



Relatório DMC/CIME-01/2008

Cheias de 18 de Fevereiro de 2008

Coordenação:

Nuno Moreira / DVIP

Álvaro Silva / DOMC

Fernando Prates / ECMWF

João Ferreira / CIME

Jorge Neto / DOMC

Lourdes Bugalho / DORE

Manuel João Lopes / CPPN

Manuel Mendes / DOMC

Maria João Frada / DVIP

Paulo Pinto / DORE

Tânia Cota / DOMC

Vanda Cabrinha / DOMC

Dezembro 2008, v1.0



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Agradecimentos

Para a elaboração do presente estudo agradece-se a colaboração dos colegas Anabela Carvalho, Pedro Alves, Sandra Correia, Tânia Viegas e dos colegas do CPPN

Agradece-se ao INAG a colaboração e disponibilização dos dados de precipitação da sua rede de estações



Índice

I	Introdução.....	5
II	Descrição sinóptica.....	6
III	Observação.....	10
III.1	Observação de superfície.....	10
III.2	Observação remota.....	12
III.2.1	Satélite.....	12
III.2.1.1	Topo das nuvens.....	12
III.2.1.2	Estimativa da intensidade de Precipitação.....	18
III.2.1.3	Modelos conceptuais.....	20
III.2.2	Descargas eléctricas.....	26
III.2.3	RADAR.....	29
III.2.3.1	Eficiência da precipitação.....	29
III.2.3.2	Intensificação orográfica da precipitação.....	31
III.2.3.3	Evolução temporal da precipitação.....	33
III.2.3.4	Caracterização do regime de precipitação observado.....	35
III.2.3.4.1	Modelos Conceptuais adoptados: Dinâmica da Convecção, Processos Microfísicos e Actividade Eléctrica.....	35
III.2.3.4.2	Dinâmica da Convecção, Processos Microfísicos e Actividade Eléctrica: discussão para a região de Lisboa.....	38
III.2.3.5	Campo do movimento na camada-limite.....	48
III.3	Observação Combinada.....	49
IV	Desempenho dos modelos de previsão numérica.....	53
IV.1	Campos de diagnóstico.....	53
IV.1.1	Previsões H+12.....	53
IV.1.2	Previsões H+18.....	57
IV.2	Precipitação.....	60
IV.2.1	Precipitação acumulada.....	60
IV.2.2	Probabilidade de precipitação acumulada.....	78
IV.2.3	<i>Extreme Forecast Index</i> (EFI).....	80
V	Análise operacional.....	82
V.1	Turno noite (20-08h).....	82
V.2	Turno dia (08-20h).....	85
V.3	Verificação dos Avisos.....	87
V.4	Comparação com modelos de previsão numérica.....	93
VI	Análise Climatológica.....	95
VI.1	Máximos Absolutos.....	95
VI.2	Precipitação Horária.....	95
VI.3	Precipitação Diária.....	98
VI.4	Períodos de Retorno.....	102
VII	Linhas de orientação para construção de modelo conceptual.....	105
VIII	Considerações Finais.....	112
IX	Referências.....	114
X	Lista de Acrónimos.....	116
	ANEXO A – Avisos Meteorológicos emitidos pelo IM (SAM).....	117



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

ANEXO B – Valores máximos de quantidade de precipitação	128
ANEXO C – Precipitação acumulada em 1 hora (critério para emissão de avisos)	138
ANEXO D – Precipitação acumulada em 6 horas (critério para emissão de avisos)	141



I Introdução

No dia 18 de Fevereiro de 2008 ocorreram cheias na região de Lisboa e Setúbal com impactos severos na população e que foram comparadas pela opinião pública às cheias históricas de Novembro de 1967. Para além de inúmeras inundações, trânsito caótico, transbordo de ribeiras e cortes de luz e gás, houve a lamentar dois óbitos quando um automóvel foi arrastado para a ribeira do rio Jamor, em Belas, Sintra (IM, 2008).

A precipitação foi mais intensa na cidade de Lisboa entre as 03:30 e as 05:50 UTC de dia 18. Este período correspondeu à vazante da maré, que tinha atingido a preia-mar à 01:01 UTC e atingiria a baixa-mar às 07:10 UTC. Por outro lado, em Setúbal, a situação foi contrária, tendo o período de maior precipitação (entre as 09:20 e as 12:50 UTC de dia 18) ocorrido durante a enchente, vindo a preia-mar a ser atingida às 13:14 UTC.

Naturalmente, o presente relatório incide em especial no parâmetro precipitação, correspondendo à versão final dos resultados do estudo efectuado pelo grupo de trabalho criado no Instituto de Meteorologia, I.P. (IM) para analisar a situação.

No capítulo II é efectuada uma breve análise das condições sinóticas em que este episódio ocorreu.

No capítulo III apresentam-se observações de precipitação nas estações de superfície do IM e do Instituto da Água, IP (INAG), bem como observações remotas (satélite, radar e descargas eléctricas) disponíveis de forma a complementar a descrição observacional de superfície.

No capítulo IV é efectuada uma primeira análise do desempenho dos modelos de previsão numérica do tempo disponíveis (operacionalmente e em desenvolvimento) no IM, quer para campos de diagnóstico, quer para precipitação, tendo em conta as perspectivas determinísticas e probabilísticas.

O capítulo V descreve o comportamento operacional do IM, em particular em termos da emissão de avisos meteorológicos. Inclui-se uma comparação dos avisos com observações de superfície e uma análise do desempenho dos modelos de previsão numérica de acordo com os critérios relativos aos avisos meteorológicos de precipitação.

O capítulo VI inclui a análise climatológica em termos de valores extremos observados, incluindo o cálculo dos períodos de retorno.

No capítulo VII incluem-se linhas de orientação para o desenvolvimento de um modelo conceptual que se aplique a este episódio e a episódios semelhantes, e que os meteorologistas do IM possam vir a utilizar para fins de previsão do estado do tempo em ambiente operacional.

No capítulo VIII referem-se as considerações finais do estudo e os capítulos IX e X incluem as referências bibliográficas e a lista de acrónimos, respectivamente.



II Descrição sinóptica

De acordo com a análise das 12:00 UTC do dia 17 de Fevereiro do modelo do ECMWF, o estado do tempo em Portugal Continental é condicionado por um anticiclone localizado sobre a Europa Central e uma depressão complexa pouco cavada (cerca de 1008hPa no centro), com o núcleo principal a oeste da Península Ibérica (37°N 20°W) e com expressão aos 500hPa (Figura II.1). O fluxo à superfície é de sueste moderado a forte sobre Portugal e, nos níveis altos da troposfera, o território encontra-se numa região situada à esquerda da saída da corrente de jacto proveniente de oeste (Figura II.2).

Entre as 12:00 UTC do dia 17 e as 00:00 UTC do dia 18 de Fevereiro a depressão à superfície apresenta-se quasi-estacionária. Contudo, às 00:00 UTC do dia 18 os dois núcleos da depressão estão centrados ligeiramente a norte e a nordeste do núcleo principal detectado na análise das 12:00 UTC (Figura II.3). Neste período, a corrente de jacto proveniente de oeste inflecte para nordeste aproximando-se da Costa Sul do Algarve (Figura II.4).

A consulta dos campos derivados da análise das 06:00 UTC do dia 18 de Fevereiro (não apresentados no relatório), permitiu constatar não existir variação significativa quer da situação à superfície como da situação em altitude.

