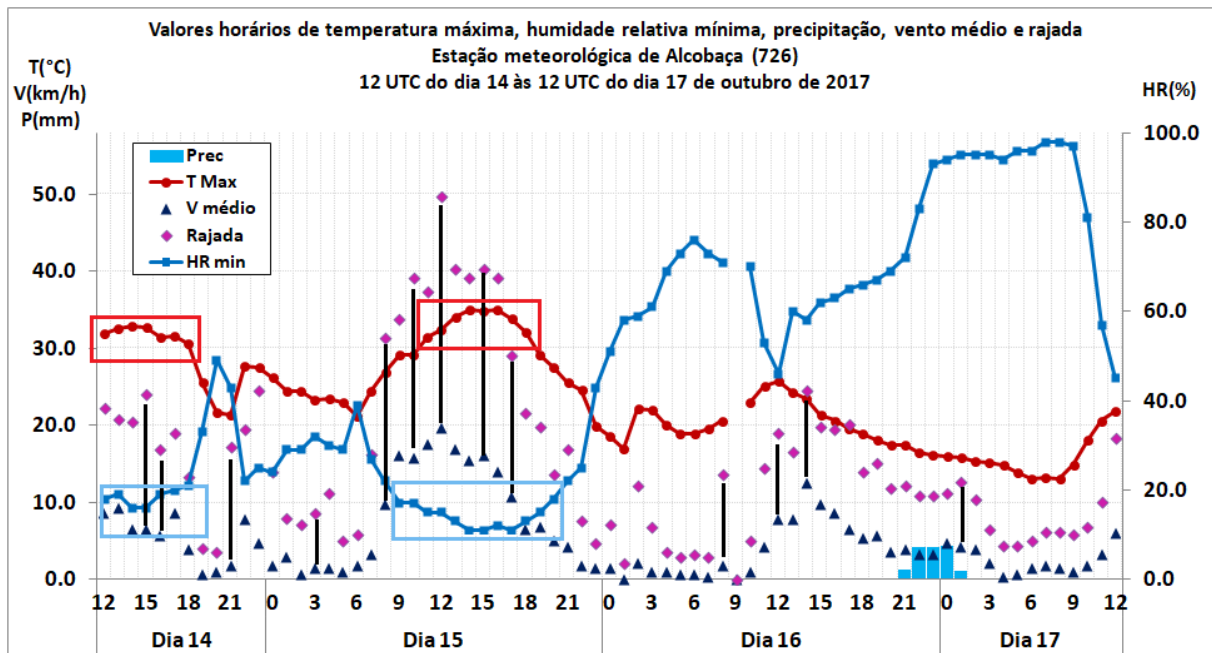
<sup>4</sup> Mesoescala – escala de fenómenos meteorológicos inferior a 2000km



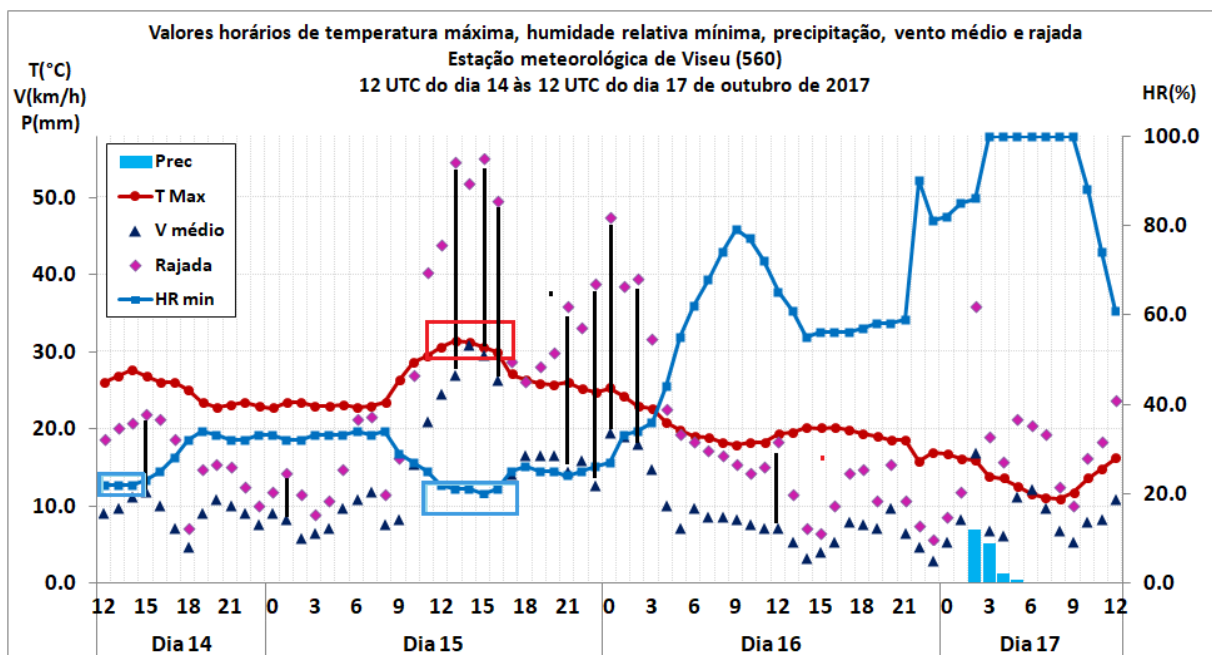
das por serem consideradas representativas da evolução do ambiente atmosférico nas regiões de maior interesse, nomeadamente o litoral e o interior Centro. As Figuras AIV.1 e AIV.2 do Anexo IV mostram a mesma evolução em outras quatro estações (Braga, Lousã, Figueira da Foz e Aveiro).

Conforme resulta da análise da Figura 11 confirma-se que os valores mais elevados do vento médio e da rajada se registaram a partir do início da tarde do dia 15, coincidindo com os mínimos da humidade relativa do ar (ver retângulos a azul na Figura 11) e máximos da temperatura do ar (ver retângulos a vermelho na Figura 11). Esta situação foi generalizada nas regiões Norte e Centro. Acresce que, em conformidade com as conclusões extraídas a partir das observações com radar, o vento não foi apenas mais intenso nesse período, tendo também exibido um regime mais turbulento, contribuindo para consolidar um ambiente atmosférico particularmente adverso. Com efeito, as linhas verticais a preto que se sobrepõem nos gráficos da Figura 10 traduzem a diferença entre o vento médio e a rajada, sendo evidente que esta diferença foi máxima durante o período das horas centrais do dia 15. Isto significa que foi máxima, nesse período, a natureza turbulenta do escoamento. Salienta-se, por ser relevante à discussão envolvida, que no caso da estação de Viseu esta situação se prolongou pela noite de 15-16 de outubro. Este comportamento poderá ter sido influenciado pelo transporte, em níveis baixos, de massas de ar situadas mais a sudoeste, provenientes de áreas onde ocorriam incêndios de grandes proporções.





(a)



(b)

**Figura 11** - Gráficos de observações horárias de temperatura (T), humidade relativa (HR), vento médio e rajada (V), no período das 12UTC do dia 14 às 12UTC do dia 17 de outubro de 2017.

(a) Estação meteorológica Alcobça (726), (b) Estação meteorológica Viseu (560).

---

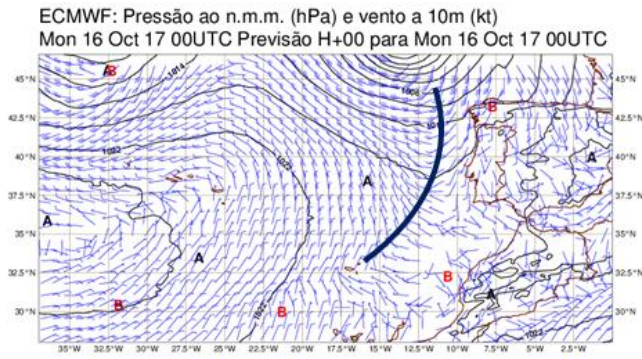
### 2.3. Período III: 00UTC de dia 16 - 12UTC de dia 16

O ciclone *Ophelia*, no seu deslocamento para nordeste, foi introduzindo alterações na massa de ar na região atlântica a oeste da Península Ibérica que, no final do dia 15, se aproximou da costa ocidental portuguesa. Esta massa de ar era caracterizada por valores de  $\theta_{sw}$  entre 16°C e 20°C e valores de TPW superiores a 35mm (Anexo II, Figura AII.3, c, f). Uma zona de separação entre este ar quente e húmido e o ar frio e seco pós frontal (superfície frontal fria), identificada por uma banda de valores elevados da humidade relativa aos 700hPa, com 70% a 90%, e valores do índice de estabilidade Jefferson superiores a 30°C, aproximava-se do litoral Oeste (Anexo II, Figura AII.3d). Nos níveis mais baixos, a humidade relativa do ar aos 850hPa, na parte ocidental do território era, ainda, inferior a 70%, e mais baixa, inferior a 35%, no interior do território (Anexo II, Figura AII.3d, e, g). No Minho, às 00UTC do dia 16, verificavam-se, já, valores de TPW, entre 25 e 30mm e valores moderados da CAPE (Figura AII.3, f, h). No entanto, estas alterações na situação meteorológica ao início do dia 16, não se revelaram muito significativas. Este facto pode ser evidenciado pelo perfil vertical de Viseu das 00UTC do dia 16 (Anexo III, Figura AIII.2b), que embora indicasse uma atmosfera mais húmida do que no dia anterior na camada baixa, apresentava um LCL ainda muito elevado, situado aos 3000m (740hPa), TPW de cerca de 22mm, CAPE e CIN nulos. Esta atmosfera não apresentava, ainda, potencial para gerar precipitação significativa.

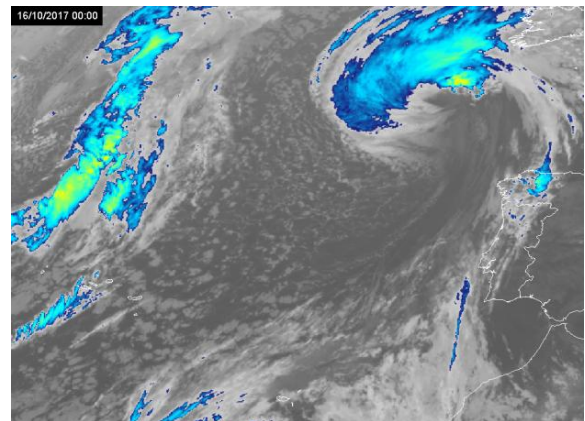
Após o afastamento do *Ophelia* no seu deslocamento para nordeste, ocorreu um aumento no campo da pressão atmosférica sobre a Península Ibérica, quer a oeste quer a este, até às 12UTC do dia 16. Este aumento na parte este deveu-se à intensificação da crista anticiclónica associada ao anticiclone de bloqueio situado sobre a região alpina. Por sua vez, o aumento a oeste foi devido à intensificação de um anticiclone situado sobre o Atlântico a sul dos Açores, que se estendia em crista para nordeste, até ao Golfo da Biscaia. Nestas condições, a superfície frontal fria, localizada junto ao litoral Oeste às 12UTC do dia 16, ficou situada entre duas cristas anticiclónicas, tendo ondulado, estacionado e iniciado um processo de dissipação (Figura 12a, b, c, d, e Figura AII.7a,b, do Anexo II).

Por outro lado, a advecção de ar frio e seco na região posterior à superfície frontal, conduziu à intrusão de ar seco em níveis médios (notório na sondagem de Lx/GC e no perfil vertical de Viseu das 12 UTC do dia 16, Anexo III, Figura AIII.2b), continuando a impedir desenvolvimentos convectivos expressivos.

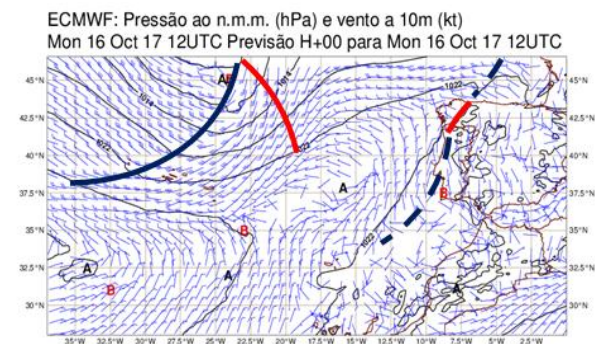
Esta estacionaridade da superfície frontal e as condições de estabilidade atmosférica sobre o território, pouco favoráveis ao desenvolvimento de atividade convectiva, tiveram apenas como consequência a formação de nebulosidade baixa e estratificada, sem originar precipitação, exceto no Minho e Douro litoral onde, durante a manhã de 16, ocorreu precipitação fraca.



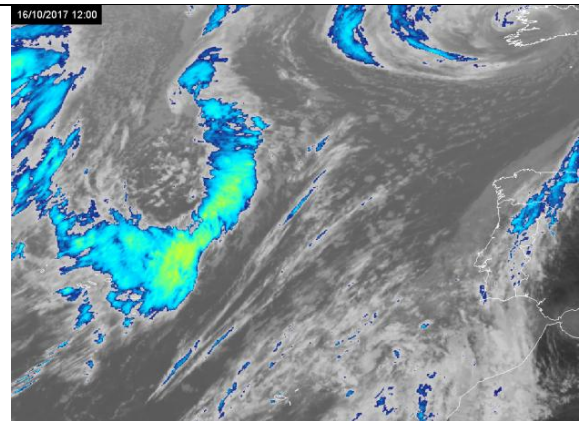
(a)



(b)



(c)

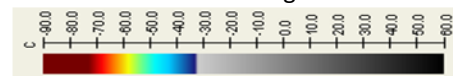


(d)

**Figura 12** - Análise do modelo do ECMWF das 00UTC de 16 de outubro de 2017 e das 12UTC e imagens do satélite MSG do infravermelho (IR<sub>10.8μ</sub>).  
(a), (c), Campo da pressão ao nível médio do mar (linhas a preto de 4 em 4 hPa) e vento a 10 m (intensidade de (nós) e direção, barbelas), (b), (d) imagens de satélite às 00 UTC e 12 UTC de 16 de outubro de 2017.

— Frente Fria                      — Frente Quente  
- - - Frente Estacionária      - - - Frente em dissipação

Escala de cor das imagens MSG



### 2.3.1. Estrutura vertical da atmosfera

➤ **Sondagem de Lisboa/ Gago Coutinho do dia 16 às 12UTC (Anexo III, Figura AIII.1b)**

- Na camada superfície-600hPa verifica-se uma diminuição da temperatura e aumento da humidade relativa do ar face à sondagem das 12UTC do dia anterior (observando-se valores da humidade relativa entre 50% e 75% para toda a camada);
- Na camada superfície – 1000hPa: fluxo de sul/sueste, fraco a moderado, [5nós (9km/h) a 15nós (27km/h)]; em níveis superiores: vento de sudoeste, forte, [25nós (45km/h) a 30nós (54km/h)], rotação do vento para sudoeste face à sondagem das 12UTC do dia anterior;
- LCL aos 920hPa (700m), verificando-se uma descida muito significativa face à sondagem do dia anterior;
- A CAPE está bastante elevada, com 1208J/kg e o valor da CIN é nulo;
- Descida muito significativa da humidade (para valores inferiores a 5%) entre os 600hPa e os 400hPa, desfavorável ao desenvolvimento de nebulosidade;

➤ **Perfil vertical no ponto de Viseu**

Analisando o perfil vertical do modelo do ECMWF no ponto de coordenadas de Viseu do dia 16 às 12UTC (Anexo III, Figura AIII.3), verifica-se:

- atmosfera mais húmida até aos 700hPa, em face do perfil das 00UTC;
- Camada superfície - 800hPa: rotação do vento de sudoeste para sul; nos níveis superiores, sem alteração de rumo;
- Descida do nível LCL para os 1899m (840hPa), descida de cerca de 1000m face ao dia anterior;
- Aumento de TPW para 26mm;
- Camada muito seca entre os 550hPa e os 350hPa;
- CAPE e CIN nulos.

Às 12UTC, as condições meteorológicas, em especial no litoral Oeste, mostravam alterações significativas face à mesma hora do dia 15.

A sondagem de Lx/GC às 12UTC do dia 16, registava face ao dia anterior, uma descida na temperatura do ar à superfície, de cerca 6°C (de 28,9°C para 23,1°C) e uma descida muito significativa na depressão do ponto de orvalho<sup>5</sup> de cerca de 17°C (de 21,4°C para 4,6°C) (Figura AIII.1b), ou seja, a massa de ar apresentava-se substancialmente mais húmida no dia 16 às 12UTC.

Em Viseu, o perfil vertical (modelo ECMWF) dá conta de uma descida da temperatura à superfície de 7°C e de uma descida de 14°C da depressão do ponto de orvalho, sendo no dia 16 de cerca de 10°C (Anexo III, AIII.3).

Estas condições, às 12UTC, continuavam a não ser favoráveis ao desenvolvimento de atividade convectiva no interior, embora no litoral tal já não se verificasse.

Deste modo, as condições meteorológicas foram gradualmente evoluindo no sentido do desagravamento da verificada combinação desfavorável de fatores, no que diz respeito à propagação de incêndios. De facto, durante a noite, a humidade relativa do ar excedia já 65% na maior parte do território e os valores da temperatura mínima do ar regressaram aos da madrugada de dia 14, geralmente inferiores a 20°C. Pelas 12UTC reforçava-se o carácter diverso face aos dois dias anteriores, apresentando-se a humidade relativa acima de 65% em todo o litoral norte e centro, sendo no interior observados valores da ordem de 40-65%.

---

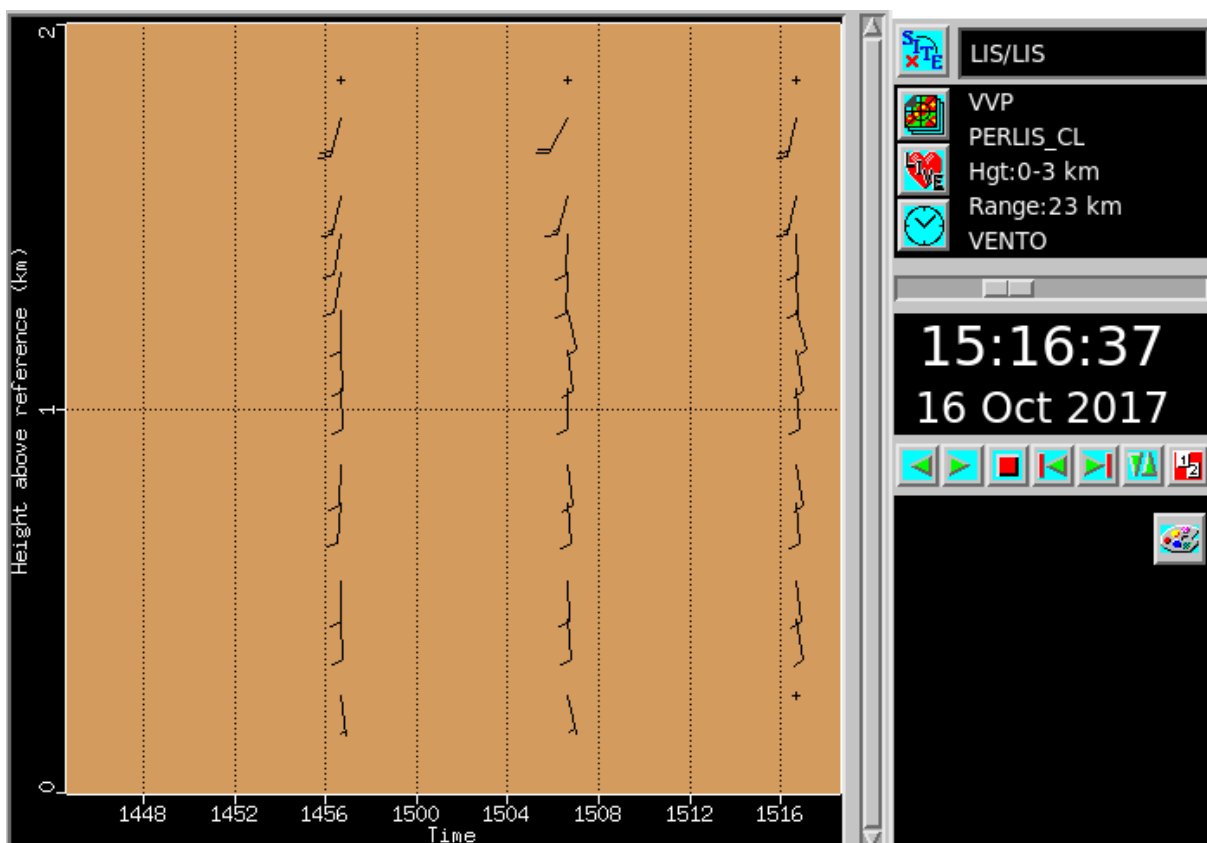
<sup>5</sup> Depressão do ponto de orvalho = diferença entre a temperatura do ar e a temperatura do ponto de orvalho (T-Td), traduzindo a diferença, em graus, para se atingir a saturação do ar.



## 2.4. Período IV: 12UTC de dia 16 - 00UTC de dia 17

Durante a tarde do dia 16, com a propagação, para este, de uma outra perturbação frontal localizada a norte dos Açores, dá-se o enfraquecimento da crista anticiclónica sobre a região Atlântica adjacente e oeste peninsular, verificando-se um enfraquecimento do fluxo (Anexo II, Figura All.7c), confirmado pelo perfil vertical do vento obtido pelo radar de C/CL, em que a intensidade do vento no nível mais baixo (200-2000m) variava de 3 nós (5 km/h) a 10 nós (18 km/h), Figura 13.

### ➤ Perfil vertical do vento obtido por observação radar



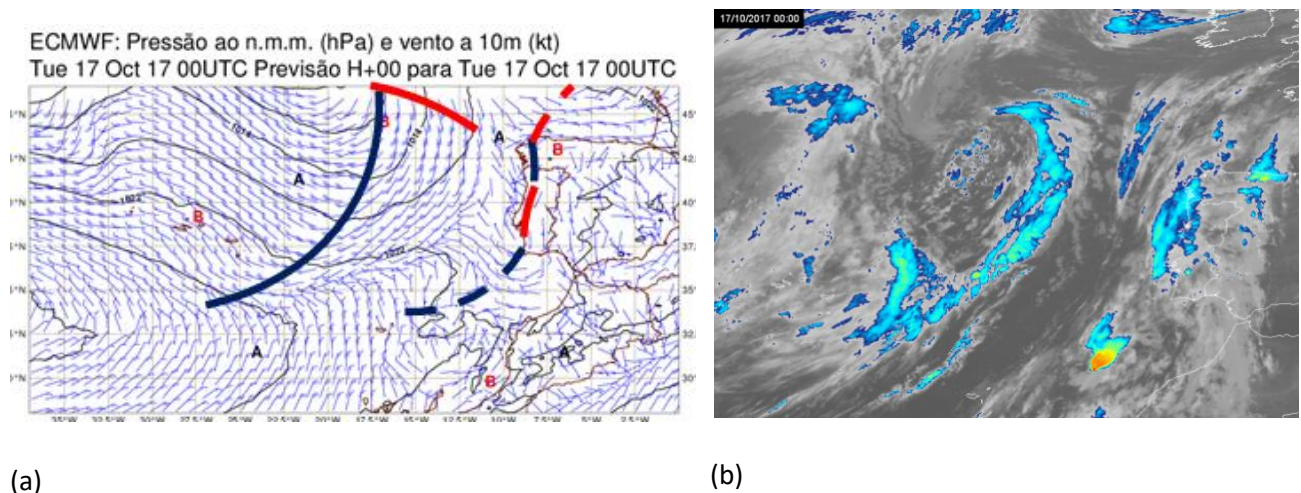
**Figura 13** - Perfil vertical do vento, VVP, 16 outubro 2017, radar de C/CL. Vento nos níveis mais baixos observados (200-2000 m de altitude), direção e intensidade do vento (direção barbela, nós). Vento de sul/sueste com 3 a 10 nós (5 a 18 km/h), 14:56 - 15:16UTC.