A análise de θ_{sw} aos 850hPa às 00:00 UTC de dia 18 (Figura II.5) indica existir contraste de massas de ar no território, sendo a massa de ar advectada sobre a parte sudoeste quente e húmida, com valores do campo a variar entre 12°C e 14°C (massa de ar tropical marítimo), enquanto que na parte nordeste o ar é frio e húmido, variando θ_{sw} entre 10°C e 12°C (massa de ar polar marítimo).

A radiosondagem de Lisboa apresenta valores de água precipitável total (TPW) de 25.9 e 25.6 mm às 12 UTC dos dias 17 e 18, respectivamente. De acordo com uma climatologia de TPW para a estação aerológica de Lisboa no período 1984-1997 (Costa, 1997), estes valores são superiores ao percentil 90 de Inverno (22.25 mm), mas inferiores ao percentil 90 do ano e aos máximos de Inverno e do ano (29.46, 42.03 e 51.97 mm, respectivamente). De referir que a previsão de TPW para as 12 UTC de dia 17 obtida com o *run* do ECMWF de dia 17 às 00 UTC é de 26 mm, logo praticamente coincidente com a observação. Para esse mesmo *run*, obtém-se um valor máximo de 29.4mm às 18 UTC de dia 17.

Por outro lado, é de referir que este episódio ocorre com a temperatura da água do mar (SST) ao largo do Continente apresentando valores entre 15 e 17°C. De acordo com dados do NCEP, estes valores encontram-se acima dos valores normais para a época. Na realidade, entre Janeiro e Março de 2008, a SST apresenta anomalias semanais positivas no Atlântico nordeste. Em particular, nas semanas entre 10 de Fevereiro e 8 de Março, a anomalia atinge os valores máximos, entre 1.5°C e 2.0°C, numa região a Norte da Madeira e a oeste de Sagres.



ECMWF Pressão ao NMM e geopotencial aos 500hPa
2008-02-17 12UTC previsão H+00 para 2008-02-17 12:00:00

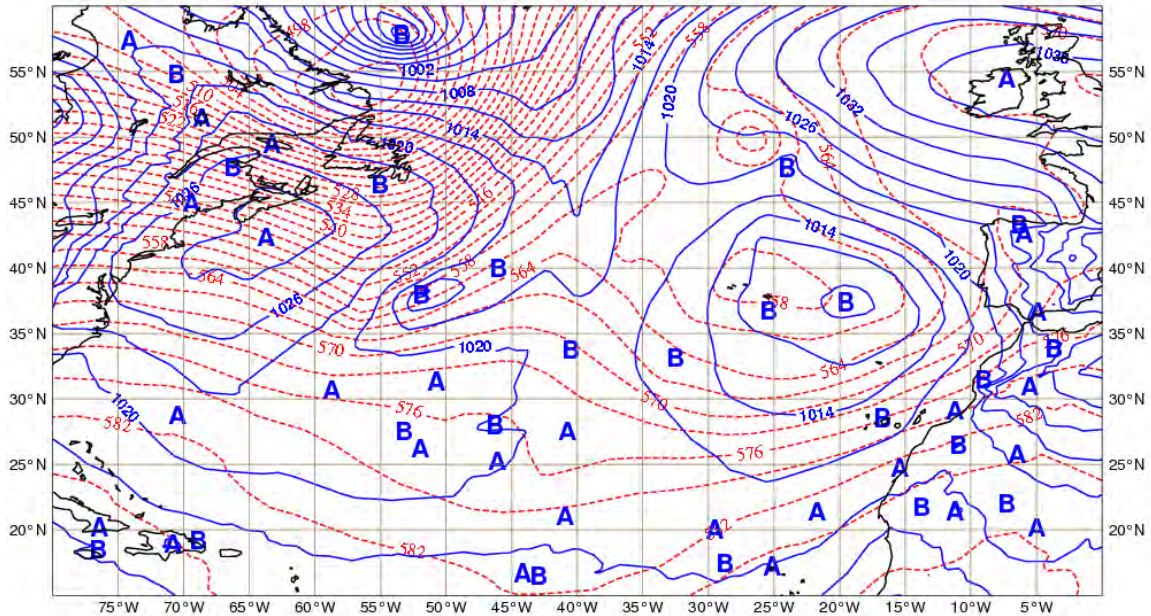


Figura II.1 – Pressão ao nível médio do mar (isóbaras em intervalos de 3hPa – a cheio) e geopotencial aos 500hPa (isohipsas em intervalos de 30mgp – a tracejado): análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro do modelo do ECMWF.

ECMWF Vento e isotaxicas (60kt) aos 300 hpa
2008-02-17 12UTC previsão H+00 para 2008-02-17 12:00:00

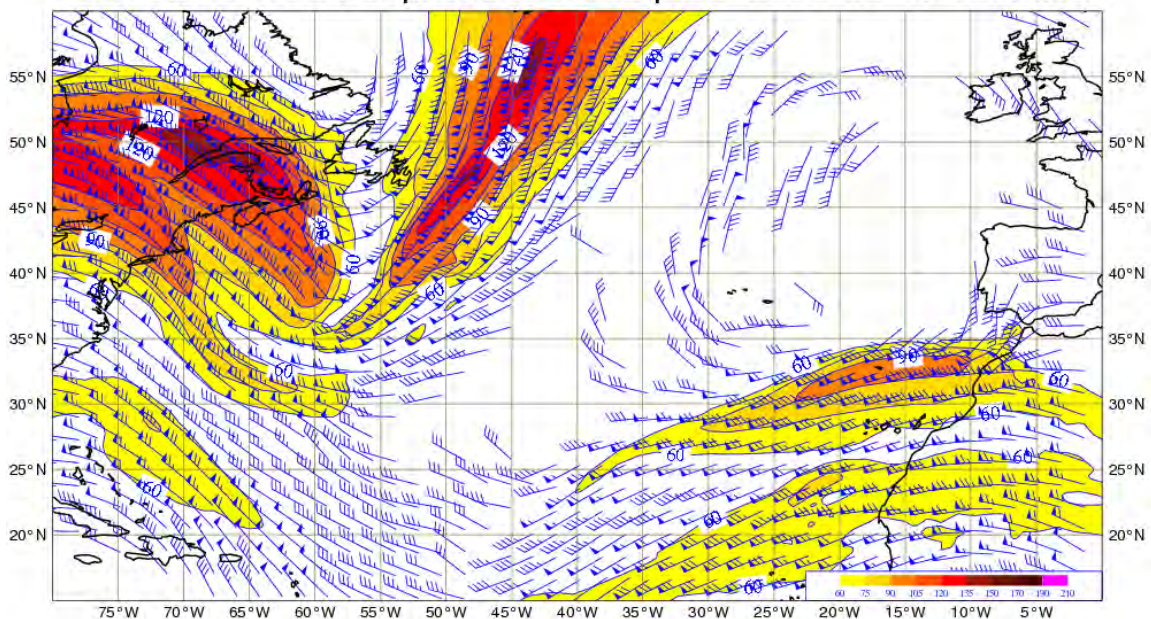


Figura II.2 – Vento (superior a 30kt) e isotáxicas (superiores a 60kt, em intervalos de 15 kt) aos 300hPa: análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro do modelo do ECMWF.