Com a aproximação de nova perturbação frontal à região atlântica adjacente à costa Ocidental (Figura 14a, Figura All.7d), a massa de ar húmido e instável vai-se propagando para o interior. Às 00UTC do dia 17, verificam-se valores do índice Jefferson superiores a 30°C, TPW superiores a 30mm e valores de CAPE da ordem de 300J/kg em grande parte do território (Anexo II, Figura



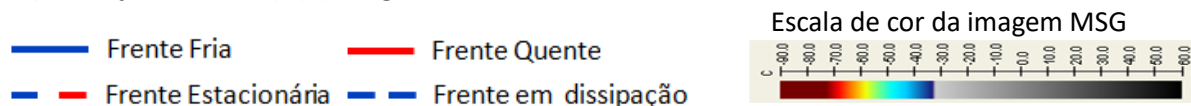
All.5 a, b, c, d, e, f). A nebulosidade estratificada ainda continua a ser predominante, mas na região noroeste (cobrindo todo o litoral Norte e Centro), verifica-se já algum desenvolvimento convectivo, identificável por topos mais frios (tons a azul e a verde) na imagem de satélite (Figura 14b).

Neste período, registou-se precipitação, em geral, fraca e dispersa, com valores mais significativos no Minho e Douro litoral.



**Figura 14** - Análise do modelo do ECMWF das 00UTC de 17 de outubro de 2017 e imagem de satélite MSG do infravermelho (IR<sub>10.8μ</sub>).

(a) Campo da pressão ao nível médio do mar (linhas a preto de 4 em 4 hPa) e vento a 10 m (intensidade (nós) e direção, barbelas), (b) imagem de satélite às 00UTC de 17 de outubro de 2017.

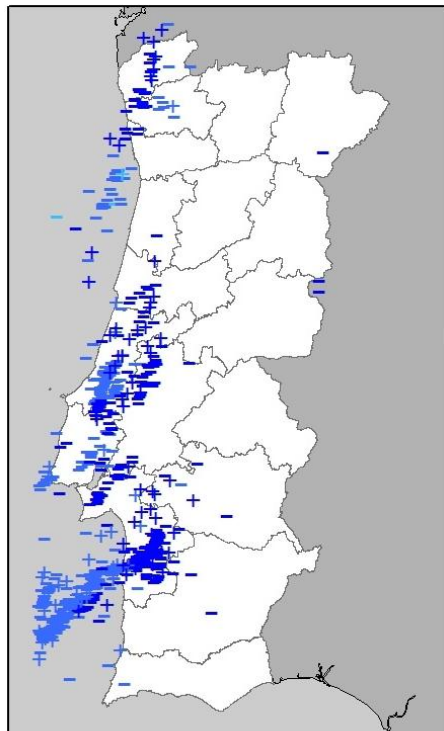


Na Figura 15 apresenta-se a distribuição das descargas elétricas atmosféricas (DEA) e os valores da precipitação acumulada observados nas 24h (00-24UTC) do dia 16. Esta Figura mostra que a precipitação se concentrou na região litoral a norte do Cabo Espichel (tendo sido acompanhada por alguma atividade elétrica a partir do final da tarde), com valores entre 1 e 5mm, sendo superior no Alto Minho, região em que variou entre 10 e 18mm. No entanto, faz-se notar que a precipitação só se tornou realmente significativa após as 18UTC, no Minho e Douro Litoral e, conforme evidenciado pela observação radar (Figura 16a), após as 21UTC nas regiões do litoral Oeste.

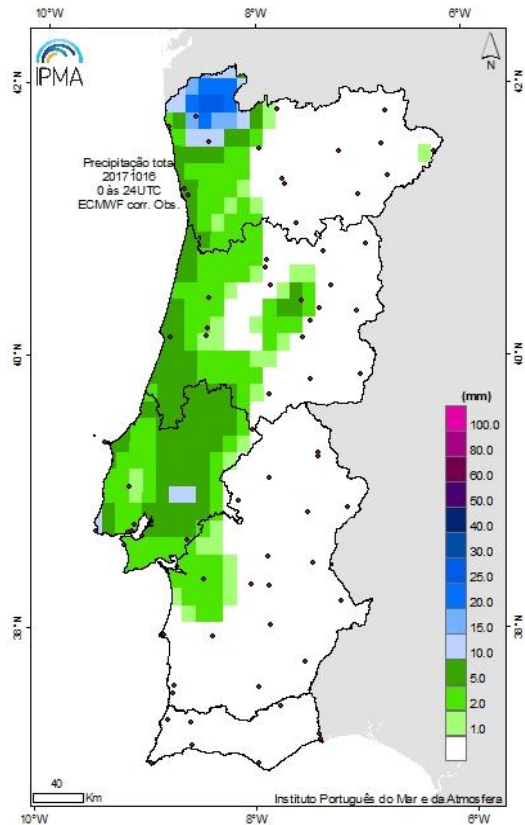
Para um melhor enquadramento da evolução das condições meteorológicas verificada após o final deste período IV, refira-se que em algumas das áreas onde ainda lavravam incêndios, desig-

nadamente na região de Viseu, só começou a verificar-se a ocorrência de precipitação significativa após a 01UTC do dia 17, conforme mostrado pela observação radar (Figura 16b).

Descargas Elétricas Atmosféricas (DEA)  
Dia 16 de outubro de 2017



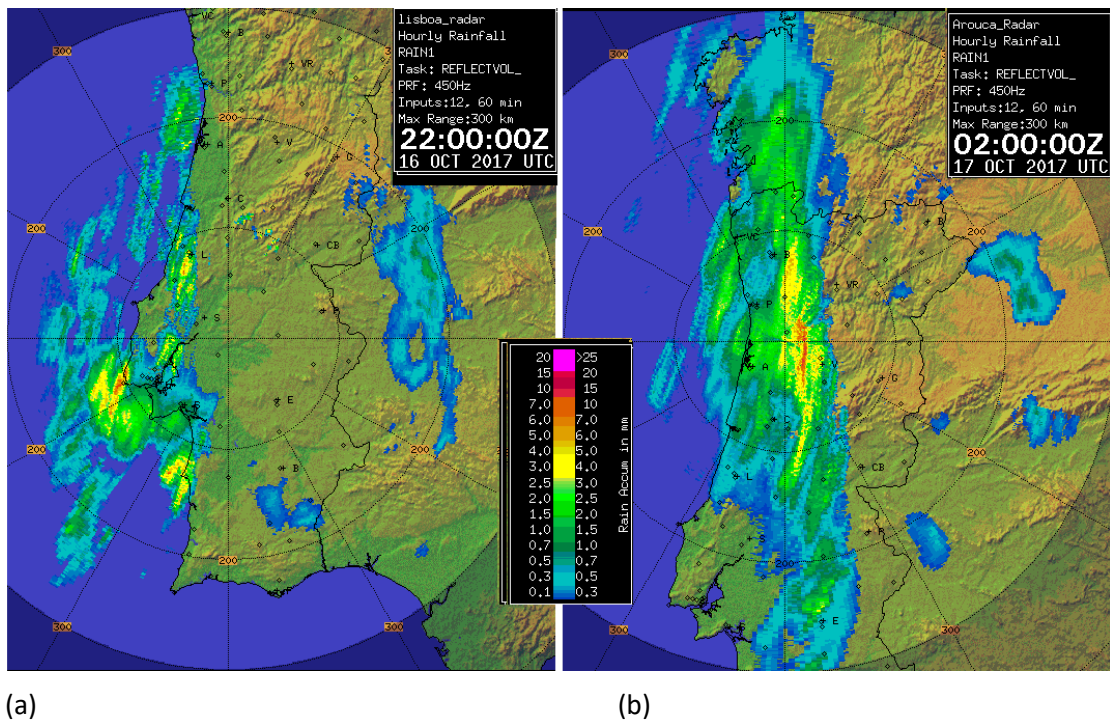
(a)



(b)

**Figura 15** - Descargas elétricas e precipitação acumulada 0-24 horas, 16 de outubro de 2017.

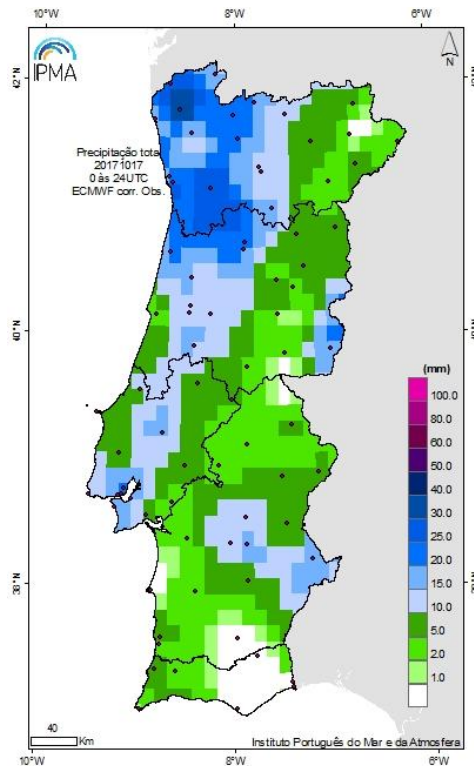
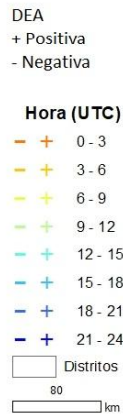
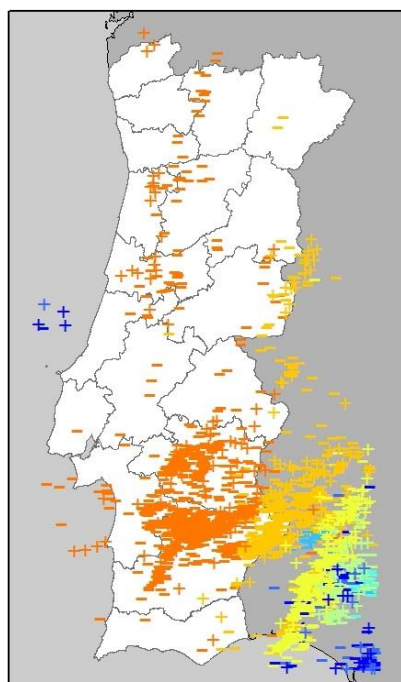
(a) Descargas elétricas atmosféricas nuvem-solo registadas no dia 16 de outubro. Os pontos com sinal positivo/negativo representam transferência de carga positiva/negativa. (b) Precipitação observada no dia 16 de outubro no período 00-24 UTC.



**Figura 16** - Precipitação horária, RAIN1, (a) radar de C/CL, 22UTC de 16 de outubro, (b) radar de A/PG, 02UTC de 17 outubro.

Durante a noite e madrugada de 17, em particular nas regiões do litoral e Alentejo, alguma convecção embebida produziu aguaceiros fortes, evidenciando mesmo alguma atividade elétrica (Figura 17a). A precipitação ocorrida no início deste dia 17, já mencionada, veio contribuir significativamente para o desagravamento meteorológico da situação excepcional de incêndios florestais vivida no período de 14 a 16 de outubro 2017 no território do Continente. Para este desagravamento, contribuiu também um segundo período de precipitação verificado a partir do final da tarde do dia 17, associado à perturbação frontal que se deslocava rapidamente do Atlântico em direção ao território. No mapa da Figura 17b apresenta-se o campo da precipitação acumulada nas 24 horas do dia 17 (00-24UTC). No Minho, Douro Litoral e alguns locais do interior Centro, os valores da precipitação acumulada em 24 horas foram significativos, da ordem de 20 a 30mm.

Descargas Elétricas Atmosféricas (DEA)  
Dia 17 de outubro de 2017



(b)

(a)

**Figura 17** - Descargas elétricas e precipitação acumulada 0-24 horas, 17 de outubro de 2017.

(a) Descargas elétricas atmosféricas do tipo nuvem-solo registadas no dia 17 de outubro na área delimitada pelos paralelos 42.2ºN e 36.9ºN e pelos meridianos 9.6ºW e 6.1ºW. Os pontos com sinal positivo/negativo representam transferência de carga positiva/negativa. (b) Precipitação observada no dia 17 de outubro no período 00-24 UTC.



### 3. Índices de risco de incêndio florestal

O prolongamento do tempo quente e seco durante o mês de outubro associado à secura dos combustíveis e dos solos contribuíram fortemente para os valores excepcionalmente elevados dos índices de perigo de incêndio. No período de 14 a 16, as características da situação sinótica reforçadas pela passagem na região atlântica adjacente à Península Ibérica do ciclone Ophelia, originaram condições excecionais para a propagação dos incêndios florestais, tendo-se registado, no dia 15, o maior número de sempre de ocorrências de incêndios florestais e de área ardida desde que há registos (451 ocorrências e 201640ha de área ardida)<sup>6</sup>.

Os vários índices que compõem o índice meteorológico de perigo de incêndio, *FWI (Fire Weather Index)* do sistema canadiano de perigo incêndio florestal apresentaram valores excepcionalmente elevados. O Índice de seca, *DC*<sup>7</sup> e a taxa diária de severidade, *DSR*<sup>8</sup>, eram em 31 de outubro os mais elevados desde 2003, com um valor de DC no Continente muito acima da média, calculada para o período de 1999-2014 em 68 estações meteorológicas, tomadas como referência (Figura 18). A série de anos de 1999-2014 constitui o período para o qual foram determinadas as estatísticas dos índices, com base em valores observados nas estações de referência do IPMA.

O índice *ISI (Initial Spread Index)*, um outro componente do *FWI*, índice que se relaciona com a velocidade de propagação dos incêndios apresentou os valores mais elevados na primeira metade do mês, que comparados com os percentis calculados para o período de 1999-2014, manteve-se quase sempre superior ao percentil 50, destacando-se o dia 15 com um valor de *ISI* superior ao percentil 90 (Figura 19a).

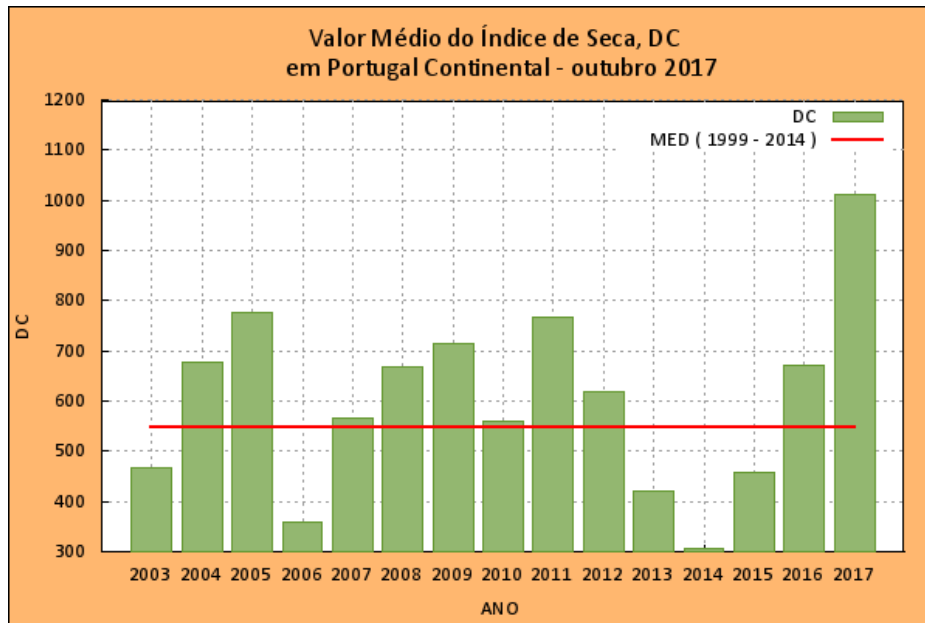
O índice meteorológico de perigo de incêndio, *FWI*, apresentou, também, na primeira metade do mês, valores superiores ao percentil 50 e, no dia 15, este índice atingiu um valor muito elevado que foi, simultaneamente, o máximo no mês de outubro, 59.2, e o valor mais alto desde 1999 (Figura 19b).

No dia 16, devido à ocorrência de precipitação, a partir da tarde, nas regiões do litoral Oeste, registou-se uma descida significativa dos valores do *FWI* nesta região. Nas outras regiões houve também uma descida, devido à diminuição dos outros parâmetros meteorológicos utilizados no cálculo do *FWI*, mas que foi menos expressiva (Figura 19b).

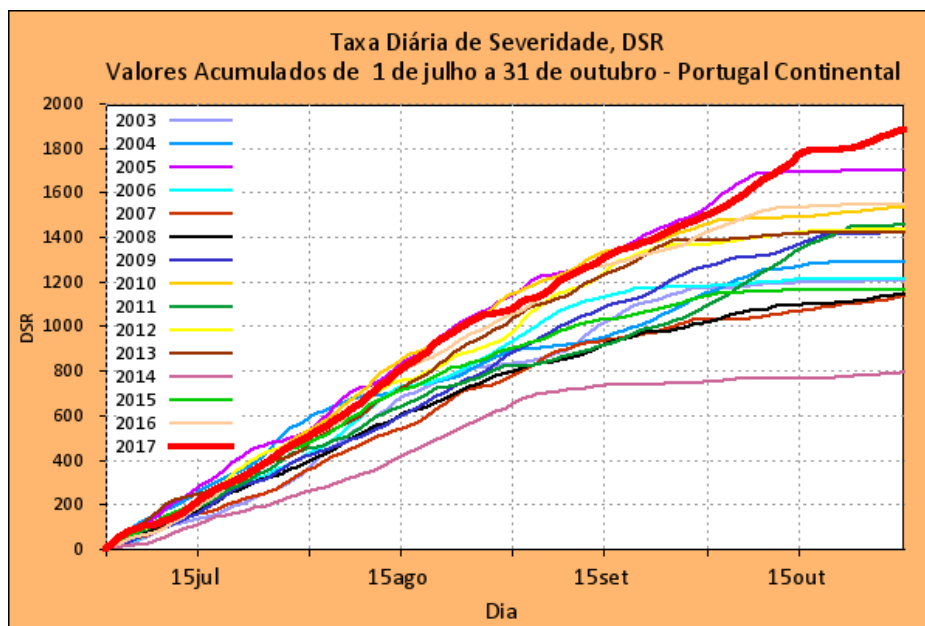
<sup>6</sup> Dados do portal ICNF de 8 de novembro de 2017.

<sup>7</sup> *DC = Drought Code* - Índice de seca, componente do índice meteorológico de risco de incêndio, *FWI*

<sup>8</sup> *DSR = Daily Severity Rating* - Taxa Diária de Severidade, função do *FWI*, avalia a severidade da época de incêndio



(a)

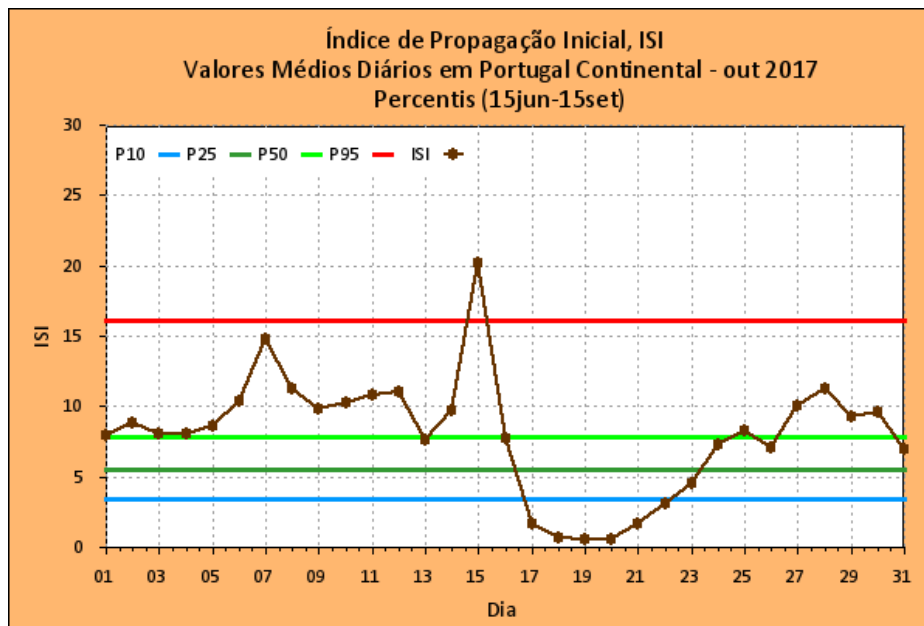


(b)

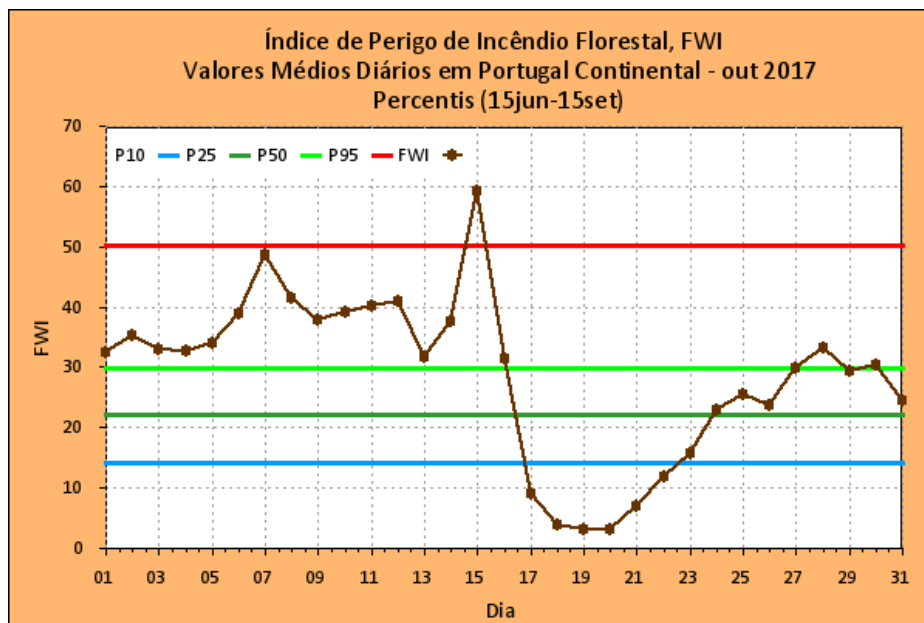
**Figura 18** - Comparação do índice de seca e taxa de severidade diária acumulada de 1 de julho a 31 de outubro, para o período de 2003 a 2017.

(a) Índice de seca, DC, (b) Taxa diária de severidade, DSR.





(a)

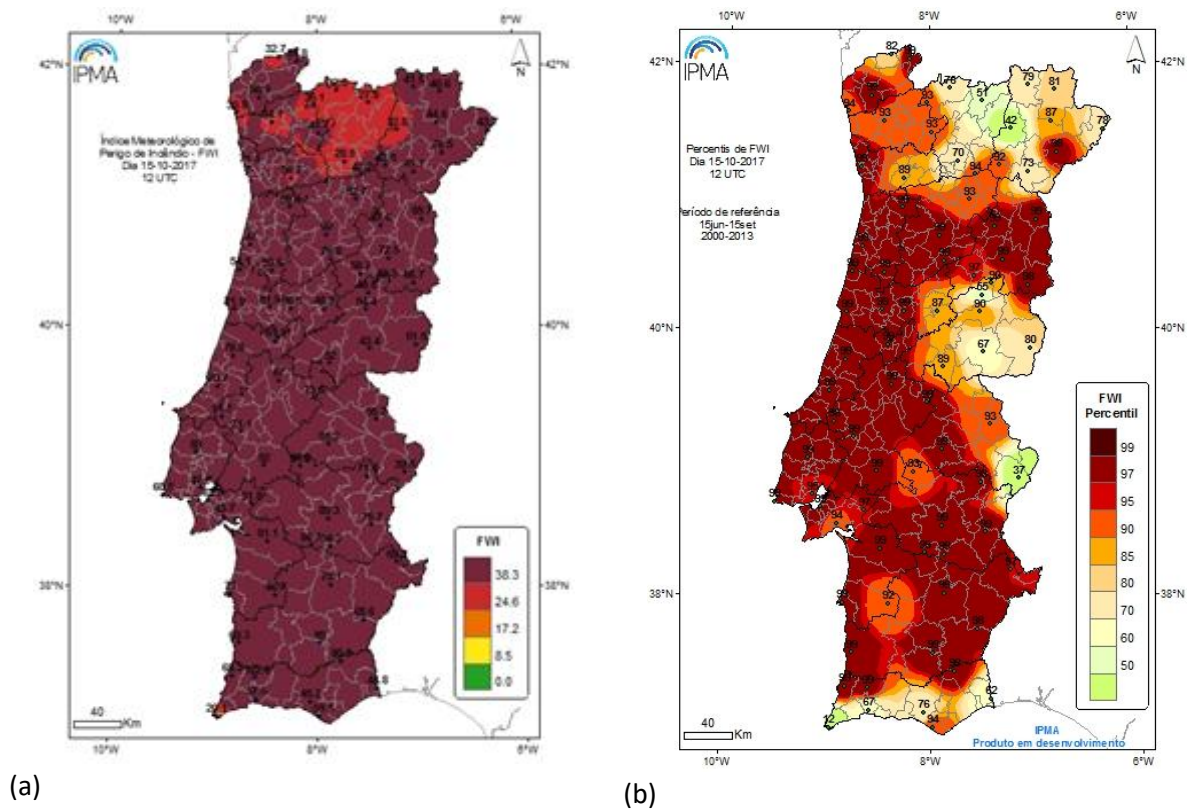


(b)

**Figura 19** - Evolução diária dos índices ISI e FWI no Continente no mês de outubro de 2017.

(a) Índice ISI, (b) índice FWI.

Na Figura 20 apresenta-se a distribuição espacial do FWI no Continente no dia 15 e o respetivo percentil. Os valores mais elevados do FWI, superiores a 38.3, e do percentil, P98 e P99, concentram-se no Minho, Douro Litoral, na região Centro, com exceção do distrito de Castelo Branco e no Alentejo. No Anexo VI (Figura AVI.1a, b) apresentam-se os mapas do Índice FWI, para os dias 14 e 16 de outubro de 2017.



**Figura 20** - Distribuição espacial em 15 de outubro de 2017 às 12UTC, (a) do FWI, (b) percentil de FWI.

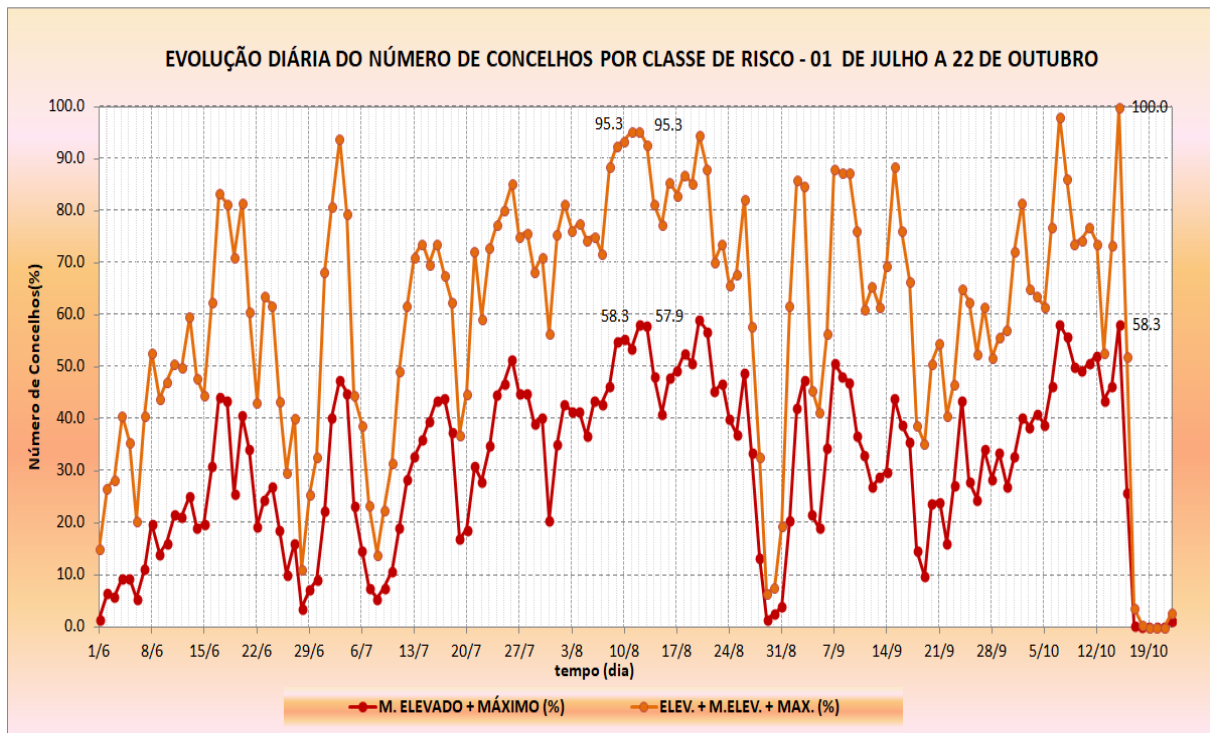
Os mapas do risco conjuntural meteorológico de incêndio (RCM)<sup>9</sup> para os dias 14, 15, 16 e 17 de outubro de 2017 (Anexo VI, Figura AVI.1c, d, e, f), permitem verificar uma subida generalizada do risco no dia 15. Neste dia, as classes de risco predominantes eram de “Muito Elevado” ou “Máximo”, configurando uma situação muito severa para o combate aos incêndios florestais.

No dia 16, houve uma descida do risco, principalmente nos concelhos no litoral Oeste, onde a classe baixou para “Reduzido”, devido ao aumento da humidade relativa do ar e diminuição significativa da intensidade do vento. No dia 17, verificou-se uma descida significativa e generalizada do risco de incêndio devido, principalmente, à precipitação ocorrida no final do dia 16 e início do dia 17.

A Figura 21 mostra que no dia 15, 100% dos concelhos estavam nas classes de risco “Elevado”, “Muito Elevado” ou “Máximo”, dos quais 116 concelhos (41%) em risco “Elevado”, 82 concelhos (30%) em risco “Muito Elevado” e 80 concelhos (29%) em risco “Máximo”.

<sup>9</sup> RCM= Risco Conjuntural Meteorológico: classes de risco de incêndio resultantes da integração do índice FWI com o risco conjuntural em Portugal Continental (risco estrutural atualizado com as áreas ardidas do ICNF (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas). Para mais informações consultar [www.ipma.pt](http://www.ipma.pt)

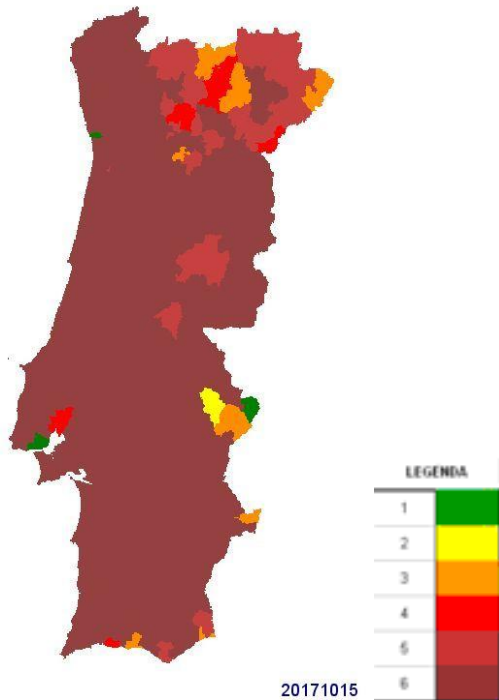
Nos dias 11 e 12 de agosto de 2017, o índice de risco de incêndio, RCM, apresentou valores semelhantes aos do dia 15 de outubro sendo, ainda assim, uma situação menos gravosa. Nestes dias 95.3% (265 dos concelhos) estiveram em risco “Elevado”, “Muito Elevado” ou “Máximo”.



**Figura 21** - Número de concelhos (%) nas classes de risco Elevado, Muito Elevado e Máximo do índice RCM, no período de 1 de junho a 22 de outubro de 2017.

O IPMA dissemina diariamente ainda outro índice de risco, o ICRIF<sup>10</sup>. Na Figura 22 apresenta-se o mapa com a percentagem de concelhos em risco elevado, IOT25 (ICRIF *Over Threshold* com o limiar 25 no dia 15 de outubro. Verifica-se que o valor do IOT25 foi superior ao percentil 95 em quase todos os concelhos do Continente.

<sup>10</sup> ICRIF = O índice meteorológico combinado de risco de incêndio florestal baseado em 3 sub-índices: índice estrutural, associado ao tipo de coberto vegetal baseado no CORINE; índice ligado ao risco conjuntural calculado diariamente com base no FWI; Um sub-índice que representa um agravamento do risco ligado ao estado da vegetação, representada pelo valor do NDVI, calculado com base na melhor das imagens NOAA.



**Figura 22** - Mapa diário, por concelho, de classes de percentil do IOT25 em 15 de outubro 2017. Classe 1 (a verde) IOT25 abaixo do percentil 40, classe 2 (a amarelo) IOT25 entre o percentil 40 e 65, classe 3 (a laranja) IOT25 entre o percentil 65 e 85, classe 4 (a vermelho) IOT25 entre o percentil 85 e 90, classe 5 (a castanho avermelhado) IOT25 entre o percentil 90 e 95, e a classe 6 (castanho) IOT25 acima do percentil 95.

Os valores extremamente elevados dos índices de perigo de incêndio, atingindo-se o máximo absoluto do valor do FWI (59.2) desde 1999, com o total de concelhos do Continente nas classes do risco RCM em “Elevado”, “Muito Elevado” e “Máximo”, com 162 (59%) concelhos nas classes de risco “Muito Elevado” ou “Máximo”, demonstram a excecionalidade da situação de 15 de outubro de 2017 relativamente à severidade para o combate aos incêndios.

---

## 4. Evolução das plumas de incêndio identificadas com Radar

Contrariamente ao observado nos incêndios de junho de 2017 [4], durante os episódios de incêndio do presente período, 14 a 16 de outubro de 2017, as condições meteorológicas não foram favoráveis ao estabelecimento de sistemas convectivos sobre o território. Deste modo, não ocorreram fenómenos do tipo *outflow* convectivo. A atividade elétrica, materializada por descargas elétricas atmosféricas não existiu (dias 14 e 15) ou foi relativamente modesta (dia 16 de outubro).

### 4.1. Critérios de identificação das plumas de incêndio

As plumas geradas por incêndios florestais ou outros incêndios podem, em casos favoráveis, ser identificadas em contexto de observação com radar uma vez que as cinzas e outros materiais injetados na atmosfera no decurso do processo de combustão, geram refletividade observável pelo sensor radar. No âmbito deste tipo de observação, o termo “pluma” refere-se ao padrão de refletividade (Z, em dBZ) associável a um foco de incêndio, que pode ser observado quer em corte vertical (sobre observações 3D), quer recorrendo a produtos de PPI de Z, em diversas elevações.

Os critérios que, no seu conjunto, foram utilizados para identificar subjetivamente e de modo precoce a presença de plumas, foram [5]: (i) a observação de um padrão correspondente a um valor máximo relativo no campo da refletividade (PPI, na elevação mais baixa) com uma estrutura essencialmente divergente, para jusante do escoamento predominante sobre a área do incêndio; (ii) a verificação de que o referido padrão tende a apresentar uma coerência evolutiva entre observações sucessivas (consistência e evolução). A localização de cada pluma detetada foi referenciada ao local onde aparenta ser diretamente emergente do incêndio.

Neste relatório foi dada primazia à identificação de plumas independentes, mas sem a preocupação com a determinação da sua duração e extensão vertical. Um dos objetivos do recurso a observações com radar no presente relatório foi o de ilustrar a cadência a que as plumas foram sendo identificadas e a evolução espacial dos locais da sua deteção. Por este motivo a análise foi centrada no produto PPZ e, eventualmente, MAXZ (não mostrado). No entanto, sempre que necessário - designadamente no caso da observação de formações nebulosas do tipo pirocúmulo (PiroCu) ou pirocumulonimbo (PiroCb), recorreu-se a uma análise tridimensional das observações envolvendo cortes verticais. Nestes casos, dever-se-á ter presente que os retrodifusores constituintes do fumo podem ser transportados e dispersos em altitude mas, por filtragem gravítica, tenderá a haver uma maior presença de partículas de maior dimensão e uma maior concentração, nas proximidades do foco do incêndio, ainda que as

---

correntes convectivas possam não ser rigorosamente verticais. Deste modo, é admissível que os valores de máximo relativo da refletividade se situem tipicamente nos níveis mais baixos e que ocorra uma redução gradual dos valores da refletividade para níveis superiores. Esta evolução poderá ser diferente aquando de súbitas intensificações das plumas (e, portanto, dos incêndios).

Esclarece-se que embora a deteção de plumas no campo da refletividade ( $Z$ ) tenha grande valor analítico em contexto de diagnóstico meteorológico, não deve ser entendida como um meio de estabelecimento da exata cronologia do correspondente incêndio. De facto, uma vez que os feixes emitidos pelos sistemas de radar efetuam observações a altitudes crescentes à medida que a distância à estação radar aumenta, aumenta igualmente com a distância ao radar a probabilidade de uma pluma permanecer não detetada até que, eventualmente, alcance a altitude mínima de observação do feixe radar. Ou seja, é de admitir que o instante em que um incêndio gerador de uma determinada pluma observada com radar se tenha efetivamente iniciado, anteceda, em algum tempo, o primeiro instante da deteção da pluma, com base em assinaturas específicas no campo da refletividade. Esta antecedência é variável, dependendo de fatores como a distância do incêndio ao radar, os desníveis relativos entre o da estação radar e o do solo no local do incêndio e eventuais ocultações sofridas pelo feixe.

Por outro lado, deve igualmente ter-se presente que a identificação de plumas de incêndio dentro da área de cobertura de um qualquer radar meteorológico, será sempre um exercício por defeito: (i) diversas plumas podem situar-se, durante todo o seu ciclo de vida, abaixo da altitude mínima a que o feixe radar pode executar a observação, permanecendo por isso indetetadas; (ii) a coexistência da pluma com ecos espúrios no volume observado e problemas de resolução do feixe, poderão conduzir a alguma subdeteção.

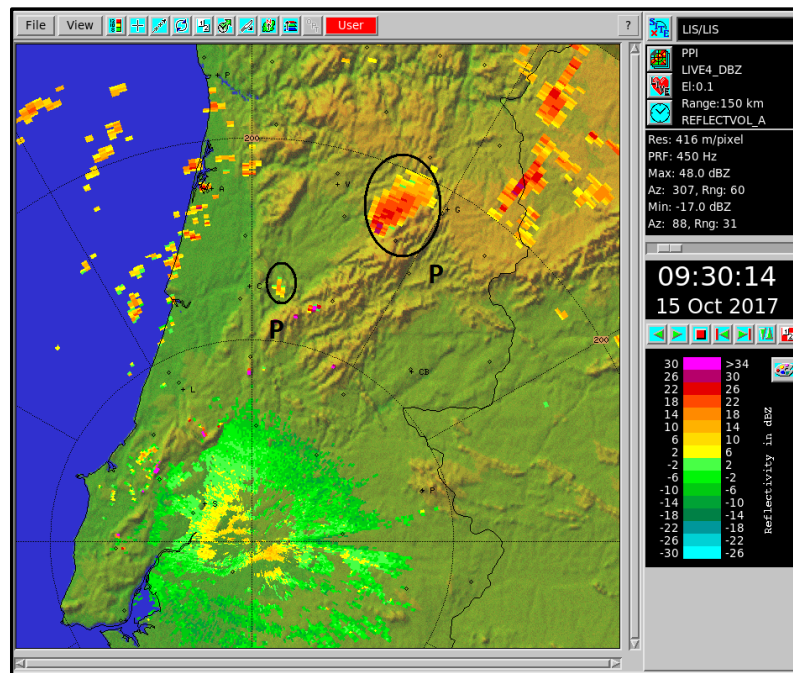
Tendo em conta o que precede e os procedimentos desenvolvidos, foi possível identificar inúmeras assinaturas de pluma no campo da refletividade, no período compreendido entre as 00UTC do dia 14 e as 00UTC do dia 17 de outubro. Deverá sempre ter-se presente que essas identificações corresponderão a um número inferior ao do número de incêndios efetivamente ocorrido.



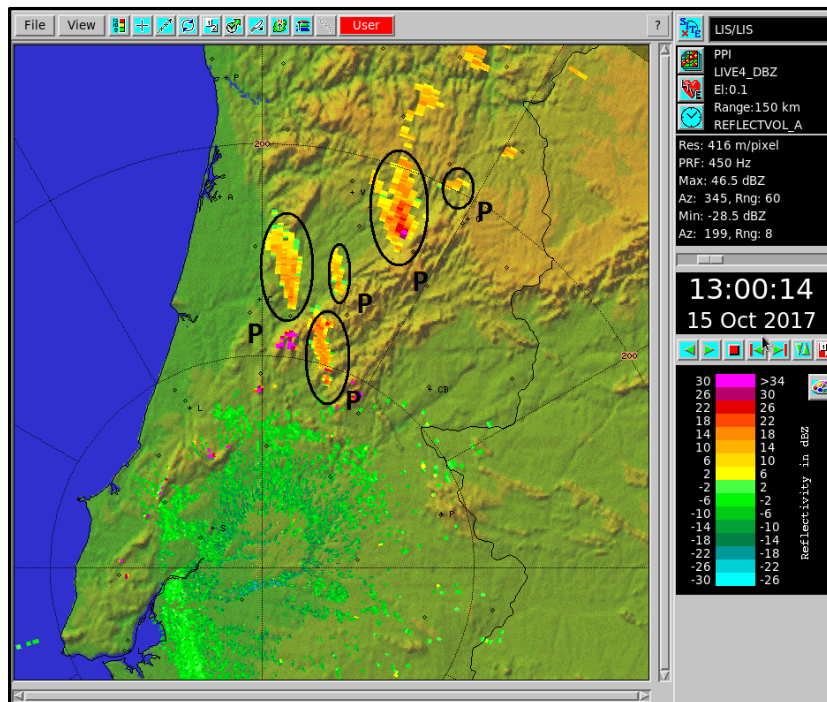
## 4.2. Plumas identificadas

Com recurso aos radares de Arouca (A/PG) e de Coruche (C/CL) anteriormente mencionados neste relatório, foi identificado um total de 32 plumas que se admite serem independentes, isto é, associáveis a diferentes incêndios. Não se exclui, no entanto, a possibilidade de algumas destas plumas estarem associadas a incêndios que decorreram, diretamente, de outros incêndios, por mecanismos de propagação que sai fora do âmbito deste estudo analisar. Na discussão que se segue, a hora a que cada pluma se refere corresponde ao instante da 1ª deteção que foi possível efetuar com observação radar (hora UTC). As coordenadas geográficas apresentadas são as coordenadas aproximadas do local correspondente à 1ª deteção efetuada. A duração de observação de cada pluma não é referida.

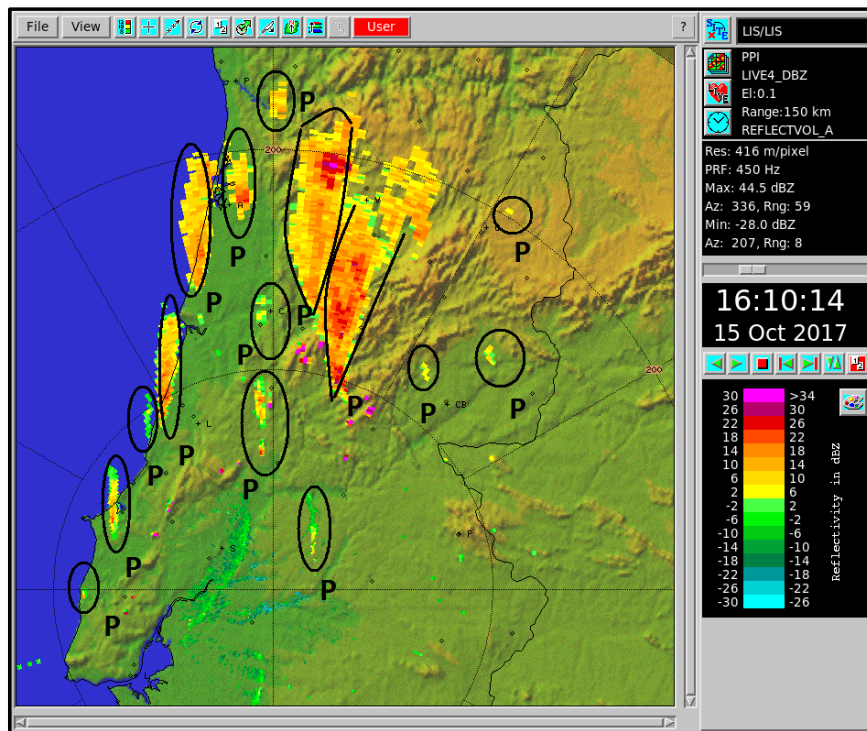
A fim de se apreciar a evolução geral da cadência a que as plumas se produziram e das localizações geográficas onde foram sendo detetadas, apresentam-se PPI de Z (neste exemplo, obtidos com o radar de C/CL) em 4 instantes considerados interessantes para esse fim: 09:30 UTC, 13:00 UTC, 16:10 UTC e 23:30 UTC do dia 15 de outubro (Figura 23, Figura 24, Figura 25 e Figura 26). A comparação entre as sucessivas observações apresentadas permite concluir que o número de plumas identificado aumentou até à tarde do dia 15, período em que era também visível uma maior extensão da área dos padrões de refletividade associáveis às mesmas, na elevação mais baixa. Note-se que as plumas de incêndios mais duradouros poderão figurar em vários destes instantes e que o número de plumas assinalado em cada um destes poderá ser inferior ao que resulta da consulta do mapa da Figura 28. Este facto decorre de as plumas assinaladas nestes 4 instantes corresponderem, apenas, às observadas pelo radar de C/CL, havendo necessariamente outras que, nestes instantes ou noutros, se encontravam a ser observadas pelo radar de A/PG e que foram, igualmente, identificadas no referido mapa.



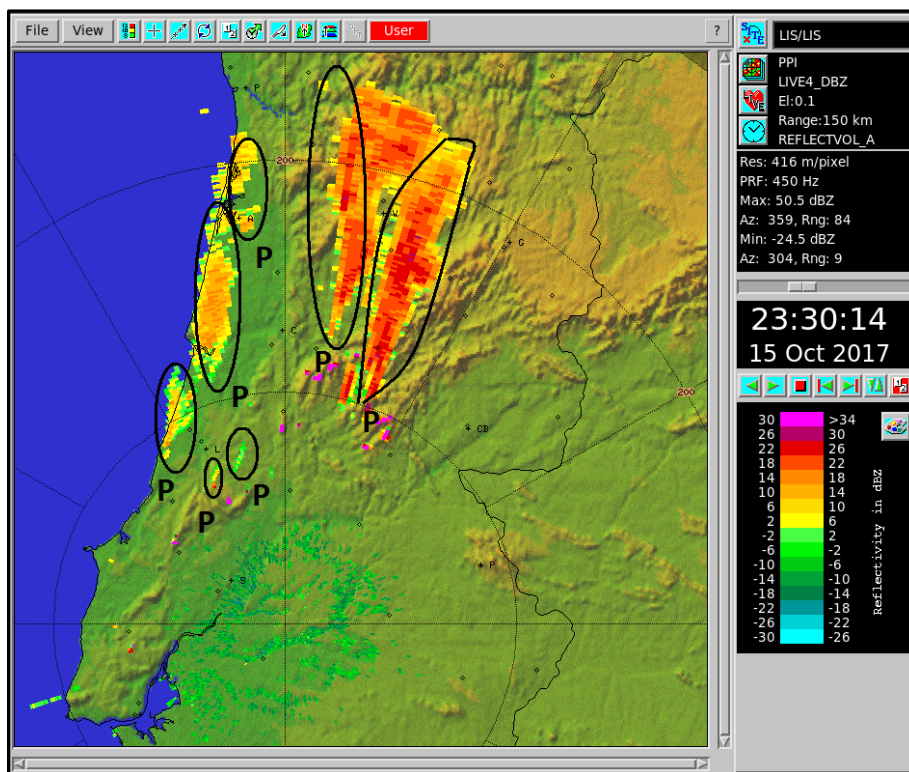
**Figura 23** - PPI de Z (dBZ), 0.1° de elevação, 9:30UTC, 15 de outubro 2017, radar de C/CL. Círculos assinalam 2 plumas (“P”) identificadas com radar neste instante.