ECMWF Pressão ao NMM e geopotencial aos 500hPa
2008-02-18 00UTC previsão H+00 para 2008-02-18 00:00:00

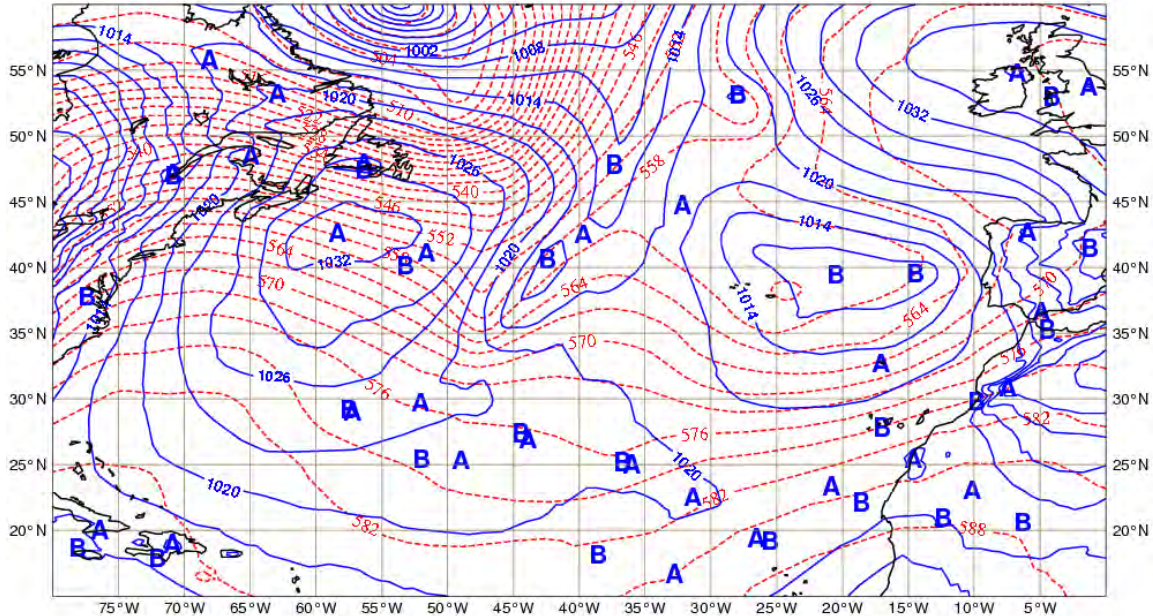


Figura II.3 – Pressão ao nível médio do mar (isóbaras em intervalos de 3hPa – a cheio) e geopotencial aos 500hPa (isohipsas em intervalos de 30mgp – a tracejado): da análise das 00:00 UTC do dia 18 de Fevereiro do modelo do ECMWF.

ECMWF Vento e isotaxicas (60kt) aos 300 hpa
2008-02-18 00UTC previsão H+00 para 2008-02-18 00:00:00

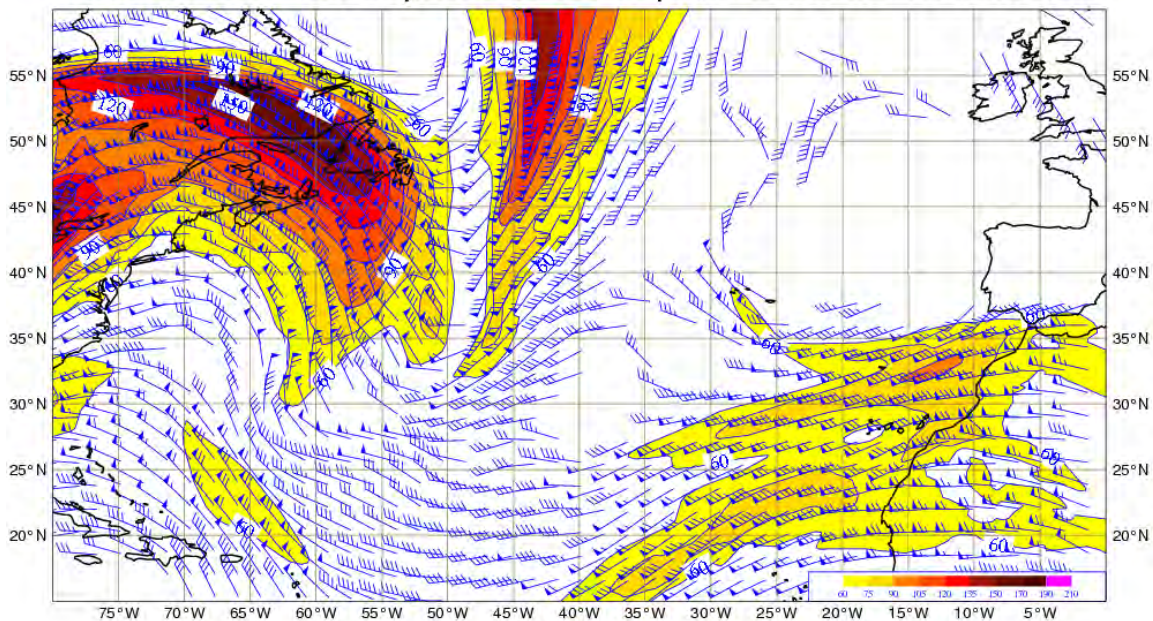


Figura II.4 – Vento (superior a 30kt) e isotáxicas (superiores a 60kt, em intervalos de 15kt) aos 300hPa: análise das 00:00 UTC do dia 18 de Fevereiro do modelo do ECMWF.



ECMWF - TETASW (°C) aos 850hPa e Pressao n.m.m. (hPa)
2008-02-18 00UTC previsao H+00 para 2008-02-18 00:00:00

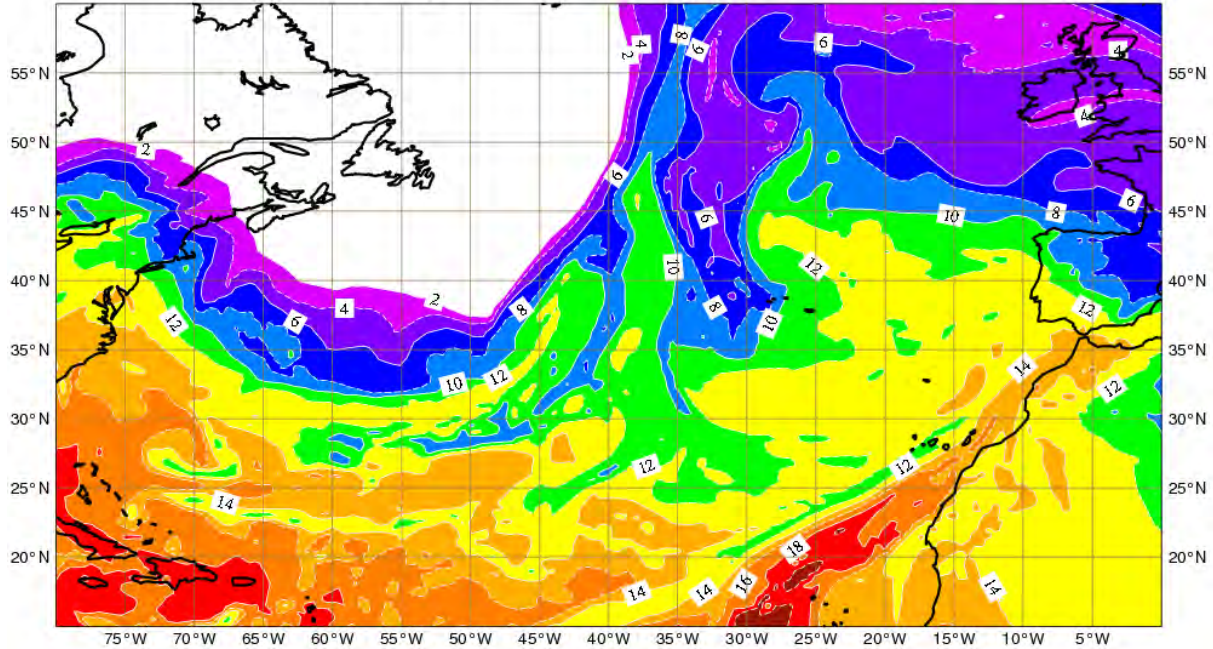


Figura II.5 – Pseudo-temperatura potencial do termómetro molhado (°C) aos 850 hPa: análise das 00:00 UTC do dia 18 de Fevereiro do modelo do ECMWF.



III Observação

III.1 Observação de superfície

Foram recolhidos dados das Estações Meteorológicas Automáticas (EMA) da rede do IM e do INAG para Portugal Continental. Para a análise é usado um total de 160 estações (Figura III.1.1). Deve referir-se que das estações seleccionadas, algumas apresentam falhas no período considerado, não comprometendo no entanto, a análise global. Na elaboração dos mapas horários são sempre utilizadas todas as EMA disponíveis às respectivas horas. Para os valores acumulados, a estação não é considerada sempre que existam falhas.

No período compreendido entre dia 17 às 18:00 UTC e dia 18 às 18:00 UTC, foram apurados os valores totais acumulados ‘deslizantes’ para períodos de 10 minutos (apenas na rede IM), 1, 3, 6 e 24 horas.

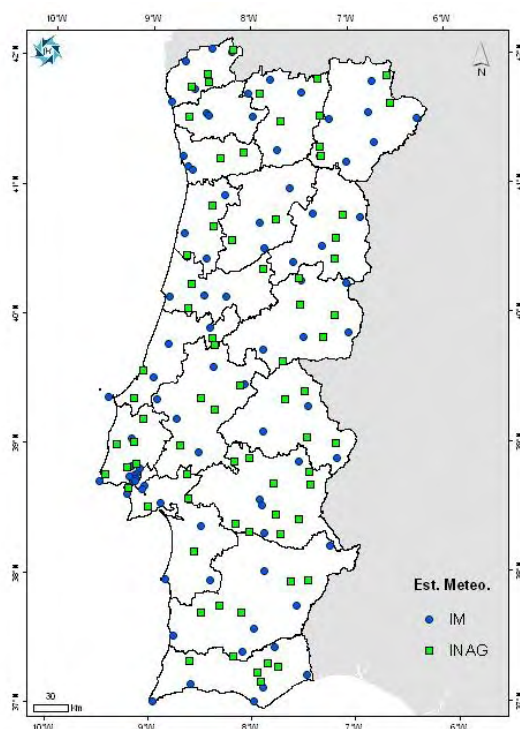


Figura III.1.1 – Estações Meteorológicas Automáticas utilizadas no presente estudo.

A análise das observações é efectuada no presente capítulo, bem como nos capítulos V (Análise operacional) e VI (Análise climatológica). No capítulo V analisam-se os limiares de aviso meteorológico para a precipitação. No capítulo VI analisam-se os valores extremos em diferentes períodos de integração, horas de ocorrência dos valores máximos de precipitação, hora de início significativa da ocorrência de precipitação, etc...



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Apresenta-se na Figura III.1.2 a) o total de precipitação acumulada em 24 horas observado pelas estações meteorológicas automáticas e na Figura III.1.2. b) a observação combinada das mesmas estações com o radar meteorológico (ver capítulo III.3). Ambas as figuras realçam a presença de valores máximos nas regiões de Lisboa, Setúbal e Vale do Tejo. A região de Proença-a-Nova apresenta também valores elevados, mas, ao contrário das outras regiões, a precipitação ocorreu de uma forma contínua ao longo do período, ou seja, não foi tão concentrada.

Os valores mais elevados de precipitação ocorreram durante a madrugada do dia 18 na região de Lisboa, durante a manhã na região de Setúbal e durante a tarde na região de Beja. No vale do Tejo a precipitação não atingiu os valores horários acumulados como no caso de Lisboa e Setúbal sendo, contudo, de destacar a persistência da ocorrência de precipitação ao longo do período.

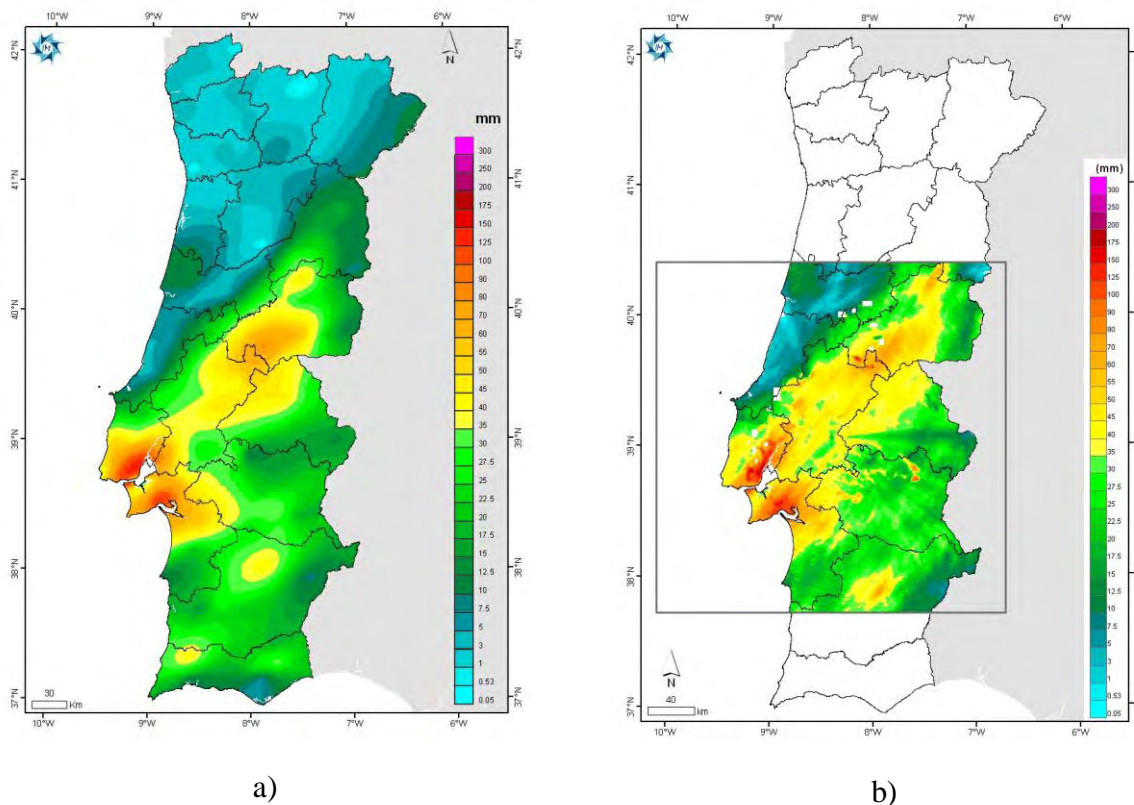


Figura III.1.2 - a) Precipitação observada nas redes meteorológicas automáticas do IM e INAG entre as 18:00 UTC de dia 17 e as 18:00UTC de dia 18 de Fevereiro de 2008; b) Observação Combinada da Precipitação observada usando as redes de estações meteorológicas automáticas e o radar meteorológico entre as 18:00 UTC de dia 17 e as 18:00UTC de dia 18 de Fevereiro de 2008.