**Figura 24** - PPI de Z (dBZ), 0.1° de elevação, 13:00UTC, 15 de outubro 2017, radar de C/CL. Círculos assinalam 5 plumas (“P”) identificadas com radar neste instante.



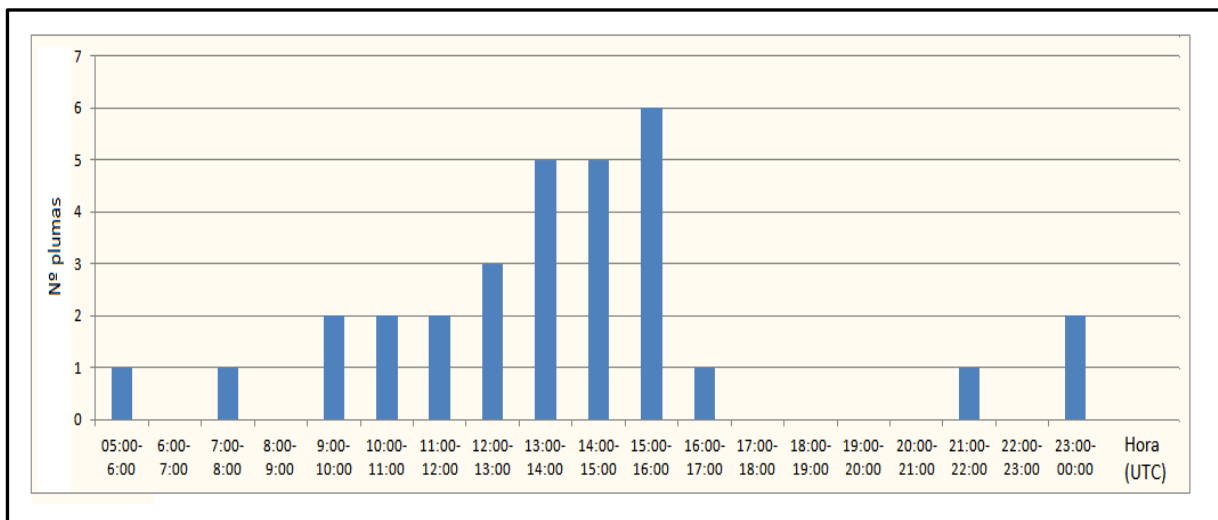
**Figura 25** - PPI de Z (dBZ), 0.1° de elevação, 16:10UTC, 15 de outubro 2017, radar de C/CL. Círculos assinalam 15 plumas (“P”) identificadas com radar neste instante.



**Figura 26** - PPI de Z (dBZ), 0.1° de elevação, 23:30UTC, 15 de outubro 2017, radar de C/CL. Círculos assinalam 7 plumas (“P”) identificadas com radar neste instante.

No gráfico constante da Figura 27 é identificado o número total de plumas de incêndio observado pelo conjunto dos dois radares considerados, para o período compreendido entre as 05UTC de 15 de outubro e as 00UTC de 16 de outubro. Trata-se, portanto, do número de plumas cuja 1ª deteção foi efetuada em cada um dos períodos de 1 hora considerados. Assinala-se que o número total de plumas considerado é de 31, uma vez que foi excluída uma pluma identificada cerca de 24 horas antes do início deste período, ainda no dia 14 de outubro, e que se considera temporalmente desassociada do restante conjunto (esta primeira pluma foi, no entanto, localizada para contexto, no mapa da Figura 28).

Torna-se evidente que a taxa a que as plumas identificadas foram surgindo, incrementou ao início da tarde do dia 15, sendo de realçar que o período 12-16 UTC, de apenas 4 horas, concentrou 19 plumas, mais de 60% do total de plumas cuja 1ª deteção foi possível identificar para todo o período, com radar (Figura 27). É esclarecedor verificar que este período de 4 horas coincidiu, aproximadamente, com aquele em que a conjugação de valores elevados da temperatura do ar, valores mínimos de humidade relativa do ar e vento a soprar segundo um regime turbulento (discutido no parágrafo 2.2, com destaque para a Figura 10), foi mais favorável à propagação de incêndios.

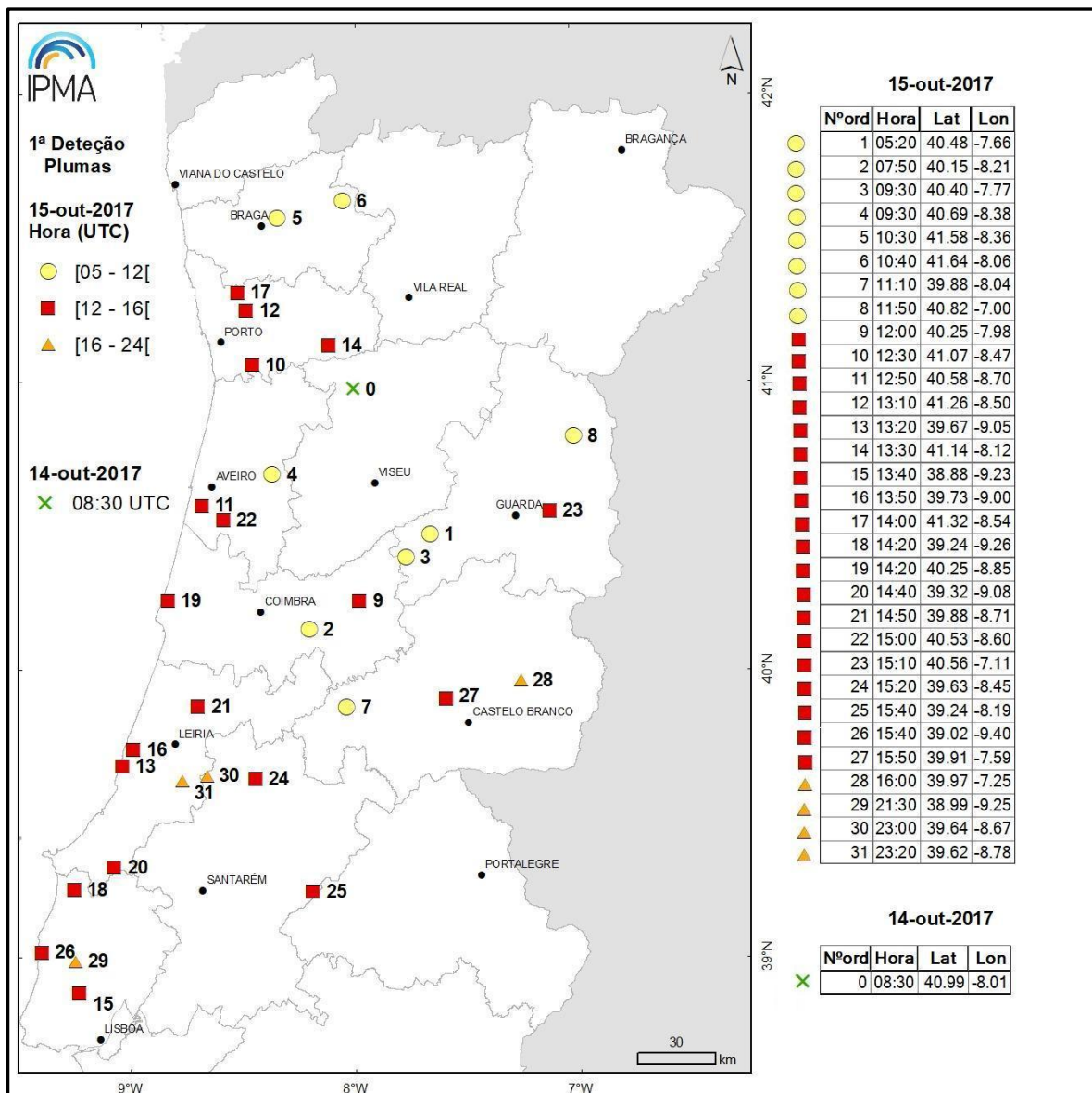


**Figura 27** - Distribuição do número total de plumas de incêndio cuja emergência (1ª deteção) foi identificada, para períodos horários, entre as 05UTC de 15 de outubro e as 00UTC de 16 de outubro de 2017. Identificação baseada nas observações dos radares de A/PG e C/CL (contabilização do número admite intervalo horário aberto à direita).

Uma consulta do mapa representado na Figura 28 permite retirar diversas conclusões relevantes. Desde logo, confirmar que num limitado período de 4 horas, compreendido entre as 12UTC e as 16UTC do dia 15 de outubro (quadrados a vermelho no mapa), foi efetuada a 1ª identificação da



maioria do total de plumas detetado com os radares (mais de 60 %). Por outro lado permite verificar que ao longo deste período mais gravoso, a 1ª identificação das plumas foi, maioritariamente, efetuada inicialmente nas regiões do litoral norte e centro e só posteriormente, nas regiões do interior. Acresce que as plumas que haviam sido identificadas no período 05-12UTC foram, na generalidade, detetadas mais para o interior do território.



**Figura 28** - Distribuição geográfica do local (Latitude, Longitude) e hora (UTC) em que foi efetuada a 1ª deteção pelo radar de cada pluma de incêndio (nº de ordem, por ordem cronológica), para o período entre as 05UTC de 15 de outubro e as 00UTC de 16 de outubro de 2017.

Deteção com os radares de Arouca e de Coruche e cada símbolo/cor identifica as deteções nos períodos 05-12UTC, 12-16UTC e 16-24UTC (intervalo aberto à direita). Incluída uma 1ª deteção efetuada no dia 14 de outubro (08:30 UTC) considerada temporalmente desassociada do restante conjunto de plumas.

### 4.3. Diagnóstico de desenvolvimentos piroconvectivos

Os incêndios, nomeadamente os incêndios florestais (mas não apenas estes), sob condições particulares dependentes quer do próprio incêndio, vegetação, topografia e ambiente atmosférico envolvente, podem gerar nuvens de tipo cúmulo ou mesmo cumulonimbo, a partir da ascensão das colunas convectivas geradas pelo calor sensível libertado pela combustão. Admite-se, presentemente, que a água resultante do processo de combustão em si, constitua apenas uma pequena fração do manancial necessário como ingrediente para a formação deste tipo especial de massas nebulosas. Segundo Lareau e Clements (2016), que confirmaram Luderer et al. (2006, 2009) considera-se, atualmente, que a maior fração da quantidade de água deverá ser proveniente do ambiente atmosférico envolvente. A OMM, na sua versão mais recente do *International Cloud Atlas*, reconhece a importância destes tipos particulares de nuvem, ao reservar a terminologia *Cumululus flammagenitus* para pirocúmulo.

No sentido de avaliar os desenvolvimentos sofridos pelas plumas de incêndio identificadas, concretamente pela altitude máxima alcançada ao longo do seu ciclo de vida, recorreu-se ao produto TOPS, que permite obter a altitude do topo dos ecos (valor próximo da altitude dos topos das nuvens). Atendendo à estrutura termodinâmica da troposfera revelada quer pelas observações, quer pelas análises numéricas, considera-se que o nível de condensação por convecção (CCL, *Convective Condensation Level*, do inglês) nas horas centrais do dia 15, seria de cerca de 3900 m de altitude, ou um pouco superior, nas horas centrais do dia, na região de interesse. Segundo observações recentes admite-se que pirocúmulos possam ter condições para se iniciar ligeiramente acima deste nível. Por este motivo foram consideradas como significativas, e referenciadas, plumas com altitude máxima superior a, pelo menos, 4500 m de altitude. Na tabela I assinala-se a altitude máxima destas plumas, local e instante correspondente a essa mesma altitude. Esclarece-se que embora as coordenadas do local indicadas nesta tabela se refiram não às da pluma em si, mas às do topo mais elevado que foi observado nessa pluma, a coluna “n.º ordem” refere-se à pluma cujas coordenadas se apresentaram na tabela da Figura 28.

Os 8 casos referenciados na Tabela 1- Altitude máxima das plumas (período 00UTC 14 Out - 00UTC 17 Out) correspondem, portanto, aos desenvolvimentos de maior relevo sofrido pelas plumas de incêndio que os radares observaram, sendo alguns desenvolvimentos respeitantes à mesma pluma (n.ºs ordem 2 e 9). Um desenvolvimento assinalável sofrido por uma pluma de incêndio poderá, ou não, materializar-se sob a forma de pirocúmulo (PiroCu) ou pirocumulonimbo (PiroCb). As condições atmosféricas, inclusive as que se manifestem a uma escala local, constituem um dos fatores suscetíveis de condicionar essa materialização. Trata-se, em cada caso, de identificar se ocorreu, ou não, formação de partículas de gelo (ou, pelo menos, condensação significativa) em torno dos núcleos de condensação fornecidos em grande número pela pluma de



incêndio e que se encontrem no topo. No caso de não ter ocorrido formação de partículas de gelo nos topos e/ou condensação, considera estar-se em presença de uma pluma essencialmente seca. Já no caso oposto, considera estar-se em presença de um piroCu ou piroCb, consoante o desenvolvimento que venha a sofrer.

**Tabela 1-** Altitude máxima das plumas (período 00UTC 14 Out - 00UTC 17 Out)  
(Nº ordem indicado na Figura 20)

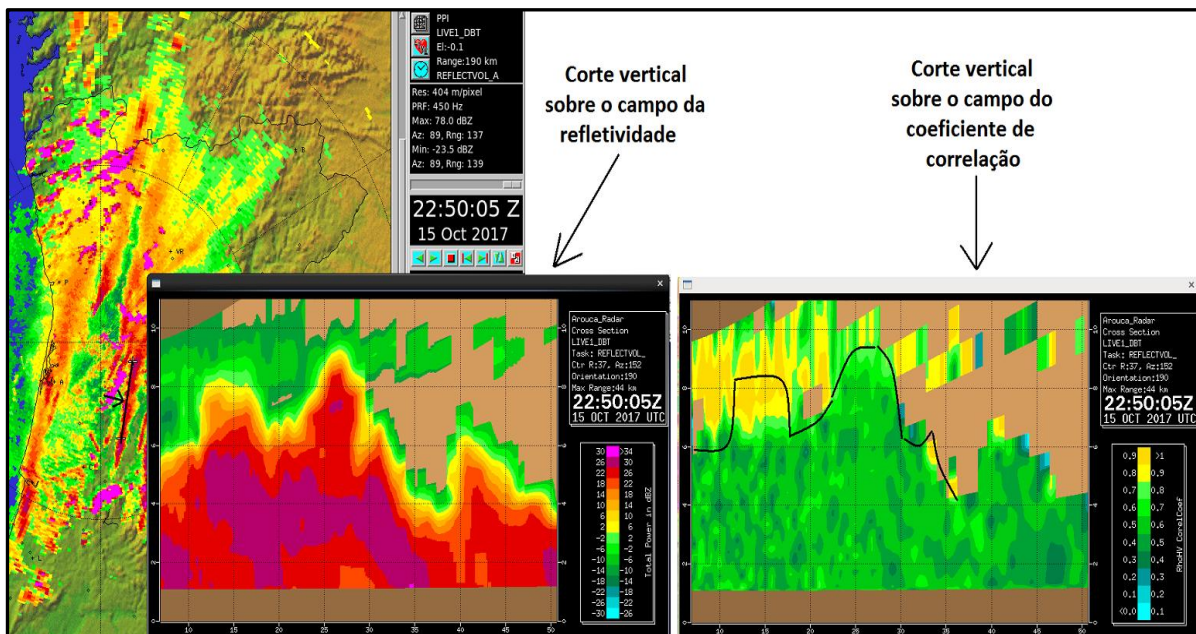
Nº de Ordem	Data	Hora (UTC)	Lat (°)	Long (°)	Alt (m)
1	15 Out	11:30	40,55	-7,57	8500
2	15 Out	15:10	40,34	-8,18	9100
7	15 Out	17:10	40,04	-7,96	9200
16	15 Out	17:20	39,95	-8,87	6500
9	15 Out	17:30	40,33	-7,85	9000
9	15 Out	17:50	40,37	-7,83	9500
2	15 Out	22:50	40,57	-8,05	9800
9	16 Out	3:10	40,31	-7,80	7800

A capacidade de diagnóstico da presença de gelo ou de condensação significativa no topo deste tipo especial de nuvem constitui um tema bastante complexo e que o estado da arte ainda não fechou. Em face da necessidade de dar uma resposta útil foi efetuada uma abordagem baseada em observações com radar de polarização dupla.

O sistema de A/PG foi utilizado para apoiar o diagnóstico deste tipo de formações, no presente caso. Uma vez que a deteção do topo das massas nebulosas pode escapar ao radar, em virtude de os valores de refletividade dos referidos topos serem muito baixos, o diagnóstico é suscetível de alguns erros, difíceis de determinar. Mas deve ficar claro que em algumas situações, o radar poderá por exemplo, não diagnosticar a presença de gelo nos topos por ele observados e, um pouco acima, existir uma camada fina de partículas de gelo, que permanecem não detetadas.

De entre as várias grandezas processadas pelos sistemas de radar dotados de polarização dupla, a mais eficaz para efetuar a distinção entre alvos meteorológicos e não meteorológicos é o coeficiente de correlação ( $Rho_{hv}$ , ver Nota no Anexo VII). Este parâmetro apresenta tipicamente valores acima de 0.8 (80%) no caso de os alvos serem constituídos por hidrometeoros (ou misturas de hidrometeoros), mas valores substancialmente inferiores (tipicamente abaixo de 0.6-0.7) no caso de os alvos não serem meteorológicos, no presente caso, partículas de fumo (cinzas e outras).

Neste contexto foi efetuada a análise dos topos identificados na Tabela 1. Com base no diagnóstico baseado no parâmetro  $Rho_{hv}$ , foi possível identificar a presença de partículas de gelo e/ou água sobrefundida nos topos de todos os casos analisados com exceção dos correspondentes aos números de ordem 9 e 16. Apresenta-se, a título exemplificativo, o caso do desenvolvimento referenciado pelas 22:50UTC de 15 Outubro de 2017 (número de ordem 2, tabela I) com o topo mais elevado situado sobre o local de coordenadas 40,57 N; 8,05 W (Figura 29). Neste caso verifica-se a presença de gelo no topo da pluma convectiva, dada a presença de valores de coeficiente de correlação da ordem de, ou superiores a, 0.9.



**Figura 29** - Corte vertical sobre o campo de Z (dBZ, esquerda) e coeficiente de correlação,  $Rho_{hv}$  (adimensional, direita), 22:50UTC, 15 de outubro de 2017, radar de A/PG.

Segmento de corte e posição do observador, indicados em segmento e seta a preto (sobre imagem acessória). Topo aproximado da massa nebulosa, detetado por radar, indicado a segmento preto sobre campo  $Rho_{hv}$ . Escala vertical com discretização de 2 km.

Finalmente, faz-se notar que mediante as observações analisadas, não foi possível retirar uma conclusão definitiva sobre a contribuição que as condições meteorológicas terão desempenhado nas ativações que se materializaram nestes desenvolvimentos piroconvectivos. No entanto, nos casos ocorridos durante a noite, em particular, não se exclui a possibilidade de que circulações locais, potenciadas pela topografia, possam ter desempenhado algum papel de relevo.

---

## 5. Conclusões

A situação de bloqueio, determinada pela persistência de um vasto anticiclone, que se estendia pela região Atlântica adjacente à Península Ibérica, Europa Central e Norte de África, determinou condições meteorológicas de tempo muito quente e seco no território do Continente, entre 1 e 16 de outubro de 2017. A intensificação destas condições anómalas de 14 a 16 deste mês, reforçada pela intensificação do escoamento atmosférico veio a aumentar a severidade da situação meteorológica no contexto dos incêndios florestais. Nos pontos seguintes sintetizam-se os aspetos mais relevantes que foi possível estabelecer no presente documento:

- (I) evolução da situação meteorológica no período de 14 a 16 de outubro, que contribuiu para a intensificação da anomalia das condições meteorológicas;
- (II) influência do ciclone *Ophelia*;
- (III) implicações destas condições nos valores dos índices de risco de incêndio florestal;
- (IV) observações de plumas de incêndio efetuadas por radar e correspondente evolução;

### I

Evolução da situação meteorológica entre 14 e 16 de outubro:

- 1) Localização do núcleo principal do anticiclone sobre a região alpina e orientação meridional, a partir do dia 14, determinando um fluxo de sueste bem definido sobre o território do Continente;
- 2) Intensificação significativa do fluxo de sueste no dia 15, devido à progressão para este de um extenso vale depressionário, muito cavado e com orientação meridional, sobre o Atlântico, onde o ciclone *Ophelia* estava embebido;
- 3) Intensificação do transporte de uma massa de ar quente e seco proveniente do Norte de África nos dias 14 e 15, reforçando as características da massa de ar e estendendo-se a todo o território; no dia 15 foram ultrapassados os máximos absolutos da temperatura máxima do ar para outubro em muitos locais, em especial no litoral Centro;
- 4) Estrutura vertical da atmosfera, sobre o território, até ao início do dia 16, consistente com a presença de uma massa de ar quente e muito seca, estável e com nível de condensação por elevação tipicamente localizado acima de 3000m de altitude; à superfície, valores de temperatura do ar extremamente elevados (superiores a 30°C em muitos locais) e valores da humidade relativa do ar muito baixos (inferiores a 15% em alguns locais);
- 5) Bloqueio à propagação da perturbação frontal de 15 para 16 devido à intensificação do campo da pressão, quer a oeste, quer a este, da perturbação, criando condições diferenciadas entre o

---

litoral e o interior, nomeadamente com valores superiores da humidade relativa do ar e menor altitude do nível de condensação por elevação na faixa costeira;

6) Intrusão de ar extremamente seco em níveis médio-altos (4000-6000 m), generalizada a todo o território, a qual limitava desenvolvimentos convectivos; refletindo-se, na prática, na predominância de nebulosidade estratificada, sem grande capacidade precipitante, pelo que não ocorreu precipitação significativa na generalidade do território, até ao final da tarde de 16;

7) A partir da tarde e, de modo mais significativo, a partir da noite do dia 16, devido à aproximação de uma nova perturbação frontal ao litoral Oeste, verifica-se um avanço gradual para o interior do território da massa de ar húmido e instável associado à superfície frontal, caracterizada por elevado conteúdo em água precipitável (superior a 35mm), com a ocorrência de precipitação que foi mais expressiva na madrugada do dia 17.

## II

As perturbações introduzidas pelo ciclone *Ophelia* nas condições meteorológicas sobre o território foram mais notórias nos seguintes aspetos:

1) Intensificação do vento durante o dia 15, no período das horas centrais do dia, em especial nas regiões do litoral oeste, coincidindo com o período de temperaturas mais elevadas e de menor humidade relativa do ar, tendo-se verificado um reforço do regime turbulento do escoamento, em especial naquelas regiões;

2) Contribuição para a advecção de ar quente e seco sobre o território do continente, reforçando a intensificação do fluxo de sul/sueste;

3) Contribuição para o aumento das condições de instabilidade, pelas alterações introduzidas na massa de ar quente e húmido da zona frontal;

4) Aumento do conteúdo em água precipitável, mas que só se traduziu em ocorrência de precipitação significativa para o final do dia 16 e madrugada de 17.