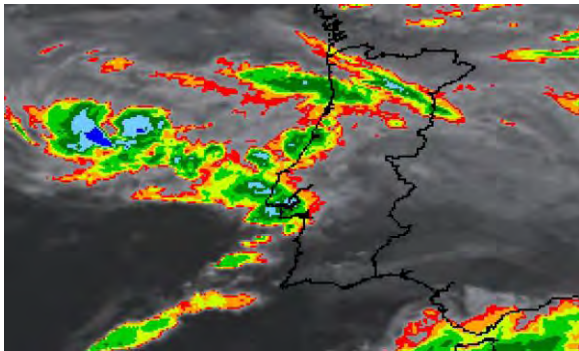
III.2 Observação remota

III.2.1 Satélite

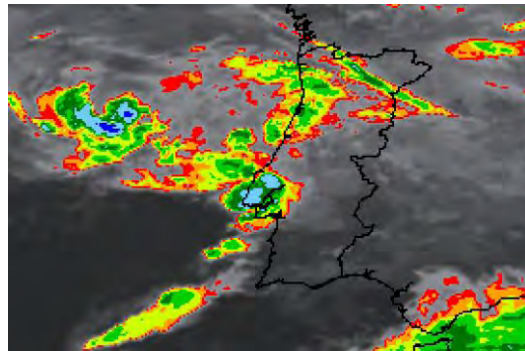
III.2.1.1 Topo das nuvens

IR10.8

A imagem do satélite Meteosat-9 do dia 18 às 00:00 UTC mostra sobre a região de Lisboa uma massa nebulosa com temperatura dos topos entre -56°C e -59°C e com desenvolvimento vertical intenso próximo do Cabo da Roca (Figuras III.2.1.1.1). Entre as 00:00 UTC e as 00:30 UTC, as nuvens com temperatura de topo entre -58°C e -59°C situadas na região dos arredores de Lisboa (Sintra, Oeiras, Amadora) aumentaram de extensão. Observaram-se topos de pequena extensão com temperatura de cerca de -61°C localizados na região de Alverca/Sacavém (Figuras III.2.1.1.2).

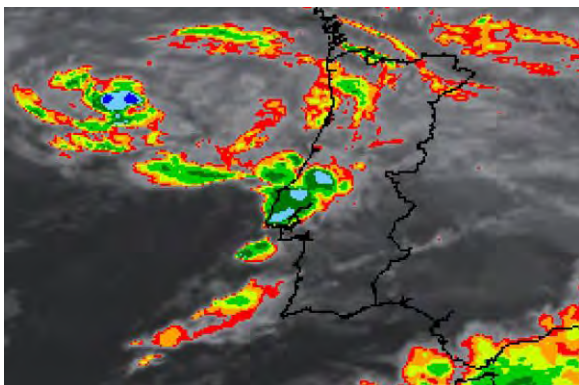


Figuras III.2.1.1.1 – Imagem IR10.8 do Meteosat-9 para dia 18/02/2008 às 00:00 UTC.

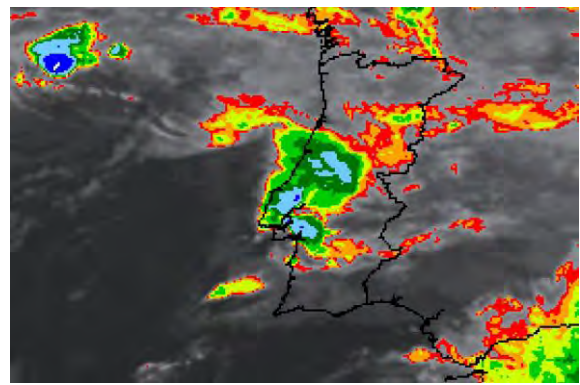


Figuras III.2.1.1.2 – Imagem IR10.8 do Meteosat-9 para dia 18/02/2008 às 01:00 UTC.

O desenvolvimento vertical associado a linhas de instabilidade ocorreu no período compreendido entre as 00:00 UTC e as 12:00 UTC, localizando-se um pouco a sul do Cabo da Roca e estendendo-se para nordeste, em áreas essencialmente localizadas na margem norte do rio Tejo, até cerca das 06:00 UTC (Figuras III.2.1.1.3), tendo-se posteriormente deslocado para as duas margens (Figuras III.2.1.1.4).



Figuras III.2.1.1.3 -. Imagem IR10.8 do Meteosat-9 para dia 18/02/2008 às 03:00 UTC.

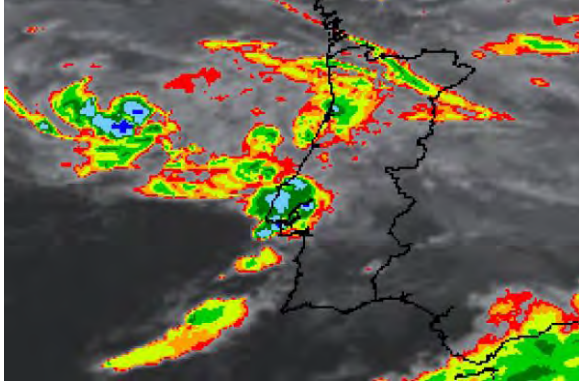


Figuras III.2.1.1.4 - Imagem IR10.8 do Meteosat-9 para dia 18/02/2008 às 07:00 UTC.

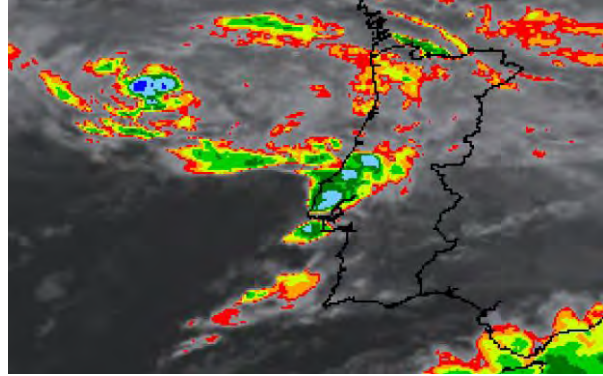


Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Na região da grande Lisboa entre as 00:00 UTC e as 04:00 UTC continuaram a observar-se alguns topos das nuvens a -61°C , indicando desenvolvimento vertical e grandes áreas de nuvens com topos a $-55^{\circ}\text{C}/-59^{\circ}\text{C}$ (Figuras III.2.1.1.5 e III.2.1.1.6).

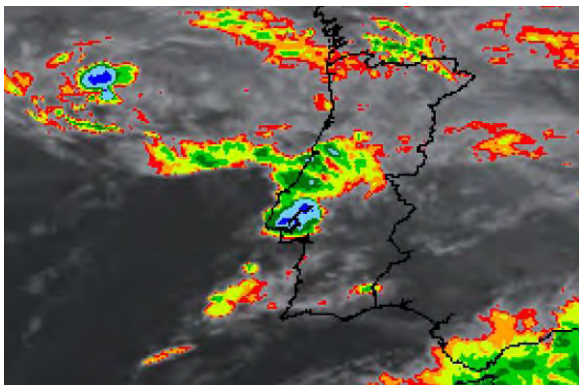


Figuras III.2.1.1.5 - Imagem IR10.8 do Meteosat-9 para dia 18/02/2008 às 00:00 UTC.