## III

A persistência de tempo quente e seco durante o mês de outubro associado à secura dos combustíveis e dos solos, contribuíram fortemente para os valores excepcionalmente elevados dos índices de perigo de incêndio. Durante o dia 15, a conjugação desfavorável dos referidos fatores meteorológicos, refletiu-se em valores extraordinariamente elevados dos índices de perigo e de risco de incêndio, como se indica:

1) Valores muito elevados do índice de seca, DC, no final no mês de outubro de 2017, no território do Continente, e dos valores da taxa de severidade diária (DSR), acumulados desde 1 de julho a qual, no dia 15 de outubro, atingiu o valor mais elevado desde 2003; estes valores exprimem bem a severidade da época de incêndios florestais de 2017;

No dia 15 de outubro, o índice de propagação inicial, ISI, no território do Continente, atingiu um valor muito elevado, superior ao percentil 90, refletindo grande severidade das condições meteorológicas relativas à propagação dos incêndios, com particular destaque para o vento, parâmetro a que este índice mostra muita sensibilidade;

2) O índice meteorológico de perigo de incêndio florestal, FWI, no Continente, com o valor de 59.2 atingiu, no dia 15, o seu valor mais alto desde 1999, revelando a extrema dificuldade para supressão de incêndios florestais;

3) Em conformidade com estes índices, os índices de risco disseminados pelo IPMA apresentaram valores muito elevados, ou máximos, para quase todo o território. Assim, o Índice Meteorológico Combinado de Risco de Incêndio Florestal (ICRIF) para o limiar igual ou superior a 25 (IOT25) apresentou, no dia 15, valores superiores ao percentil 95 na quase totalidade dos concelhos do Continente; o Risco Conjuntural e Meteorológico (RCM) atingiu no dia 15, a classe de risco mais elevada (admitida para cada concelho) em todos os concelhos, variando as classes de risco de Elevado a Máximo em todo o território.

## IV

Neste ambiente meteorológico, caracterizado pela coexistência de calor, seca e vento, a soprar, por vezes, em regime turbulento, foi manifesto o aparecimento de plumas de fumo, suscetíveis de serem detetadas por radar meteorológico. Relativamente à deteção destas plumas de incêndio, que foi tentada para o período compreendido entre as 05UTC do dia 15 e as 00UTC do dia 17, foi possível retirar algumas conclusões:

1) Foi identificado um total de 31 plumas de incêndio, todas no período compreendido entre as 05UTC do dia 15 e as 00UTC do dia 16;

2) Das 31 plumas de incêndio identificadas, 8 (cerca de 25%) foram detetadas (pela primeira vez) no período 05-12UTC, situando-se no interior do território; 19 (mais de 60% do total) foram detetadas (pela primeira vez) no curto período 12-16 UTC, situando-se maioritariamente nas regiões do litoral Norte e Centro;

3) Neste período observacional, foram identificadas oito situações em que os desenvolvimentos piroconvectivos assumiram particular relevância (topos situados acima de 4500m de altitude);

4) Das 8 situações em que houve desenvolvimento piroconvectivo relevante, sete foram observadas durante o dia 15 e uma já durante a madrugada do dia 16; em cinco destas situações foi

observada a presença de partículas de água e/ou gelo nos correspondentes topos, o que configurou a formação de pirocúmulo.



---

## Bibliografia e Referências Bibliográficas

D., 1990: Radar in Meteorology: Battan Memorial and 40th Anniversary Radar Meteorology Conference. American Meteorological Society, 806 pp

Doviak, R., Zrnic, D., 1984: Doppler Radar and Weather Observations. NOAA and UEEM. Academic Press, 458 pp

Lareau, N., Clements, C., 2016: Environmental controls on pyrocumulus and pyrocumulonimbus initiation and development. Atmos. Chem. Phys., 16, 4005-4022

Luderer, G., Trentmann, J., Winterrath, T., Textor, C., Herzog, M., Graf, H. F., and Andreae, M. O., 2006: Modeling of biomass smoke injection into the lower stratosphere by a large forest fire (Part II): sensitivity studies, Atmos. Chem. Phys., 6, 5261–5277

Luderer, G., Trentmann, J., and Andreae, M. O., 2009: A new look at the role of fire-released moisture on the dynamics of atmospheric pyro-convection, Int. J. Wildland Fire, 18, 554–562

[1] “Boletim Climatológico de Outubro de 2017”, Divisão de Clima e Alterações Climáticas, DivCA, IPMA.  
<http://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1>

[2] “Relatório da Comissão Técnica de Acompanhamento da Situação de Seca”, 15 de outubro de 2017.  
<http://www.gpp.pt/index.php/monitorizacao-da-seca/impacto-da-seca>

[3] “Apoio Meteorológico na Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais”, relatório de outubro de 2017, Divisão de Previsão Meteorológica, Vigilância e Serviços Espaciais, DivMV e Divisão de Clima e Alterações Climáticas, DivCA, IPMA.  
<http://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=met&cmbTema=fog&idDep=met&idTema=fog&curAno=-1>

[4] “Condições meteorológicas associadas ao incêndio de Pedrogão Grande de 17 de junho de 2017”, relatório 30 de junho 2017, Divisão de Previsão Meteorológica, Vigilância e Serviços Espaciais, DivMV e Divisão de Clima e Alterações Climáticas, DivCA, IPMA.

[5] “Análise detalhada da evolução da pluma de incêndio, Incêndio de Pedrogão Grande, Contribuição para Relatório da ADAI”, 4 de agosto de 2017, Divisão de Previsão Meteorológica, Vigilância e Serviços Espaciais, DivMV e Divisão de Clima e Alterações Climáticas, DivCA, IPMA.

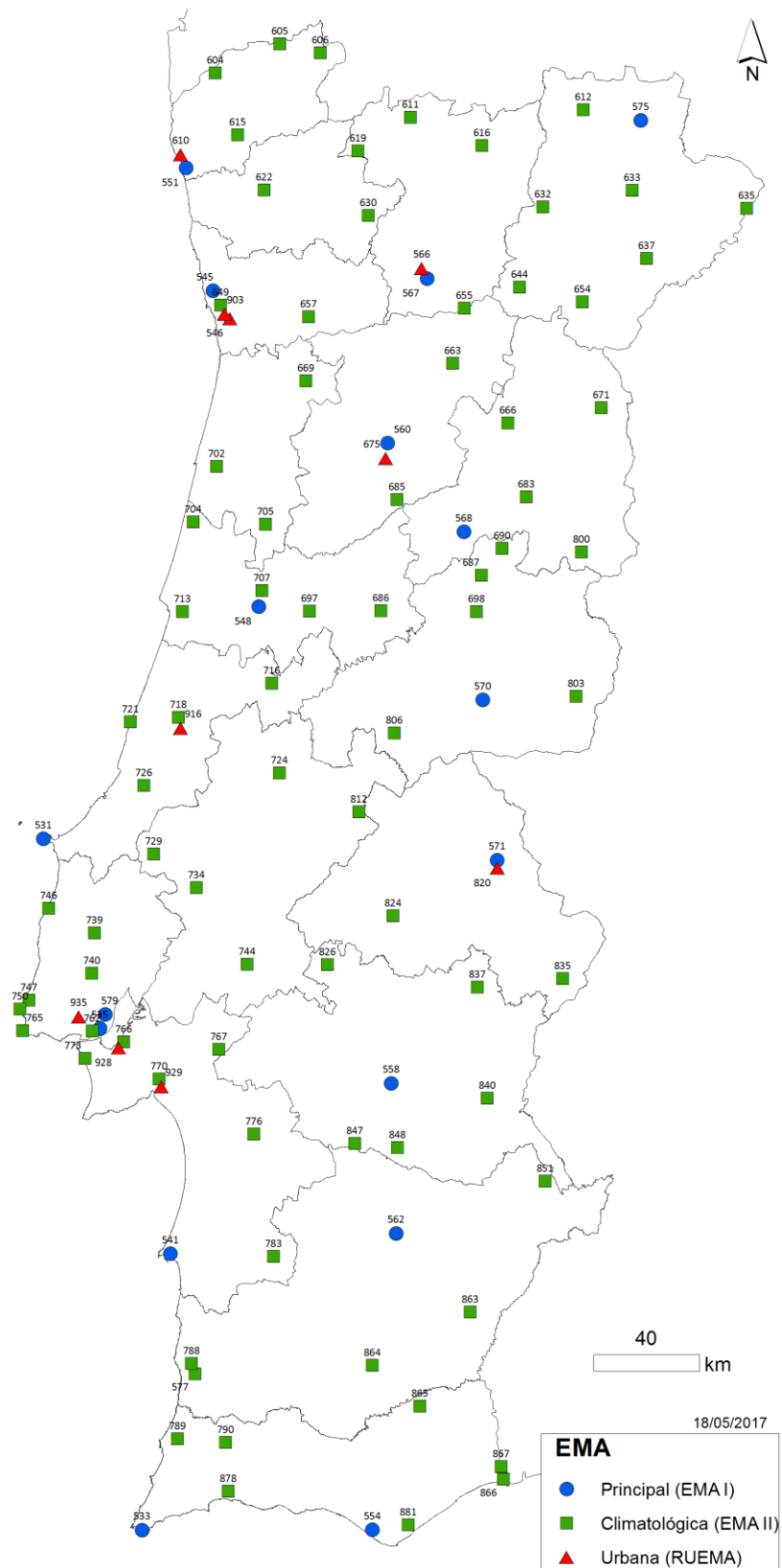
World Meteorological Organization (WMO): International Cloud Atlas

<https://cloudatlas.wmo.int/>

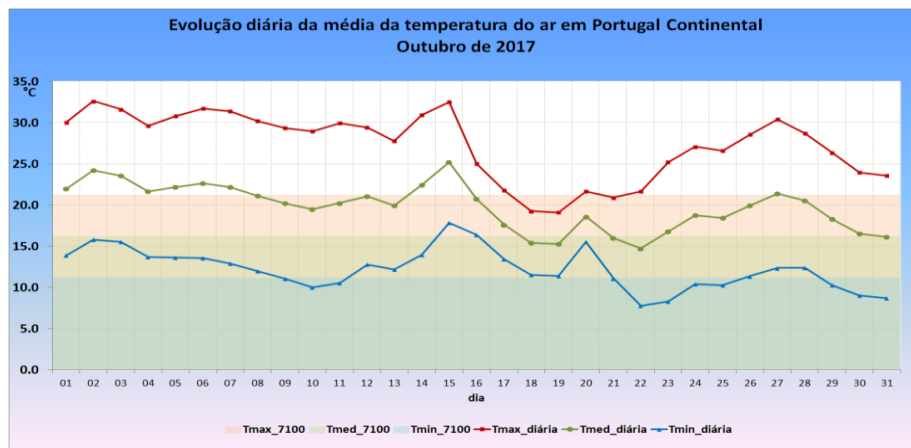
# **ANEXO I**

## **Mapa da Rede EMA do IPMA Valores Médios no Continente de Temperatura, Humidade Relativa e Vento em Outubro de 2017**

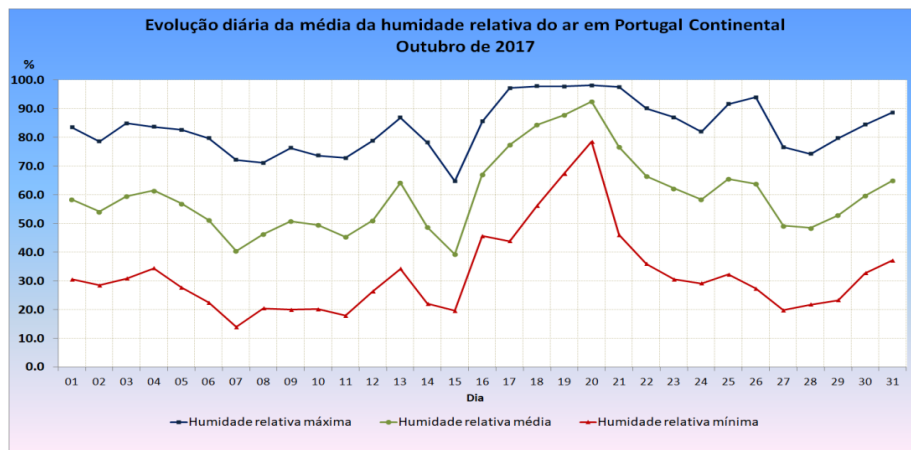
NEst	NomeEstaca	Lat_dec	Lon_dec	Altitu
531	Cabo Carvoeiro / Farol	39.361	-9.407	32
533	Sagres / Quartel da Marinha	37.013	-8.949	25
535	Lisboa / Geofísico	38.719	-9.15	77
541	Sines - Monte Chãos	37.955	-8.838	103
545	Porto - Pedras Rubras	41.232	-8.679	69
546	Porto - Serra do Pilar	41.139	-8.602	93
548	Coimbra / Aeródromo	40.458	-8.469	171
551	Viana do Castelo - Chafé	41.649	-8.805	48
554	Faro / Aeroporto	37.017	-7.972	8
558	Évora / Aeródromo	38.537	-7.888	246
560	Viseu / Aeródromo	40.715	-7.896	636
562	Beja	38.026	-7.867	246
566	Vila Real / Cidade	41.309	-7.741	481
567	Vila Real / Aeródromo	41.274	-7.717	561
568	Penhas Douradas / Observatório	40.411	-7.559	1380
570	Castelo Branco	39.839	-7.479	386
571	Portalegre	39.294	-7.421	597
575	Bragança	41.804	-6.743	690
577	Odemira - S. Teotónio	37.547	-8.729	76
579	Lisboa - Gago Coutinho	38.766	-9.127	104
604	Vila Nova de Cerveira / Aeródrom	41.973	-8.676	34
605	Monção - Valinha	42.073	-8.381	80
606	Lamas de Moura	42.043	-8.199	880
610	Viana do Castelo / Cidade	41.695	-8.83	18
611	Montalegre	41.823	-7.788	1005
612	Vinhais	41.843	-7.003	773
615	Ponte de Lima / Escola Agrícola	41.764	-8.571	40
616	Chaves / Aeródromo	41.725	-7.465	360
619	Cabril - S. Lourenço	41.71	-8.027	585
622	Braga - Merelim	41.576	-8.451	65
630	Cabeceiras de Basto	41.489	-7.38	350
632	Mirandela	41.515	-7.191	250
633	Macedo de Cavaleiros - Izeda-Mora	41.568	-6.787	702
635	Miranda do Douro	41.499	-6.272	693
637	Mogadouro	41.335	-6.726	644
644	Carrazêda de Ansães	41.243	-7.299	715
649	Porto - S.Gens	41.184	-8.644	90
654	Moncorvo	41.19	-7.019	600
655	Pinhão	41.173	-7.549	130
657	Luzim	41.146	-8.249	250
663	Moimenta da Beira	40.986	-7.604	715
666	Trancoso / Bandarra	40.781	-7.357	840
669	Arouca	40.927	-8.261	270
671	Figueira de Castelo Rodrigo - V.Tor	40.83	-6.941	635
675	Viseu / Cidade	40.663	-7.904	443
683	Guarda	40.529	-7.279	1020
685	Nelas	40.523	-7.855	425
686	Pampilhosa da Serra	40.146	-7.927	890
687	Covilhã	40.264	-7.482	482
690	Aldeia Souto - Quinta Lageosa	40.354	-7.389	468
697	Lousã - Aeródromo	40.144	-8.244	195
698	Fundão	40.141	-7.504	493
702	Aveiro / Universidade	40.635	-8.86	5
704	Dunas de Mira	40.446	-8.762	14
705	Anadia / Estação Vitivinícola da Ba	40.439	-8.44	45
707	Coimbra - Bencanta	40.213	-8.455	35
713	Figueira da Foz - Vila Verde	40.14	-8.806	4
716	Ansião	39.898	-8.41	405
718	Leiria / Aeródromo	39.781	-8.821	45
721	São Pedro de Moel	39.764	-9.031	40
724	Tomar - Vale Donas	39.592	-8.374	75
726	Alcobaça / Estação Fruticultura Vie	39.548	-8.969	38
729	Rio Maior / ETAR	39.314	-8.924	69
734	Santarém - Fonte Boa / Est. Zooté	39.201	-8.737	73
739	Torres Vedras - Dois Portos	39.044	-9.179	110
740	Loures - Montachique	38.906	-9.188	227
744	Coruche / Estação de Regadio (INA	38.942	-8.513	25
746	Santa Cruz / Aeródromo	39.126	-9.379	38
747	Colares	38.813	-9.46	25
750	Cabo da Roca	38.782	-9.498	142
762	Lisboa - Tapada da Ajuda	38.71	-9.183	62
765	Cabo Raso / Farol	38.709	-9.485	9
766	Barreiro - Lavradio	38.674	-9.048	6
767	Pegões	38.651	-8.655	64
770	Setúbal / Estação de Fruticultura	38.548	-8.891	35
773	Almada - Praia da Rainha	38.617	-9.213	7
776	Alcácer do Sal - Barrosinha	38.364	-8.482	29
783	Alvalade	37.947	-8.394	61
788	Zambujeira	37.582	-8.743	67
789	Aljezur	37.325	-8.802	16
790	Foia	37.314	-8.596	902
800	Sabugal - Martim Rei	40.339	-7.037	858
803	Zebreira	39.85	-7.069	374
806	Proença-a-Nova - Moitas	39.729	-7.871	379
812	Alvega	39.461	-8.027	51
820	Portalegre / Cidade	39.268	-7.421	376
824	Avis - Benavila	39.107	-7.878	150
826	Mora	38.941	-8.164	110
835	Elvas / Est. Melhoramento Plantas	38.89	-7.141	208
837	Estremoz - Techocas	38.862	-7.513	366
840	Reguengos - S. Pedro do Corval	38.485	-7.473	249
847	Viana do Alentejo	38.332	-8.046	202
848	Portel - Oriola	38.318	-7.861	205
851	Amareleja	38.201	-7.226	180
863	Mértola - Vale Formoso	37.758	-7.552	190
864	Castro Verde - Neves Convo	37.577	-7.972	225
865	Alcoutim - Martim Longo	37.438	-7.769	290
866	Vila Real de S. Antonio	37.187	-7.416	11
867	Castro Marim / Reserva Nacional d	37.23	-7.425	5
878	Portimão / Aeródromo	37.147	-8.583	24
881	Olhão / EPP0	37.033	-7.821	7
903	Porto - Massarelos	41.153	-8.626	74
916	Leiria / Cidade	39.744	-8.81	42
928	Barreiro	38.654	-9.067	15
929	Setúbal	38.524	-8.881	32
935	Amadora	38.758	-9.242	143



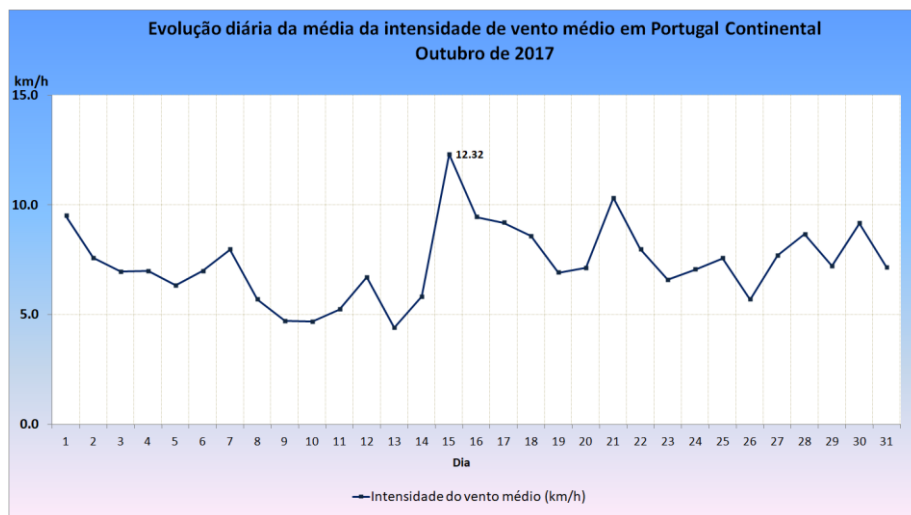
Mapa: Rede de estações meteorológicas automáticas (EMA) de 2017



(a)



(b)



(c)

Figura A1.1- Valores médios no Continente de 1 a 31 de outubro de 2017 da temperatura, humidade relativa e intensidade do vento.

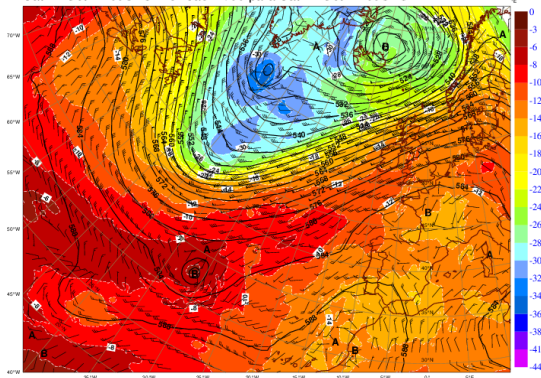
(a) Temperatura máxima (vermelho, °C), média (verde, °C) e mínima (azul, °C) e comparação com os valores normais de 1971-2000 (a sombreado, cor), (b) humidade relativa máxima (% a azul), média (% a verde) e mínima (% a vermelho), (c) Intensidade do vento médio (km/h a azul).

## **ANEXO II**

**Cartas e Produtos do Modelo de Numérico de Previsão do Tempo do  
ECMWF, 14 - 17 de Outubro 2017.**

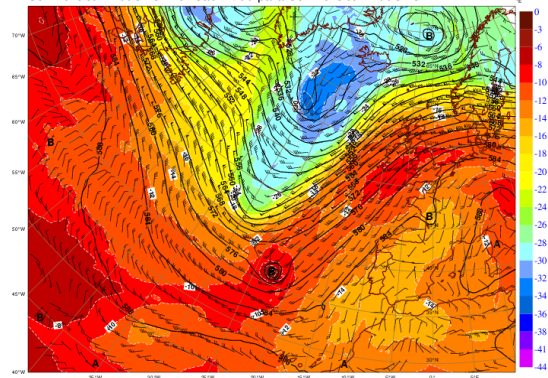


ECMWF: Geopotencial (dampp), temperatura (°C) e vento (kt) aos 500hPa  
Sat 14 Oct 17 00UTC Previsão H+00 para Sat 14 Oct 17 00UTC



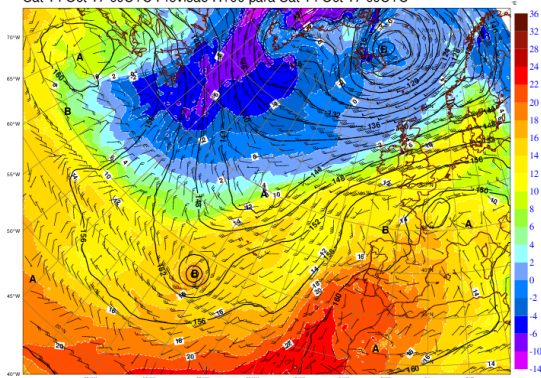
(a)

ECMWF: Geopotencial (dampp), temperatura (°C) e vento (kt) aos 500hPa  
Sun 15 Oct 17 00UTC Previsão H+00 para Sun 15 Oct 17 00UTC



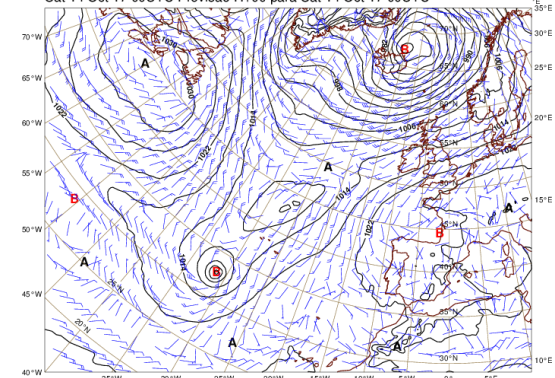
(b)

ECMWF: Geopotencial (dampp), temperatura (°C) e vento (kt) aos 850hPa  
Sat 14 Oct 17 00UTC Previsão H+00 para Sat 14 Oct 17 00UTC



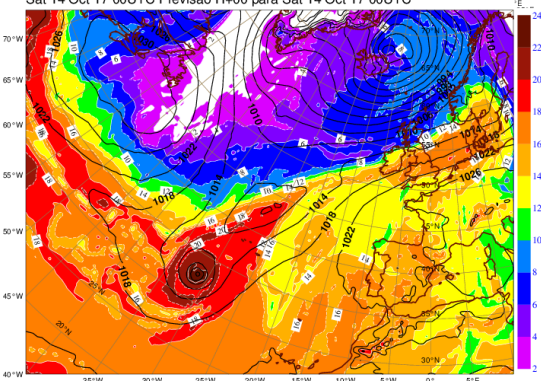
(c)

ECMWF: Pressão ao n.m.m. (hPa) e vento a 10m (kt)  
Sat 14 Oct 17 00UTC Previsão H+00 para Sat 14 Oct 17 00UTC



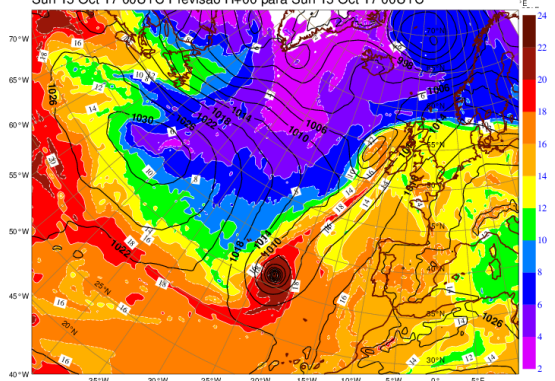
(d)

ECMWF: TetaSW aos 850hPa (°C) e pressão ao n.m.m. (hPa)  
Sat 14 Oct 17 00UTC Previsão H+00 para Sat 14 Oct 17 00UTC



(e)

ECMWF: TetaSW aos 850hPa (°C) e pressão ao n.m.m. (hPa)  
Sun 15 Oct 17 00UTC Previsão H+00 para Sun 15 Oct 17 00UTC



(f)

Figura AII.1– Análise do modelo do ECMWF das 00UTC de 14 e 15 de outubro de 2017

Campo do geopotencial (isolinhas em intervalos de 4dampp - a preto), temperatura (em °C - a sombreado) e vento (em kt) aos 500 hPa, (a) válido às 00UTC de 14, (b) válido às 00UTC de 15, (c) campo geopotencial (isolinhas em intervalos de 4dampp - a preto), temperatura (em °C - a sombreado) e vento (em kt) aos 850hPa válido às 00UTC de 14, (d) campo da pressão ao nível médio do mar (p.m.m, isolinhas 4 em 4 hPa), intensidade e direção do vento aos 10 m (azul barbelas, kt) válido às 00UTC de 14, campo da pseudo-temperatura potencial do termómetro molhado (°C) aos 850hPa e pressão ao nível médio do mar (linha a preto, isóbaras em intervalos de 4 hPa), (e) válido às 00UTC de 14, (f) válido às 00UTC de 15.

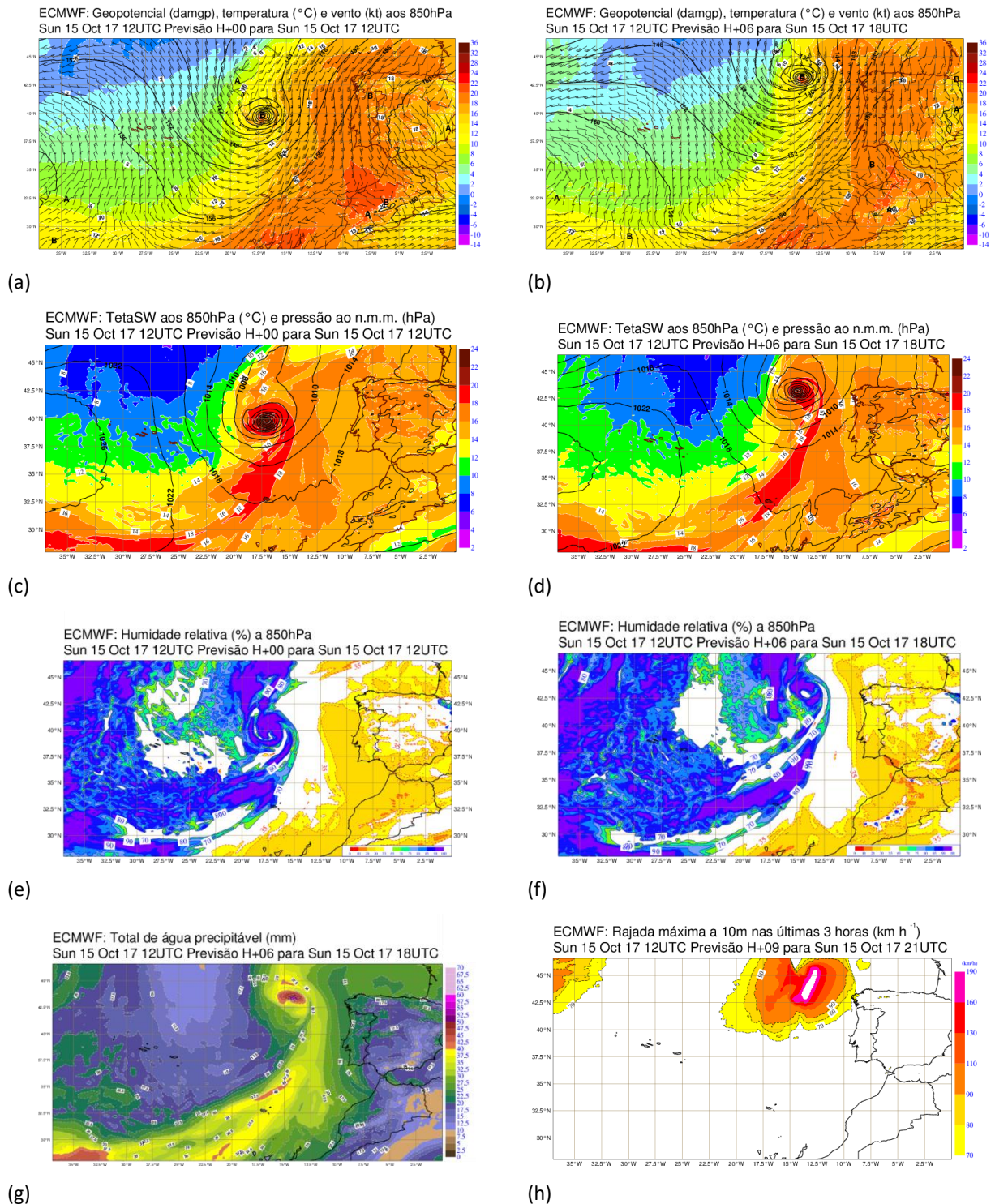


Figura AII.2 – Previsão H+00 e H+06 e H+09 do modelo do ECMWF de 15 de outubro de 2017 das 12UTC Campo do geopotencial (isolinhas em intervalos de 4damgp - a preto), temperatura (em °C - a sombreado) e vento (em kt) aos 850hPa, (a) válido às 12UTC, (b) válido às 18UTC, campo da pseudo-temperatura potencial do termómetro molhado (°C) aos 850hPa e pressão ao nível médio do mar (linha a preto, isóbaras em intervalos de 4 hPa), (c) válido às 12UTC, (d) válido às 18UTC, campo da humidade relativa (%) aos 850hPa, (e) válido às 12UTC, (f) válido às 18UTC, (g) água precipitável total (mm) válido às 18UTC, (h) rajada máxima prevista superior a 70 kt entre as 18 e as 21UTC.



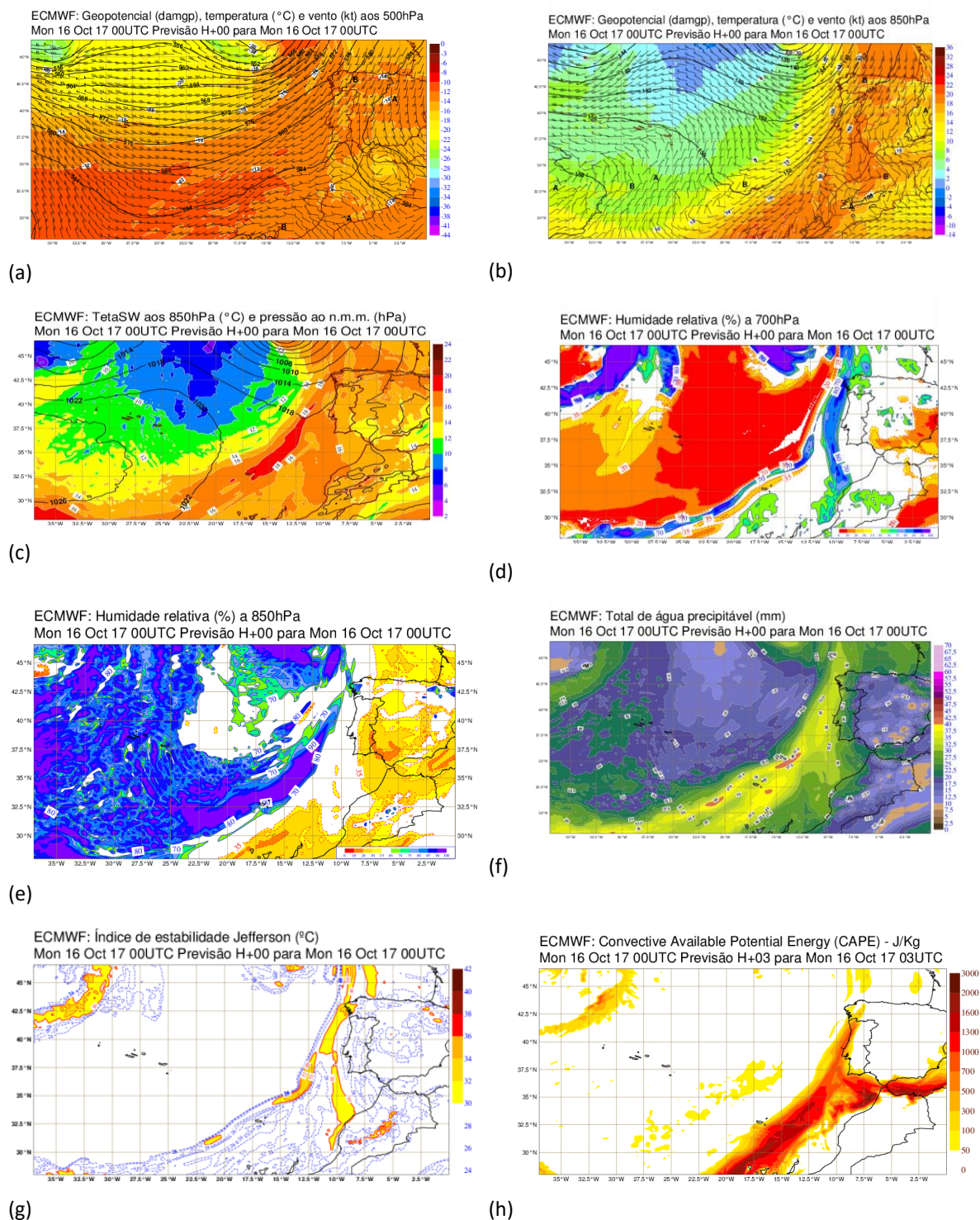


Figura AII.3 – Previsão H+00 do modelo do ECMWF de 16 de outubro de 2017 das 00UTC.

Campo do geopotencial (isolinhas em intervalos de 4dampp - a preto), temperatura (em °C - a sombreado) e vento (em kt), (a) aos 500hPa válido às 00UTC, (b) aos 850hPa válido às 00UTC, (c) campo da pseudo-temperatura potencial do termómetro molhado (°C) aos 850hPa e pressão ao nível médio do mar (linha a preto, isóbaras em intervalos de 4 hPa) válido às 00UTC, (d) campo humidade relativa (%) aos 700hPa válido às 00UTC, (e) campo humidade relativa (%) aos 850hPa válido às 00UTC, (f) água precipitável total (mm) válido às 00UTC, (g) índice de estabilidade Jefferson (°C) válido às 00UTC, (h) índice CAPE (J/kg) previsão H+3 válido às 03UTC.

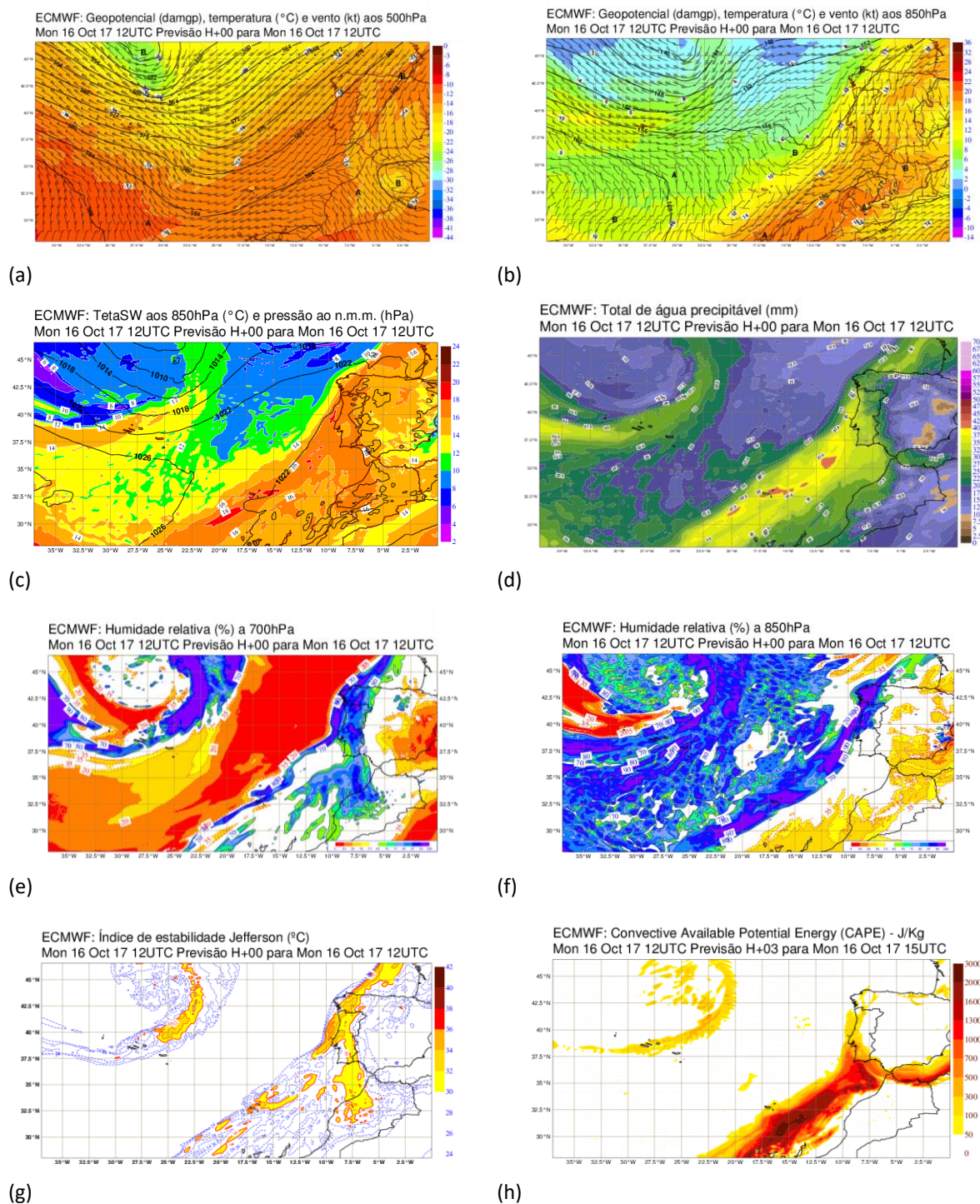
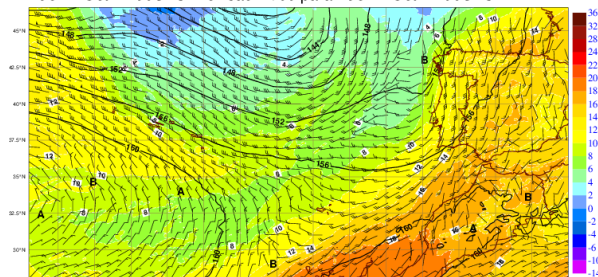


Figura AII.4 – Previsão H+00 do modelo do ECMWF de 16 de outubro de 2017 das 12UTC

(a) Campo do geopotencial (isolinhas em intervalos de 4damgp - a preto), temperatura (em °C - a sombreado) e vento (em kt) aos 500hPa válido às 12UT, (b) Campo do geopotencial (isolinhas em intervalos de 4damgp - a preto), temperatura (em °C - a sombreado) e vento (em kt) aos 850hPa válido às 12UTC aos 850hPa, (c) campo da pseudo-temperatura potencial do termómetro molhado (°C) aos 850hPa e pressão ao nível médio do mar (linha a preto, isóbaras em intervalos de 4hPa) válido às 12UTC, (d) água precipitável total (mm) válida às 12UTC, (e) campo humidade relativa (%) aos 700hPa válido às 12UTC, (f) campo humidade relativa (%) aos 850 hPa válido às 12UTC, (g) índice de estabilidade Jefferson (°C) válido às 12UTC válido às 00UTC, (h) índice CAPE (J/kg) previsão H+3 válido às 15UTC.

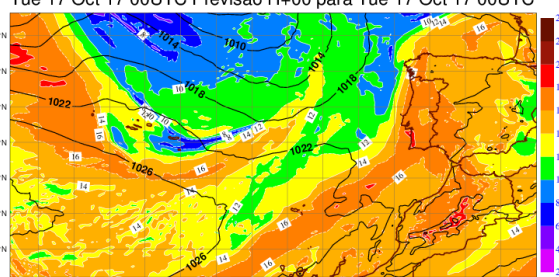


ECMWF: Geopotencial (damgp), temperatura (°C) e vento (kt) aos 850hPa  
Tue 17 Oct 17 00UTC Previsão H+00 para Tue 17 Oct 17 00UTC



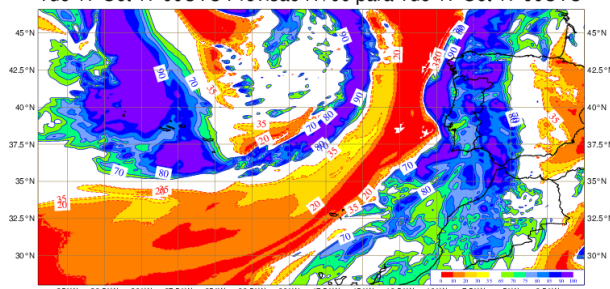
(a)

ECMWF: TetaSW aos 850hPa (°C) e pressão ao n.m.m. (hPa)  
Tue 17 Oct 17 00UTC Previsão H+00 para Tue 17 Oct 17 00UTC



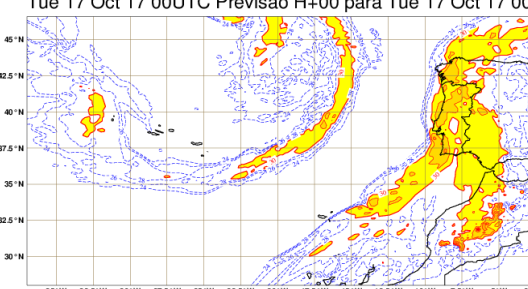
(b)

ECMWF: Humidade relativa (%) a 700hPa  
Tue 17 Oct 17 00UTC Previsão H+00 para Tue 17 Oct 17 00UTC



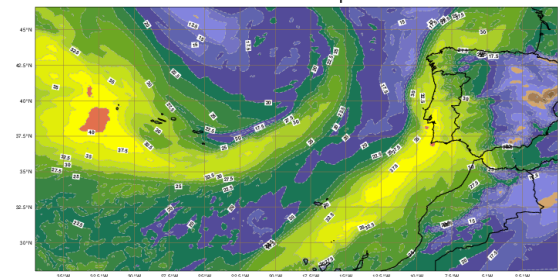
(c)

ECMWF: Índice de estabilidade Jefferson (°C)  
Tue 17 Oct 17 00UTC Previsão H+00 para Tue 17 Oct 17 00L



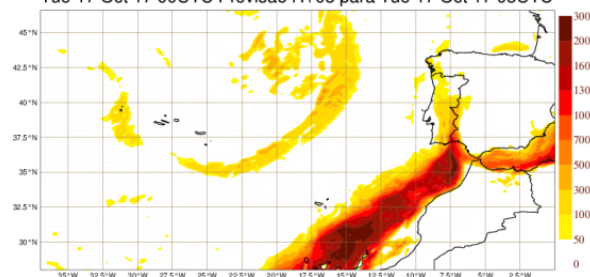
(d)

ECMWF: Total de água precipitável (mm)  
Tue 17 Oct 17 00UTC Previsão H+00 para Tue 17 Oct 17 00UTC



(e)

ECMWF: Convective Available Potential Energy (CAPE) - J/Kg  
Tue 17 Oct 17 00UTC Previsão H+03 para Tue 17 Oct 17 03UTC



(f)

Figura AII.5 – Previsão H+00 do modelo do ECMWF de 17 de outubro de 2017 das 00UTC.

(a) Campo do geopotencial (isolinhas em intervalos de 4damgp- a preto), temperatura (em °C - a sombreado) e vento (em kt) aos 850hPa, válido às 00UTC, (b) campo da pseudo-temperatura potencial do termómetro molhado (°C) aos 850hPa e pressão ao nível médio do mar (linha a preto, isóbaras em intervalos de 4hPa válido às 00UTC, (c) campo humidade relativa (%) aos 700hPa válido às 00UTC, (d) índice de estabilidade Jefferson (°C) válido às 12UTC, (e) água precipitável total (mm) válida às 00UTC, (f) índice CAPE (J/kg) previsão H+3 válido às 00UTC.