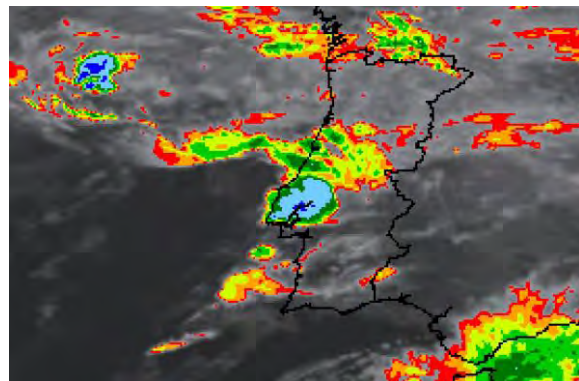


Figuras III.2.1.1.6 - Imagem IR10.8 do Meteosat-9 para dia 18/02/2008 às 03:30 UTC.

Entre as 04:00 UTC e as 04:30 UTC pode observar-se um grande desenvolvimento de nuvens, com os topos a atingirem temperaturas entre -55°C e -59°C em vastas áreas e em que vários topos apresentam temperaturas inferiores a -60°C , especialmente ao longo do Tejo onde permaneceram até as 06:00 UTC, altura em que diminuiu um pouco a actividade (Figuras III.2.1.1.7 e III.2.1.1.8).



Figuras III.2.1.1.7 - Imagem IR10.8 do Meteosat-9 para dia 18/02/2008 às 04:30 UTC.



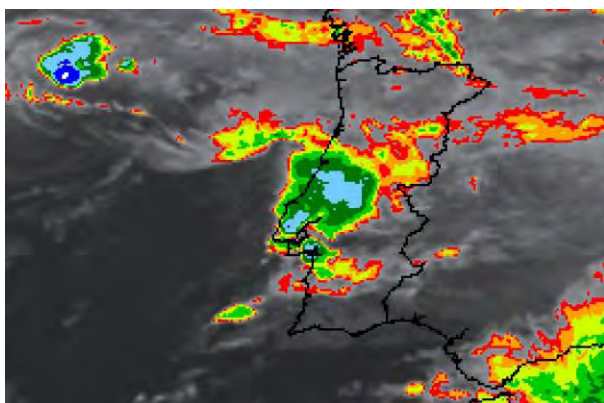
Figuras III.2.1.1.8 - Imagem IR10.8 do Meteosat-9 para dia 18/02/2008 às 05:00 UTC.



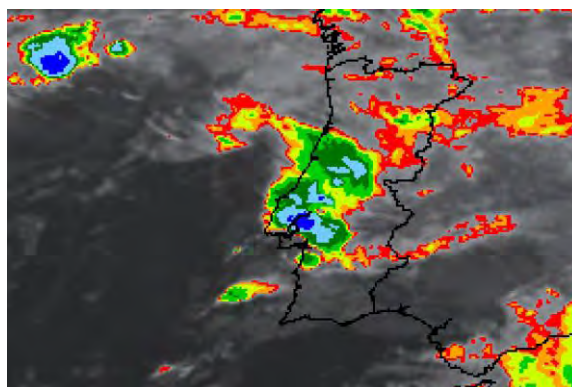
Cheias de 18 Fevereiro de 2008

A partir das 06:30UTC, voltaram a formar-se nuvens de desenvolvimento vertical numa vasta área, mas agora a norte e a sul do Tejo, na região da grande Lisboa e na região de Setúbal (Figuras III.2.1.1.9 e III.2.1.1.10).

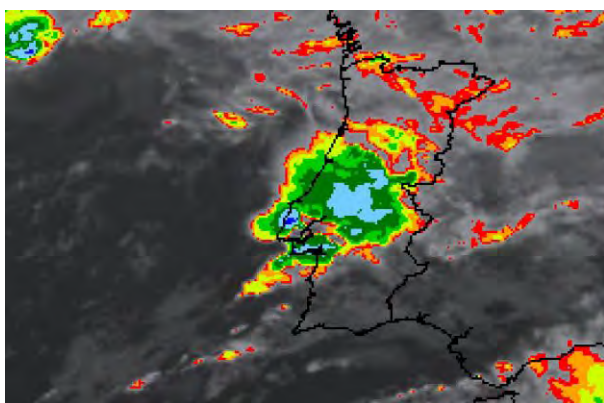
Entre as 08:00 UTC e as 08:30 UTC, diminuiu a actividade na região da grande Lisboa, tendo-se, no entanto, estendido para a região de Coruche e Santarém. Entre as 09:30 UTC e as 10:00 UTC voltou a aumentar a actividade de desenvolvimento vertical nas regiões dos arredores de Lisboa e de Setúbal (Figuras III.2.1.1.11). Posteriormente, após as 10:30 UTC, esta área de grande desenvolvimento vertical atenuou-se na região de Lisboa, tendo, no entanto, aumentado fortemente nas regiões a sul (Setúbal e arredores, Coruche, ...) com os topos das nuvens a atingirem vastas áreas com temperaturas abaixo de -62°C (Figuras III.2.1.1.12).



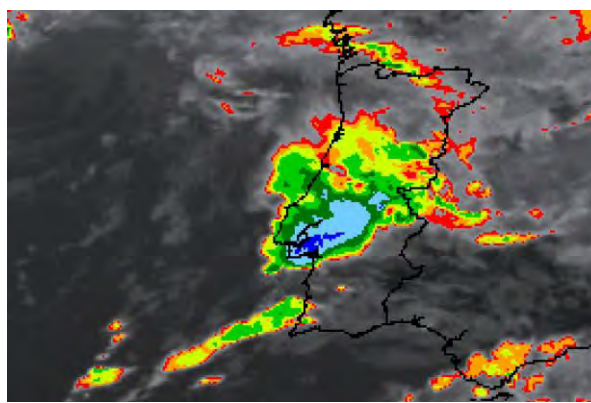
Figuras III.2.1.1.9 -. Imagem IR10.8 do Meteosat-9 para dia 18/02/2008 às 06:30 UTC.



Figuras III.2.1.1.10 - Imagem IR10.8 do Meteosat-9 para dia 18/02/2008 às 07:30 UTC.



Figuras III.2.1.1.11 -. Imagem IR10.8 do Meteosat-9 para dia 18/02/2008 às 09:30 UTC.



Figuras III.2.1.1.12 - Imagem IR10.8 do Meteosat-9 para dia 18/02/2008 às 11:30 UTC.



Produto CTTH (SAF Nowcasting) e diferença WV6.2-IR10.8

O produto CTTH da v1.2 da aplicação da SAF Nowcasting inclui os valores da pressão, altitude e temperatura do topo das nuvens para cada pixel. Assim, para além da análise da temperatura de brilho do canal 10.8 já efectuada, foram analisadas a pressão e altitude do topo das nuvens da SAF Nowcasting para instantes próximos dos períodos em que a precipitação foi mais intensa, de forma a caracterizar com mais detalhe o padrão da nebulosidade. Contudo, é de ter em conta que, em situações convectivas, a maior intensidade de precipitação tende a ocorrer na fase de crescimento das nuvens e não quando os topos das nuvens atingem níveis mais elevados.

Na estação Lisboa/Gago Coutinho, a maior quantidade observada em 10 minutos durante todo o episódio foi de 10.4 mm entre as 04:10 UTC e 04:20 UTC. Para a imagem das 04:00 UTC (Figuras III.2.1.1.13), o varrimento na região de Lisboa ocorreu cerca das 04:11 UTC. Na região da estação, os topos das nuvens atingiram cerca de 10000m (250hPa, -54°C), tendo os topos atingido cerca de **13000m** (150hPa, -62°C) a oeste da estação, ainda na região de Lisboa.

As radiosondagens das 12:00 UTC efectuadas em Lisboa identificam a tropopausa aos 220 hPa (11215m) no dia 17 e aos 240 hPa (10656m) no dia 18. Deste modo, enquanto que os topos das nuvens a cerca de 10000m sobre a estação (na imagem das 04:00 UTC) se devam encontrar dentro da troposfera, os topos mais altos de 13000m deverão estar já acima da tropopausa, dando indicação da ocorrência de um *overshooting* naquele instante. Na realidade a diferença da temperatura de brilho entre as bandas WV6.2 e IR10.8 do MSG identificam valores positivos na região, o que corresponde a uma situação de *overshooting* (Figuras III.2.1.1.14).

É de referir que se verificaram *overshootings* na região de Lisboa e na Península de Setúbal em vários instantes até ao final da manhã, como o demonstra a Figuras III.2.1.1.15 para uma zona a leste de Lisboa às 08:30 UTC.



III.2.1.2 Estimativa da intensidade de Precipitação

Produto CRR (SAF Nowcasting)

O produto *Convective Rainfall Rate (CRR)* da v1.2 da aplicação da SAF Nowcasting corresponde a uma estima da intensidade de precipitação convectiva (em mm/h) obtida de 15 em 15 minutos para cada pixel das imagens do Meteosat-9. A utilização operacional do produto na altura do evento era efectuada de forma que valores de CRR ~ 5-7 mm/h ou 7-10mm/h podem corresponder a 10-20 mm acumulados em 1 hora nas EMA

Entre as 04:15UTC e as 15:15UTC de dia 18, identificam-se sobre o Continente várias regiões com valores de CRR superiores a 5 mm/h, ou seja, com potencial para originar valores acumulados entre 10 e 20 mm numa hora (Figura III.2.1.2.1):

- até 7 mm/h sobre Lisboa e vale do Tejo [Figura III.2.1.2.1 (a)];
- até 10 mm/h na Península de Setúbal [Figura III.2.1.2.1 (b) e (c)];
- até 7 mm/h no Alentejo [Figura III.2.1.2.1 (d)];

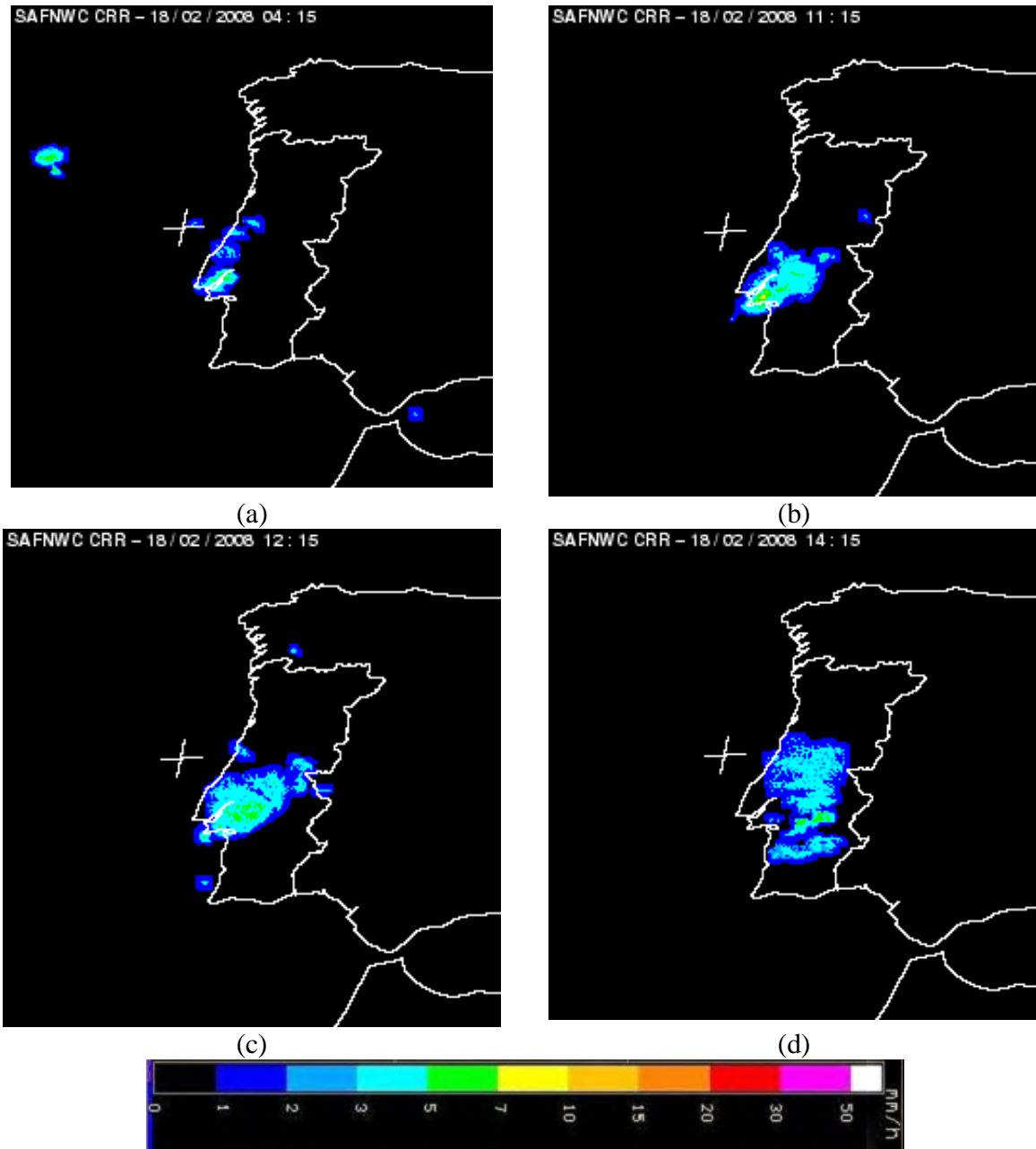


Figura III.2.1.2.1 – Produto CRR da SAF Nowcasting às (a) 04:15 UTC, (b) 11:15 UTC, (c) 12:15 UTC e (d) 14:15 UTC de dia 18/02/2008.



III.2.1.3 Modelos conceptuais

Produto ASII (SAF Nowcasting)

Entre as 18:00 UTC de dia 17 e as 18:00 UTC de dia 18 foram contabilizados os modelos conceptuais identificados pelo produto ASII (*Automatic Satellite Image Interpretation*) da SAF Nowcasting na área 37°N-40°N e 7°W-10°W (Tabela III.2.1.3.1). A informação corresponde a modelos conceptuais identificados automaticamente através das bandas do satélite Meteosat-9 e foi recolhida através do arquivo *on-line* em <http://www.knmi.nl/satrep/archive.htm>. Detalhes sobre os modelos conceptuais encontram-se descritos em ZAMG (2007a) e ZAMG (2007b).