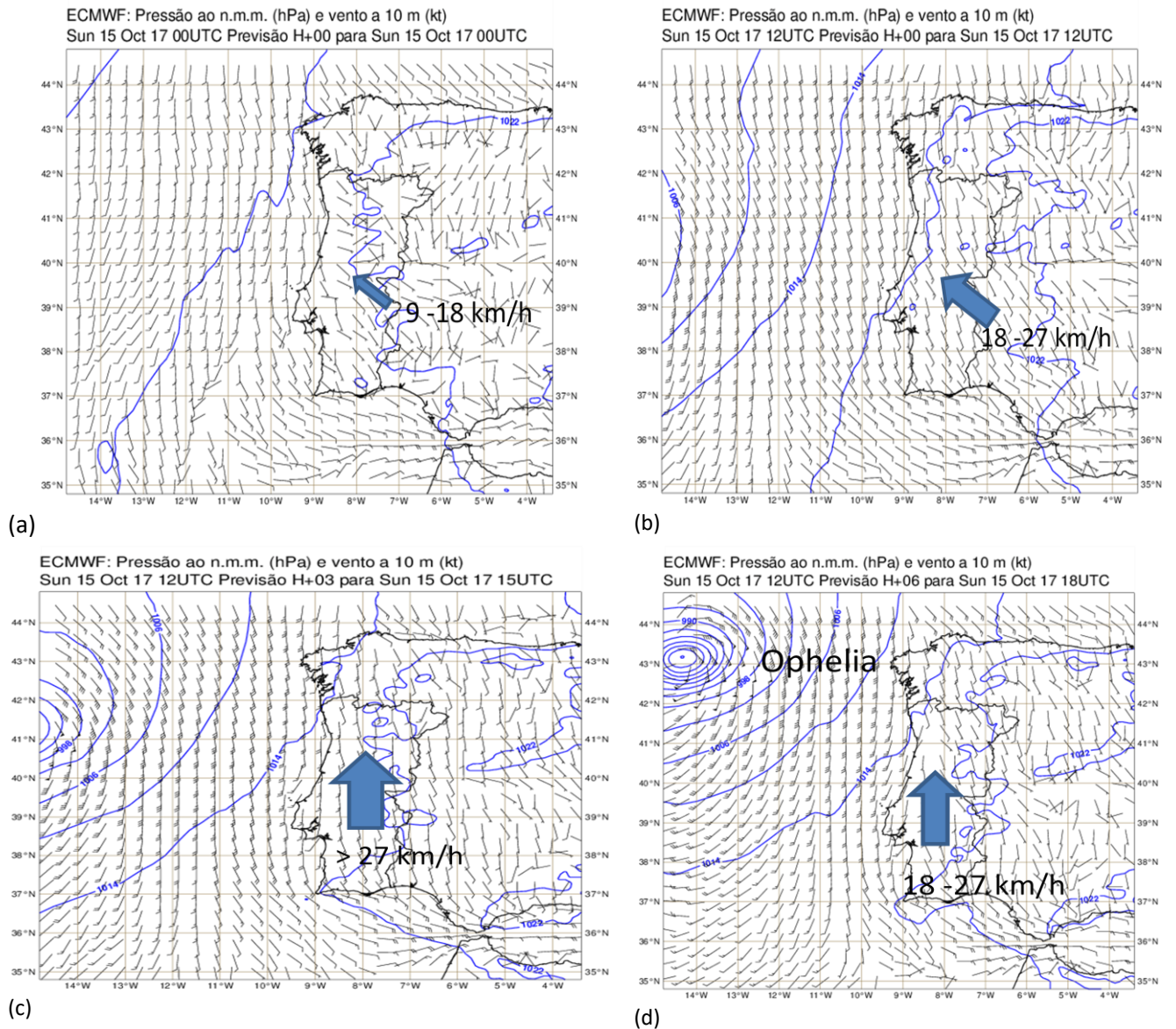


Figura AII.6 – Análise do campo da pressão ao nível médio do mar (isóbaras de 4 em 4hPa) e do vento a 10 m (nós, barbe-las), do modelo do ECMWF, das 00UTC e das 12UTC de 15 de outubro de 2017; previsão do modelo das 12UTC de 15 de outubro de 2017.

(a) Análise válida para 15 de outubro de 2017 às 00UTC, (b) análise válida para 15 de outubro de 2017 às 12UTC, (c) previsão H+3 válida para o dia 15 de outubro de 2017 às 15UTC, (d) previsão H+6 válida para o dia 15 de outubro de 2017 às 18UTC → Fluxo atmosférico predominante.

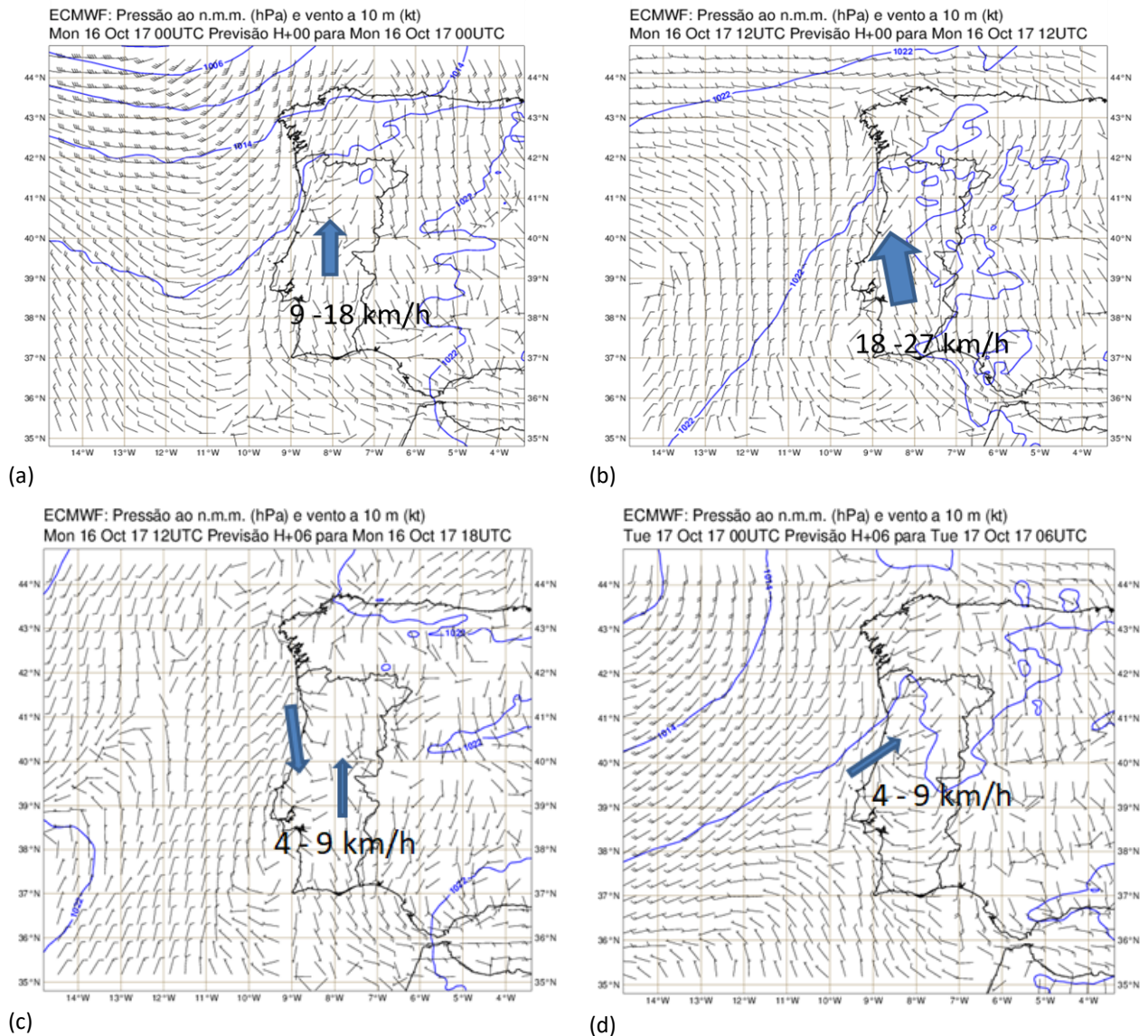

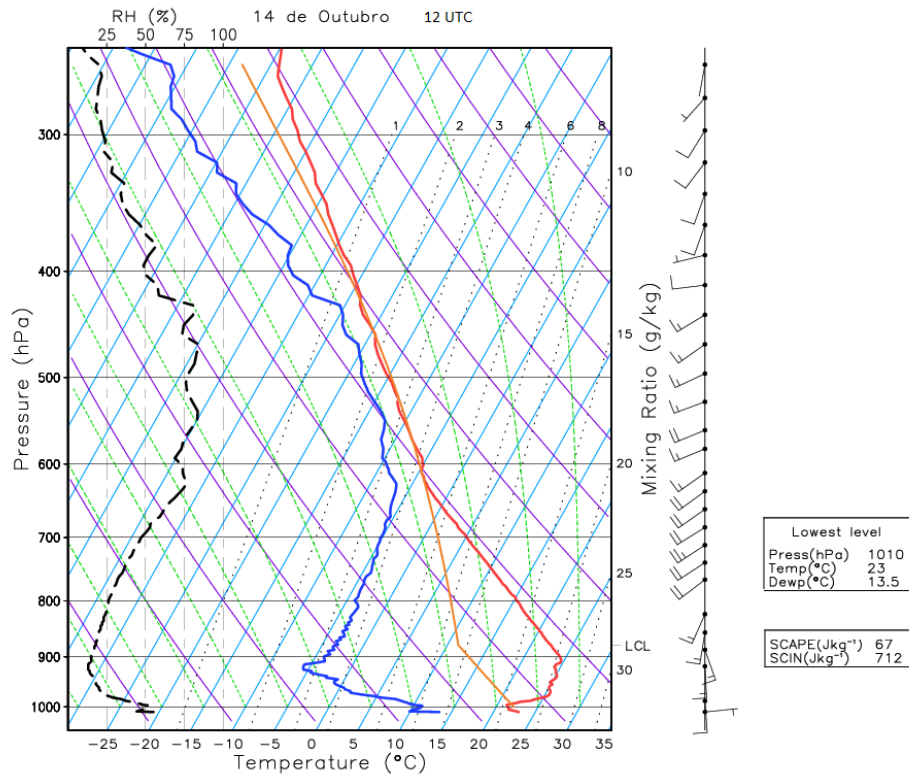


Figura AII.7 - Análise do campo da pressão ao nível médio do mar (isóbaras de 4 em 4hPa) e do vento a 10 m (nós, barbelas), do modelo do ECMWF, das 00UTC e das 12UTC de 16 de outubro de 2017; previsão do modelo das 12UTC de 16 de outubro de 2017.

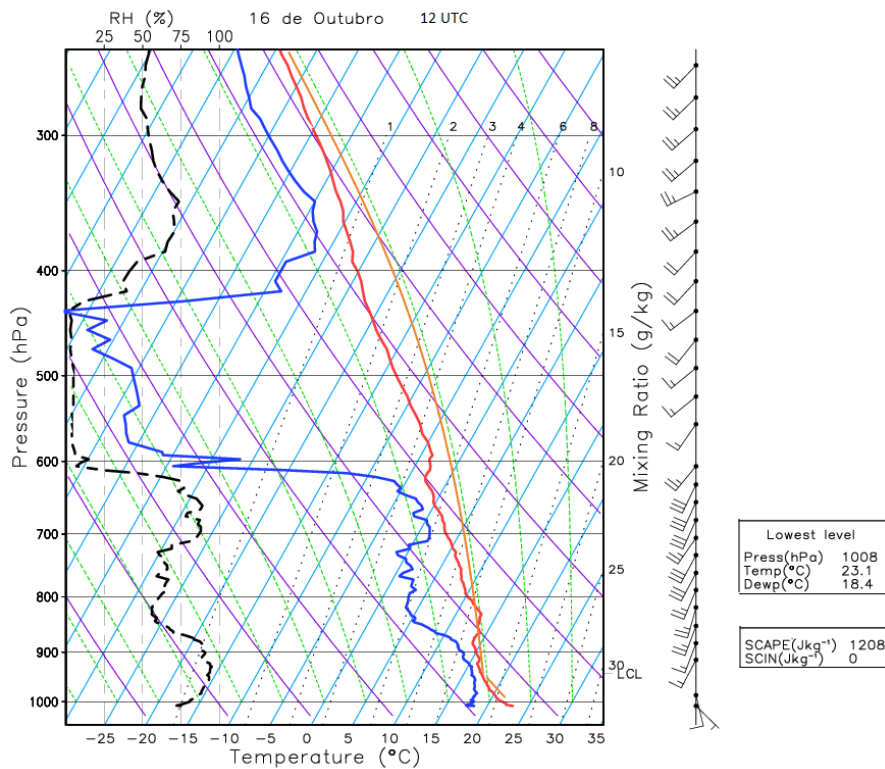
(a) Análise válida para 16 de outubro de 2017 às 00UTC, (b) análise válida para 16 de outubro de 2017 às 12UTC, (c) previsão H+6 válida para o dia 16 de outubro de 2017 às 18UTC, (d) previsão H+6 do modelo das 00UTC do dia 17 de outubro de 2017, válida para o dia 17 de outubro de 2017 às 06UTC  Fluxo atmosférico predominante

## **ANEXO III**

### **Observações Aerológicas Lisboa/GC; Perfis Verticais (Viseu) do Modelo do ECMWF**



(a)



(b)

Figura AIII.1 – Observação aerológica na estação Lx/GC.

(a) Dia 14 de outubro de 2017 às 12UTC (b) dia 16 de outubro de 2017 às 00UTC.

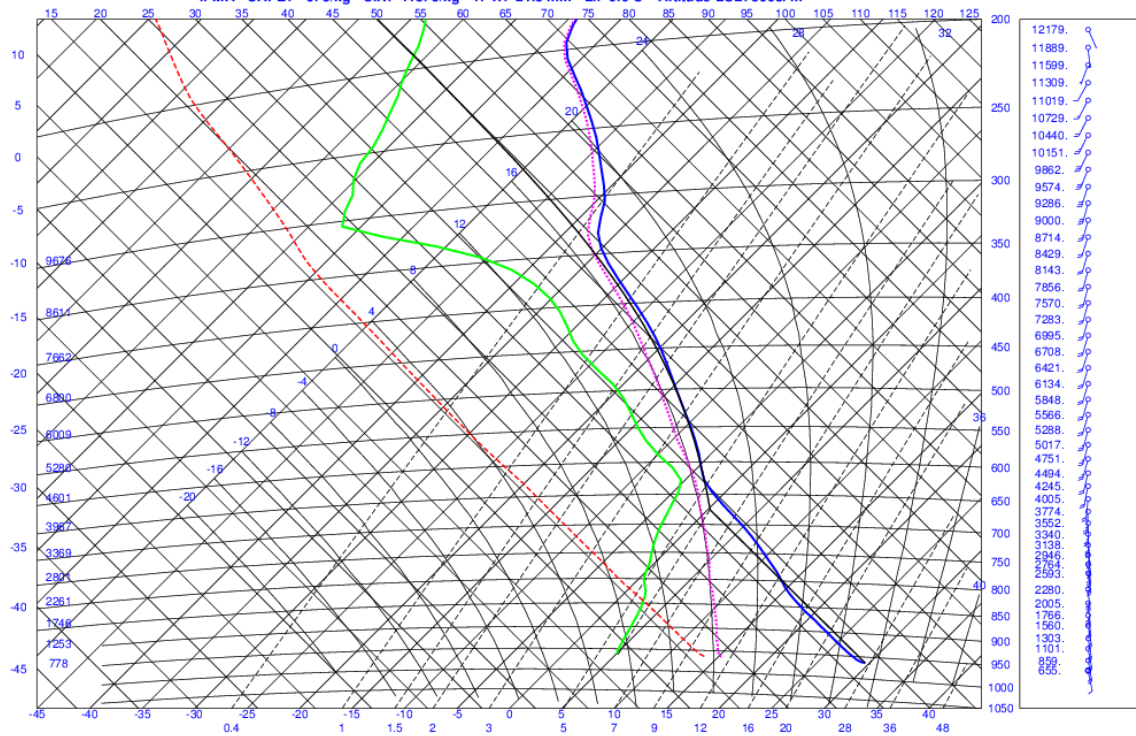


**SONDAGEM OBTIDA DO MODELO DO ECMWF: 20171015 12UTC PREVISAO PARA 20171015 AS 12UTC**

08560 VISEU-AEROD Coordenadas: 40 43N 7 52W Altitude: 644 m

ECMWF - CAPE:\*\*\*\*\* J/kg CIN:\*\*\*\*\* J/kg TPW: 21.7 mm

IPMA - CAPE: 9. J/kg CIN: -115. J/kg TPW: 21.8 mm LI: 0.0 C Altitude LCL: 3663. m



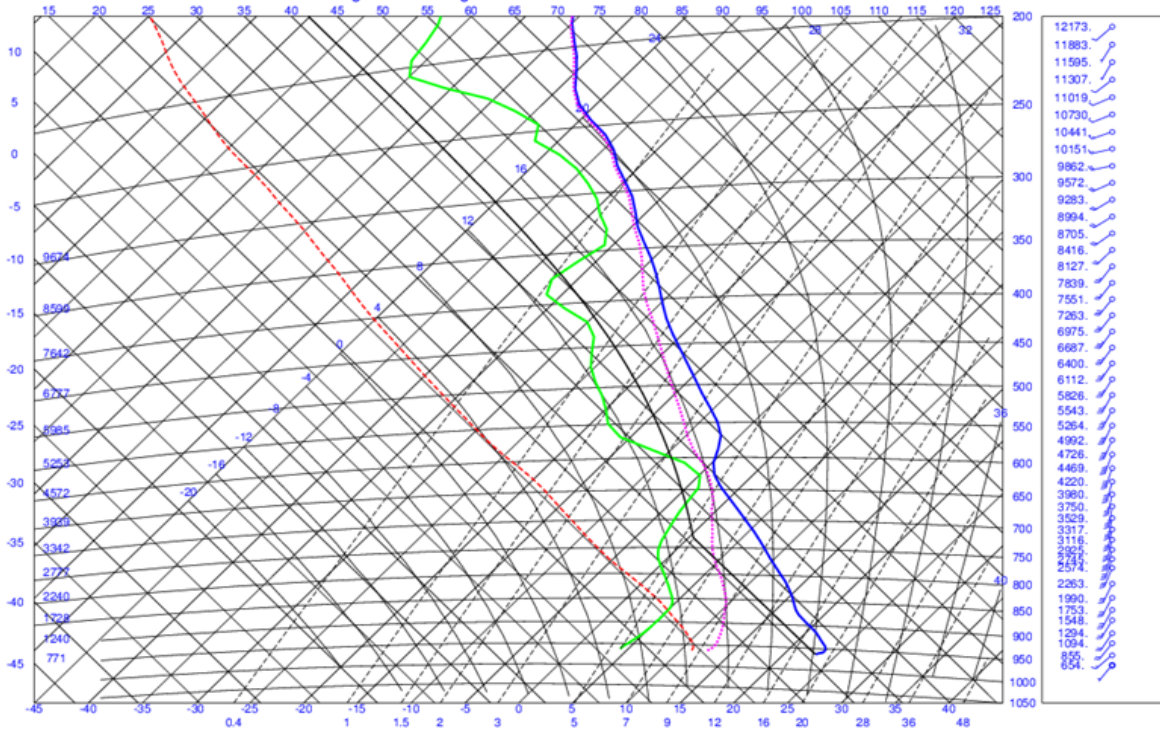
(a)

**SONDAGEM OBTIDA DO MODELO DO ECMWF: 20171016 00UTC PREVISAO PARA 20171016 AS 00UTC**

08560 VISEU-AEROD Coordenadas: 40 43N 7 52W Altitude: 644 m

ECMWF - CAPE:\*\*\*\*\* J/kg CIN:\*\*\*\*\* J/kg TPW: 22.1 mm

IPMA - CAPE:\*\*\*\*\* J/kg CIN:\*\*\*\*\* J/kg TPW: 22.1 mm LI: 5.3 C Altitude LCL: 2978. m



(b)

Figura AIII.2 – Perfil vertical com base nos dados do modelo do ECMWF no ponto de coordenadas de Viseu. (a) Válido para o dia 15 de outubro de 2017 às 12UTC, (b) válido para o dia 16 de outubro de 2017 às 00UTC.



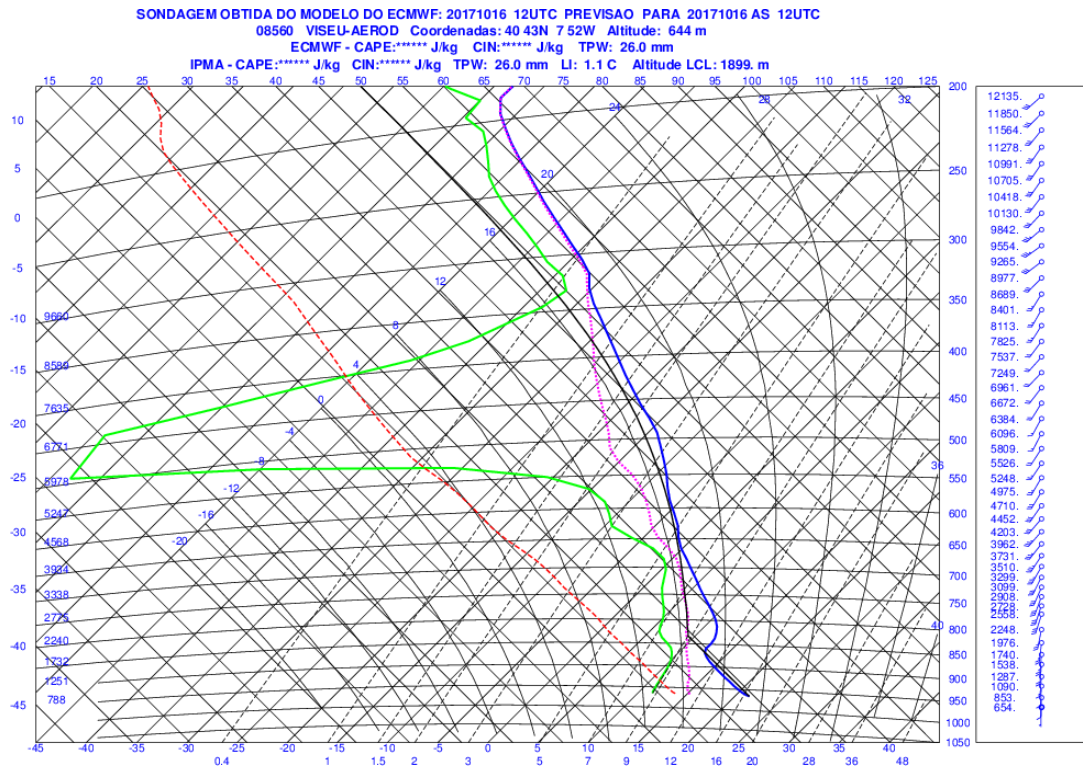


Figura AIII.3 – Perfil vertical com base nos dados do modelo do ECMWF no ponto de coordenadas de Viseu. Válido para o dia 16 de outubro de 2017 às 12UTC.

## **ANEXO IV**

**Os Maiores Valores de Vento Médio e de Rajada, Persistência de Vento Médio e Rajada, 15 - 17 de Outubro de 2017.**

**Tabela AIV.1 – os maiores valores de vento médio e de rajada por estação meteorológica  
15 a 17 de outubro de 2017**

Est Nº	Est.Meteo Nome	Vento médio (10 min)				Rajada máxima (10 min)			
		Max (km/h)	Rumo	Dia	hh_mm UTC	Max (km/h)	Rumo	Dia	hh_mm UTC
750	Cabo da Roca	57.2	149	15	18_30	80.6	161	15	18_40
790	Foía	50.0		15	07_00	66.2		15	07_40
568	Penhas Douradas	45.0	144	15	16_30	78.8	143	15	15_40
683	Guarda	34.9	158	15	12_20	68.4	169	15	14_50
637	Mogadouro	48.2	200	15	15_20	68.0	214	15	16_00
554	Faro / Aeroporto	40.0	103	16	09_10	50.0	101	16	09_40
739	Torres Vedras	40.3	198	15	14_20	60.5	208	15	14_00
704	Dunas de Mira	30.6	258	15	21_10	59.4	252	15	21_00
548	Coimbra	32.4	171	15	13_10	59.0	158	15	15_20
697	Lousã - Aeródromo	32.4	160	15	10_20	58.7	172	15	14_20
685	Nelas	36.4	219	16	01_00	55.4	208	16	01_40
713	Figueira da Foz	36.0	162	15	13_10	55.4	169	15	14_50
560	Viseu / Aeródromo	37.1	155	15	13_50	55.1	141	15	14_00
718	Leiria / Aeródromo	31.3	183	15	15_10	53.6	175	15	13_10
865	Alcoutim	32.0	145	16	11_40	51.1	129	16	12_20
744	Coruche	30.2	180	15	12_20	51.1	158	15	13_30
789	Aljezur	27.4	132	15	09_10	51.1	129	15	08_30
746	Santa Cruz	33.8	172	15	14_30	50.8	175	15	12_40
606	Lamas de Mouro	25.2	157	15	12_40	50.0	197	15	11_30
800	Sabugal	28.4	156	15	11_00	50.8	146	15	10_20
671	F. Castelo Rodrigo	34.6	157	15	12_40	50.4	152	15	12_40
545	Porto /PR	29.5	173	15	21_20	50.0	169	15	21_10
604	VN Cerveira	25.9	183	15	12_40	50.0	197	15	11_30
531	Cabo Carvoeiro	38.2	202	15	15_50	49.3	203	15	15_50
575	Bragança	33.1	173	15	16_40	49.7	180	15	16_30
726	Alcobaça	22.3	151	15	11_40	49.7	135	15	11_00
686	Pampilhosa Serra	38.5	165	15	00_00	48.6	169	15	00_10
847	Viana do Alentejo	33.1	164	15	12_00	48.6	158	15	12_30
840	Reguengos	31.7	146	15	14_10	48.6	130	15	14_10
666	Trancoso	30.6	145	15	15_50	48.6	158	15	15_50
724	Tomar - Vale Donas	27.4	165	15	15_10	48.2	158	15	15_10
734	Santarém	33.8	211	15	15_40	47.9	174	15	12_50
765	Cabo Raso / Farol	28.1	327	16	21_50	38.9	343	16	22_00
766	Barreiro - Lavradio	24.5	168	15	12_50	47.9	169	15	14_20
716	Ansião	20.2	165	15	13_40	47.9	163	15	15_50
562	Beja	27.4	176	15	20_40	47.5	180	15	11_50
698	Fundão	22.7	167	15	14_50	47.5	179	15	19_20
864	Castro Verde	35.3	152	15	10_00	47.2	141	15	10_00
863	Mértola	29.2	141	16	13_00	47.2	158	16	12_30
541	Sines	28.4	358	17	20_10	47.2	214	17	23_50

776	Alcácer do Sal	27.0	139	15	10_00	46.8	129	15	10_00
579	Lisboa /GC	28.8	195	15	13_10	45.4	219	15	14_10
848	Portel - Oriola	30.2	169	15	13_20	45.7	163	15	11_30
632	Mirandela	19.8	218	17	13_00	43.9	225	17	14_10
558	Évora	31.0	165	15	12_30	45.0	163	15	12_40
654	Moncorvo	24.1	226	15	14_50	44.6	248	15	13_50
635	Miranda do Douro	26.3	212	15	15_30	43.9	214	15	17_00
633	Mac. Cavaleiros	24.1	214	15	15_30	43.9	225	17	14_10
867	Castro Marim	32.8	206	17	16_40	43.2	214	17	17_20
806	Proença-a-Nova	23.8	194	15	16_10	43.6	174	15	15_00
687	Covilhã	26.3	186	15	16_40	43.2	219	15	16_10
577	Odemira	22.7	143	15	12_40	42.5	118	15	12_30
571	Portalegre	21.2	124	15	09_00	42.1	174	15	14_00
669	Arouca	19.4	190	15	10_50	43.2	158	15	14_10
770	Setúbal	13.3	155	17	12_10	32.4	163	17	12_30
851	Amareleja	25.9	193	16	10_50	42.1	186	16	12_10
824	Avis - Benavila	25.9	176	15	13_00	41.8	186	15	13_30
812	Alvega	24.5	176	15	15_20	41.8	174	15	15_10
570	Castelo Branco	23.0	195	15	15_10	41.4	163	15	15_30
837	Estremoz	22.7	175	15	15_00	41.4	208	15	14_00
630	Cabec. de Basto	18.0	256	15	22_20	41.4	231	15	22_20
663	Moimenta da Beira	24.5	276	17	19_10	39.2	287	17	19_10
878	Portimão	21.6	96	15	15_00	40.3	118	15	11_40
767	Pegões	19.4	286	17	15_40	40.0	145	15	11_10
657	Luzim	19.1	186	15	15_30	40.0	174	15	15_30
803	Zebreira	24.1	214	17	16_30	38.5	158	15	14_30
773	Almada	20.2	71	15	08_00	38.9	197	15	17_50
644	Carraz. Ansiães	20.9	179	15	14_00	38.5	174	15	14_00
619	Cabril	14.0	259	15	21_40	29.5	264	15	21_40
615	Ponte de Lima	18.0	181	15	13_30	35.3	197	15	13_30
788	Zambujeira	27.4	164	15	13_00	37.1	186	15	13_20
835	Elvas	23.8	177	15	14_50	37.1	194	17	14_20
705	Anadia	16.2	161	15	14_00	37.1	152	15	14_00
690	Aldeia Souto	18.0	165	15	15_40	36.4	173	15	16_00
729	Rio Maior	20.5	202	15	13_40	36.0	202	15	13_30
611	Montalegre	16.2	-990	21	12_10	36.0	258	15	23_30
762	Lisboa	18.7	169	15	13_10	35.6	193	15	13_10
616	Chaves	16.9	222	17	12_10	33.1	242	17	12_10
551	Viana do Castelo	15.1		17	12_40	33.8		17	12_30
649	Porto - S.Gens	13.7	245	17	16_50	33.8	231	15	21_30
567	Vila Real	16.2	222	17	12_20	31.0	197	17	16_40
622	Braga - Merelim	7.6	193	15	17_30	16.9	231	15	17_00
826	Mora	10.8	170	15	11_50	20.2	190	15	11_50

Falha de observação indicada por -990.

**Tabela AIV.2 – Persistência (em % do dia, períodos 10 min) de vento médio > 8m/s (V >28.8km/h) e rajada > 14m/s (R14, 50.4 km/h)**

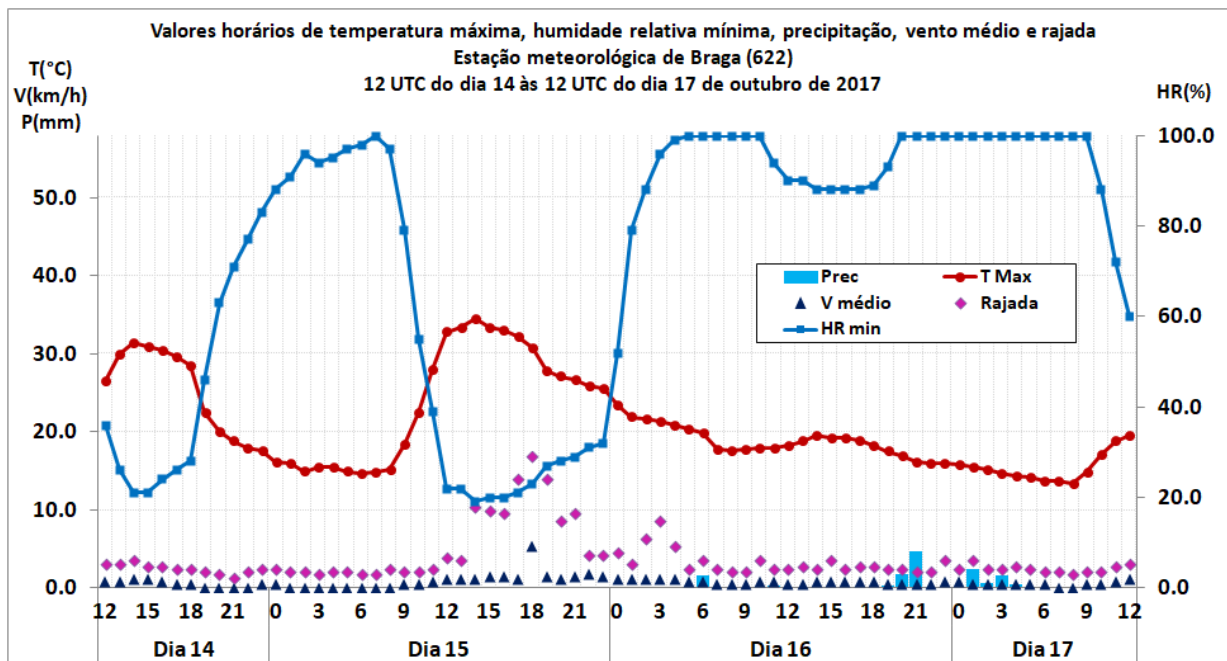
Est Nº	Est.Meteo Nome	Persistência de V8			Persistência de R14		
		Dia 15	Dia 16	Dia 17	Dia 15	Dia 16	Dia 17
<b>790</b>	Fóia	0	61	3	<b>38</b>	8	0
<b>750</b>	Cabo da Roca	<b>94</b>	<b>8</b>	17	<b>64</b>	1	0
<b>637</b>	Mogadouro	<b>24</b>	<b>28</b>	5	14	10	6
<b>554</b>	Faro / Aeroporto	<b>20</b>	<b>21</b>	0	0	0	0
<b>531</b>	Cabo Carvoeiro	19	0	3	0	0	0
<b>739</b>	Torres Vedras	<b>23</b>	0	0	10	0	0
<b>683</b>	Guarda	8	0	0	8	0	1
<b>865</b>	Alcoutim	3	10	0	0	1	0
<b>847</b>	Viana do Alentejo	14	0	0	0	0	0
<b>867</b>	Castro Marim	0	0	10	0	0	0
<b>560</b>	Viseu / Aeródromo	8	0	0	3	0	0
<b>864</b>	Castro Verde	11	0	0	0	0	0
<b>548</b>	Coimbra/Aer	6	0	0	5	0	0
<b>713</b>	Figueira da Foz	9	0	0	1	0	0
<b>671</b>	Fig. Castelo Rodrigo	9	0	0	0	0	0
<b>697</b>	Lousã - Aeródromo	3	0	0	6	0	0
<b>746</b>	Santa Cruz	6	0	1	1	0	0

Estações em que se verificou com pelo menos de 5% do total dos períodos de 10 minutos de cada dia e a negrito as estações onde essa percentagem, de vento médio superior a 28.8 km/h ou rajada superior a 50.4 km/h foi superior a 20%.

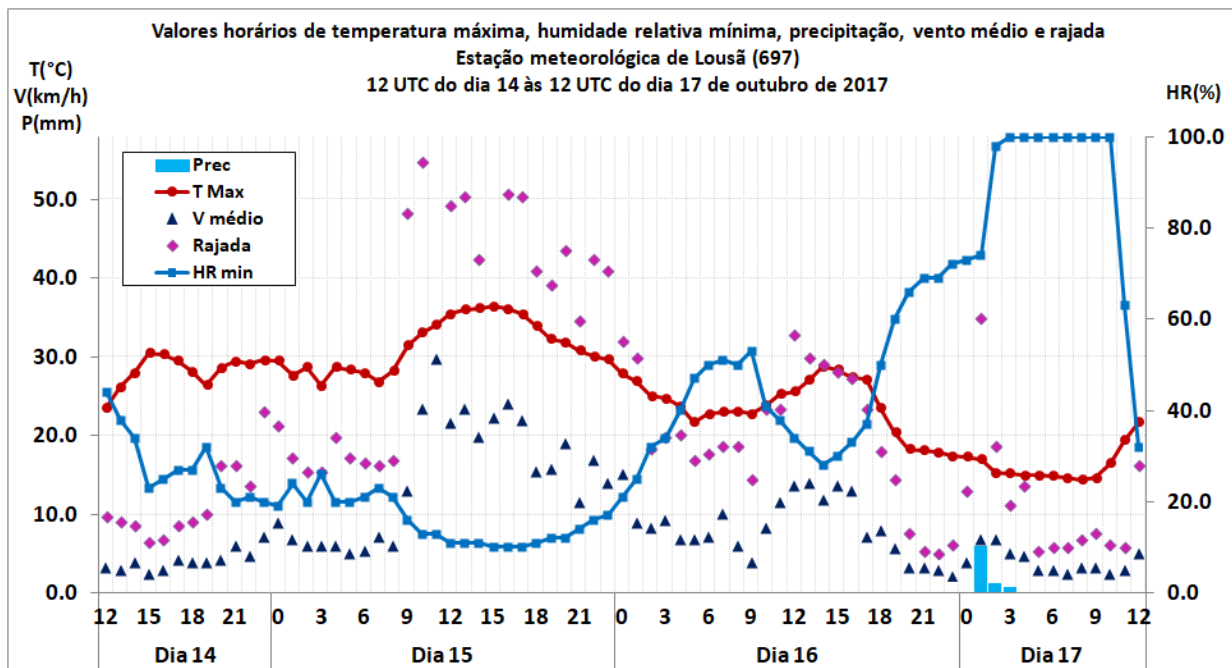


# **ANEXO V**

**Gráficos das Observações Horárias de Temperatura, Humidade Relativa, Vento Médio e Rajada, 14 - 17 de Outubro de 2017.**

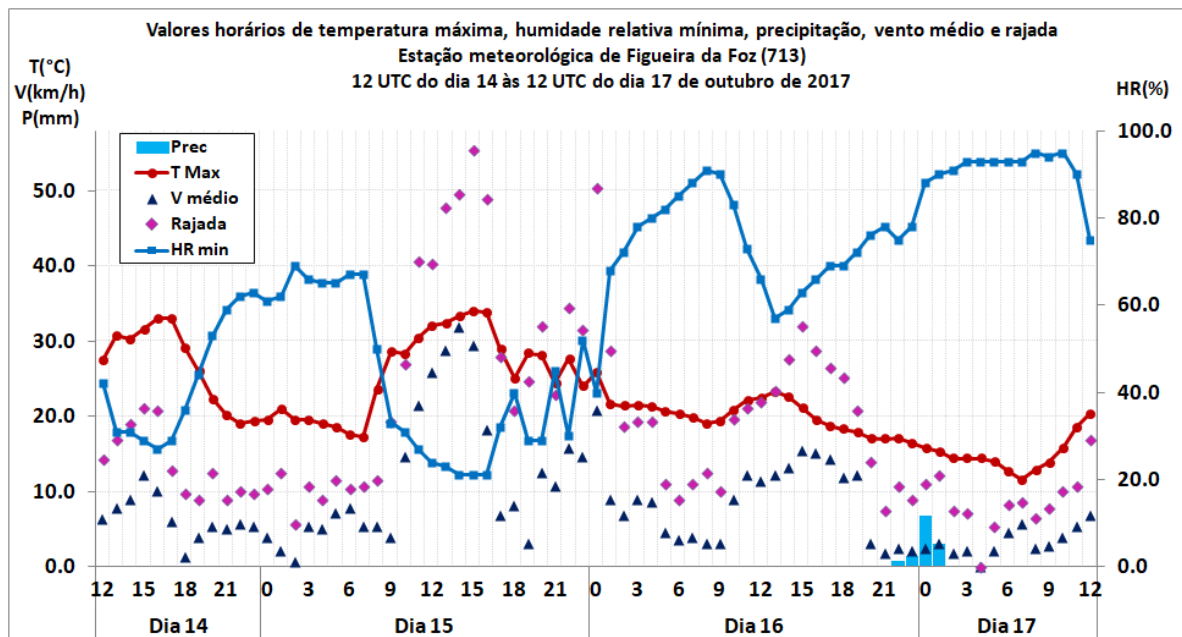


(a)

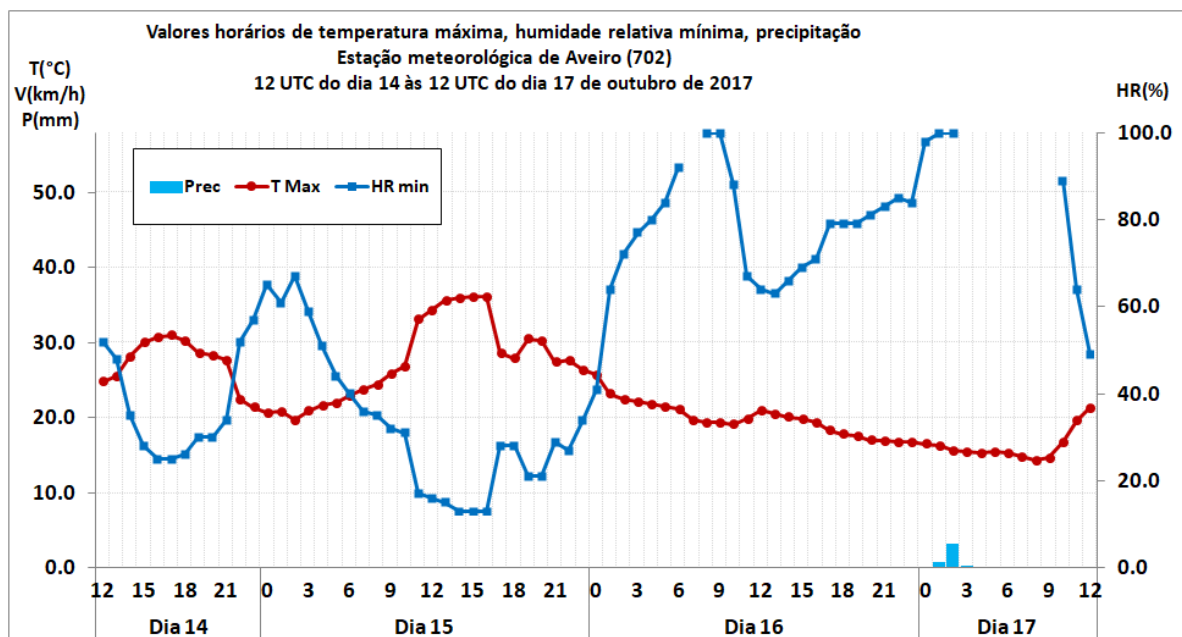


(b)

Figura AV.1 – Gráficos de observações horárias de temperatura (°C), humidade relativa (%), vento médio e rajada (km/h) no período das 12UTC do dia 14 a 17 às 12UTC do dia 17 de outubro de 2017. Estação meteorológica de Braga (622), (b) Estação meteorológica da Lousã (697).



(a)



(b)

Figura AV.2 – Gráficos de observações horárias de temperatura (°C), humidade relativa (%), vento médio e rajada (km/h) no período das 12UTC do dia 14 a 17 às 12UTC do dia 17 de outubro de 2017. Estação meteorológica Figueira da Foz (713), (b) Estação meteorológica de Aveiro (702).

# **ANEXO VI**

## **Índices de Risco de Incêndio Florestal**

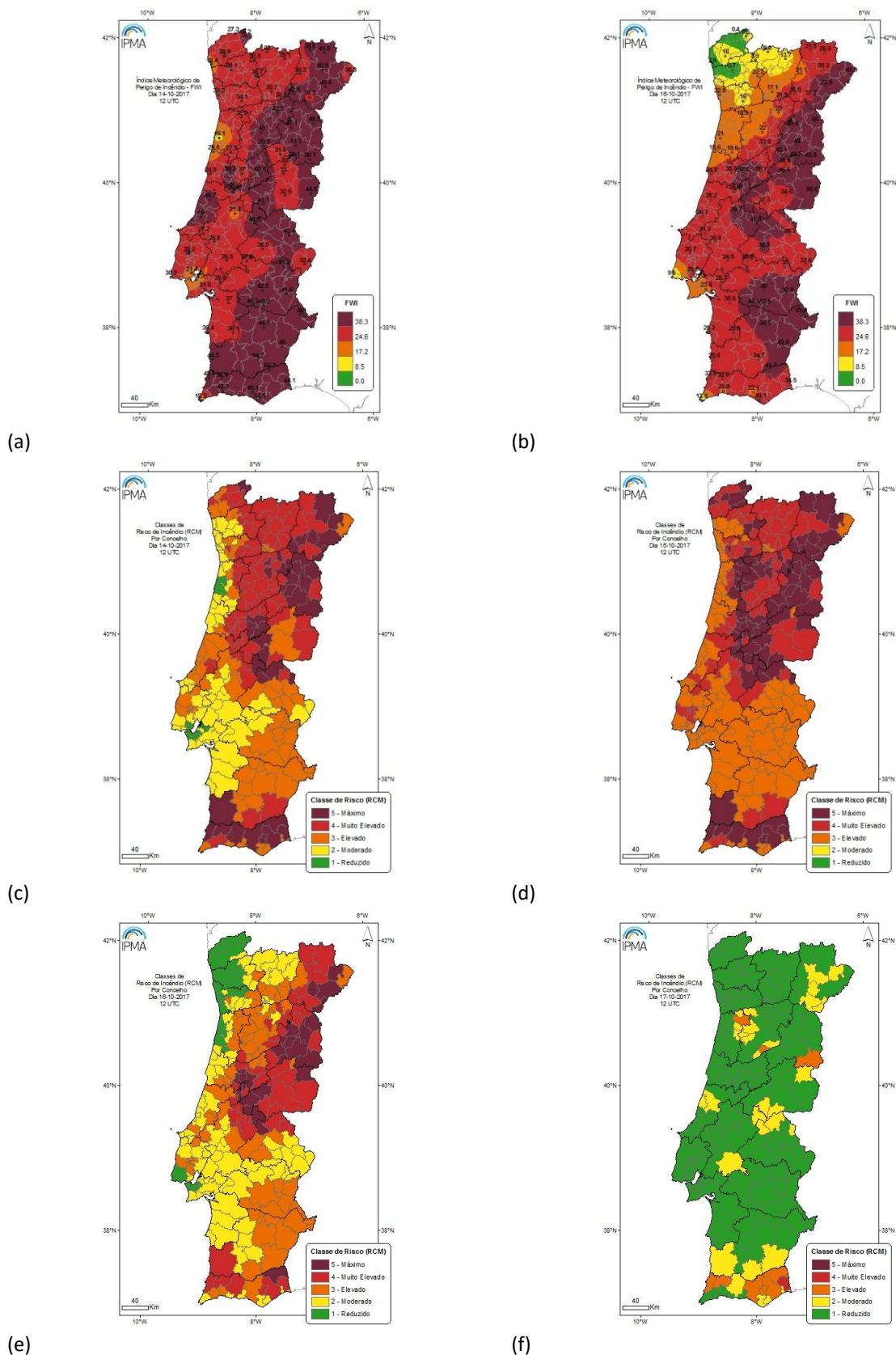


Figura AVI.1- Mapas dos índice de Risco de Incêndio de 14 a 17 de outubro de 2017. Índice meteorológico de perigo de incêndio florestal, FWI, (a) dia 14, (b) dia 16. índice Conjuntural e Meteorológico, RCM, (c) dia 14, (d) dia 15, (e) dia 16, (f) dia 17.



# **ANEXO VII**

## **Coeficiente de Correlação, $Rho_{hv}$**

---

## **Coeficiente de correlação, $Rho_{hv}$**

Os sistemas de radar com polarização dupla emitem impulsos polarizados horizontal (H) e verticalmente (V), enviados para a atmosfera e que incidem sobre cada volume de resolução observado. Considerando que esse volume contém alvos (que atuam como retrodifusores), admite-se que da interação entre os impulsos emitidos e os alvos resultará a retrodifusão de uma parte da energia do impulso emitido. A amplitude e/ou a fase de cada impulso retrodifundido serão, no recetor do radar, diferentes da amplitude e/ou fase com que foram emitidos, devido a essa interação com os alvos. Tanto os impulsos emitidos com polarização H, como os emitidos com polarização V, sofrem estas alterações na amplitude e fase, entre emissões de impulso sucessivas, após a interação com os alvos. O momento “coeficiente de correlação”,  $Rho_{hv}$ , define-se como uma medida do grau de semelhança entre as modificações sofridas pelos impulsos polarizados na H e V, após a incidência sobre os alvos. Se a amplitude e/ou fase se alterarem de um modo semelhante nos impulsos H e V, o coeficiente de correlação tenderá a ser elevado; se a amplitude e/ou fase se alterarem de modo diverso nos impulsos H e V, o coeficiente de correlação tenderá a ser baixo, sendo tanto menor quanto maior a diferença na alteração sofrida.

Tipicamente, volumes de resolução apresentando uma distribuição uniforme de hidrometeoros (e.g. apenas chuva, ou apenas neve ou apenas cristais de gelo), tendem a apresentar coeficientes de correlação elevados, geralmente acima de 0.97. Se a distribuição no volume for heterogénea, correspondendo a uma mistura de chuva e neve, por exemplo, o valor poderá descer um pouco, mas situando sempre acima de 0.80. No caso de se encontrarem presentes alvos não meteorológicos, tais como insetos, pássaros, fumo, etc., o valor descerá abaixo de 0.8.