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Tabela III.2.1.3.1– Modelos conceptuais SAF Nowcasting (ASII) – 17/18UTC até 18/18UTC

ASII na região 37°N-40°N e 7°W-10°W

Dia	Hora	Minuto	MCS	Cb	EC	CF	Wave	Oclusão
17	18	0	-	-	-	-	-	-
	15	1	-	-	-	-	-	-
	30	1	-	-	-	-	-	-
	45	1	-	-	-	1	-	-
	19	0	1	-	-	-	-	-
	15	1	-	-	1	-	1	-
	30	1	1	1	1	-	1	-
	45	1	2	1	1	-	1	-
	20	0	1	-	-	-	1	-
	15	1	-	-	-	-	1	-
	30	1	-	-	-	1	1	-
	45	2	1	-	-	-	-	-
	21	0	-	-	-	-	-	-
	15	1	-	-	-	-	1	-
	30	1	-	-	-	-	1	-
45	1	-	-	-	-	-	-	
22	0	-	-	-	-	1	-	
15	-	-	-	-	-	-	-	
30	1	-	-	1	-	-	-	
45	1	-	-	1	-	-	-	
23	0	-	-	1	-	1	-	
15	-	-	-	1	-	-	-	
30	-	-	-	1	-	1	-	
45	-	-	1	1	-	-	-	
18	0	0	-	-	-	-	-	-
	15	1	-	-	1	-	1	-
	30	1	-	-	1	-	-	-
	45	1	-	-	1	-	-	-
	1	0	1	-	1	-	-	-
	15	1	-	-	1	-	-	-
	30	1	-	-	2	-	-	-
	45	1	-	-	1	-	-	-
	2	0	1	-	1	-	-	-
	15	1	-	-	1	-	-	-
	30	1	-	-	1	-	-	-
	45	1	1	1	1	-	1	-
	3	0	-	-	-	-	-	-
	15	1	-	1	2	-	-	-
	30	1	-	1	2	-	-	-
	45	-	-	-	2	-	-	-
	4	0	-	-	2	-	-	-
	15	-	-	-	3	-	-	-
	30	-	-	-	2	-	-	-
	45	-	-	-	2	-	-	-
	5	0	-	-	2	-	-	-
	15	-	-	-	1	-	-	-
	30	-	-	1	1	-	-	-
	45	-	-	1	-	-	-	-
	6	0	-	-	-	-	-	-
	15	-	-	-	2	-	-	-
	30	-	-	1	2	-	-	-
	45	-	-	2	-	-	-	-
	7	0	-	-	1	-	-	-
	15	-	-	-	3	-	-	-
	30	-	-	-	1	-	-	-
	45	-	-	-	2	-	-	-
	8	0	-	-	1	-	-	-
	15	1	1	1	-	-	-	1
	30	1	1	1	2	-	-	-
	45	1	1	1	1	-	-	1
	9	0	-	-	-	-	-	-
	15	1	1	1	-	-	-	1
	30	1	1	1	1	-	-	1
	45	1	1	1	1	-	-	-
	10	0	1	1	1	-	-	-
	15	1	2	1	-	1	-	-
	30	1	-	1	-	-	-	-
	45	1	1	1	1	1	-	-
	11	0	1	1	1	-	1	-
15	1	-	-	1	-	-	-	
30	1	-	-	1	-	-	-	
45	1	-	-	2	-	-	-	
12	0	-	-	-	-	-	-	
15	1	1	1	1	-	-	-	
30	1	1	1	2	-	-	-	
45	1	1	1	2	-	-	-	
13	0	1	1	1	-	-	-	
15	1	1	1	1	-	-	-	
30	1	1	1	1	-	-	-	
45	1	1	1	1	-	-	-	
14	0	1	1	1	-	-	-	
15	-	-	-	-	-	-	-	
30	1	-	-	-	-	-	-	
45	1	-	-	-	-	-	-	
15	0	1	1	1	-	-	-	
30	1	1	1	1	-	-	-	
45	1	1	1	2	-	-	-	
16	0	1	1	1	-	-	-	
15	1	1	1	-	-	-	-	
30	1	1	1	-	-	-	-	
45	1	1	1	-	-	-	-	
17	0	1	-	-	-	-	1	
15	1	2	-	-	-	-	-	
30	1	1	-	-	-	-	-	
45	-	-	-	-	-	-	-	
18	U	-	-	-	-	-	-	



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Existem falhas de dados em 9 instantes dos 97 possíveis, o que corresponde a 9% de falhas. De um total de 12 modelos conceptuais incluídos no produto ASII foram identificados 6, maioritariamente os modelos conceptuais de MCS (Sistema convectivo de mesoscala), Cb (*Cluster* de Cumulonimbos) e EC (*Enhanced Cumulus*, Cúmulos desenvolvidos) – Figura III.2.1.3.1.

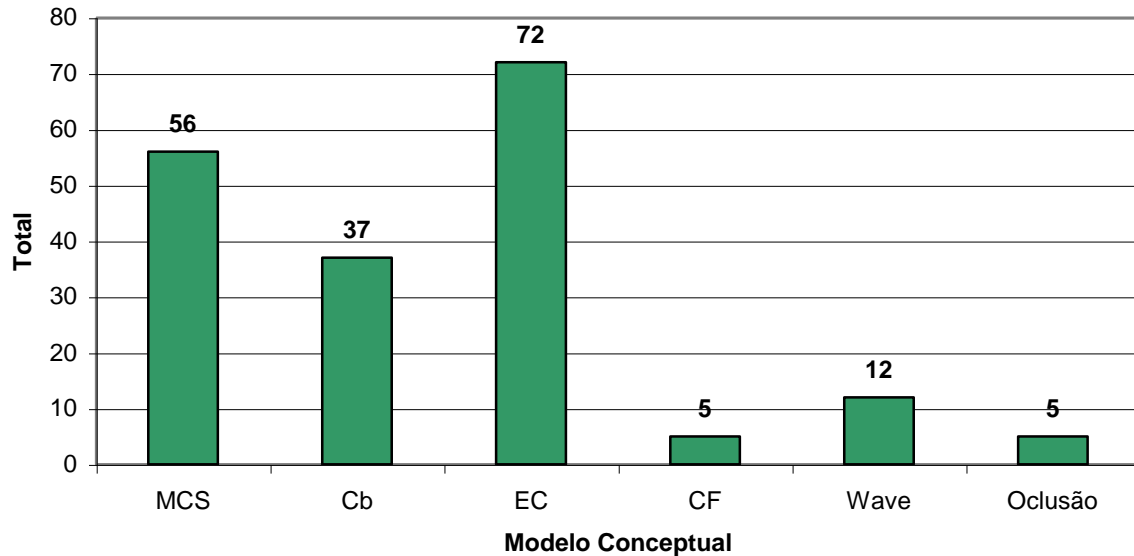


Figura III.2.1.3.1 – Número de vezes que cada modelo conceptual foi identificado entre as 18:00 UTC de dia 17/02/2008 e as 18:00 UTC de dia 18/02/2008 na área 37°N-40°N e 7°W-10°W. MCS = Sistema Convectivo de Mesoscala. EC = *Enhanced Cumulus* (Cúmulos desenvolvidos), Cb = *Cluster* de Cumulonimbos, WAVE = Ondulação, CF = Frente fria, Oclusão.

Notar que, num determinado instante, um modelo conceptual pode ser identificado mais que uma vez na área considerada. Por outro lado, de referir que os modelos de CAC (*Cold Air Cloudiness*) e Comma não foram identificados sobre a região de interesse.

Nos 5 instantes entre as 04:00UTC e 05:00UTC, em que ocorreu um pico de precipitação na região de Lisboa, o modelo conceptual de *Enhanced Cumulus* (EC, Cúmulos desenvolvidos) é identificado 1 vez em 4 instantes (Figura III.2.1.3.2). Às 04:15 UTC não é identificado nenhum modelo conceptual sobre Lisboa.

Nos 4 instantes entre as 11:00UTC e 11:45 UTC (não existem dados de ASII às 12:00UTC), período em que ocorreu o pico de precipitação em Setúbal, o modelo conceptual de *Enhanced Cumulus* é identificado 2 vezes e o modelo conceptual de Cb (*Cluster* de Cumulonimbos) 1 vez (Figura III.2.1.3.3). Às 11:30 UTC não é identificado nenhum modelo conceptual sobre Setúbal.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

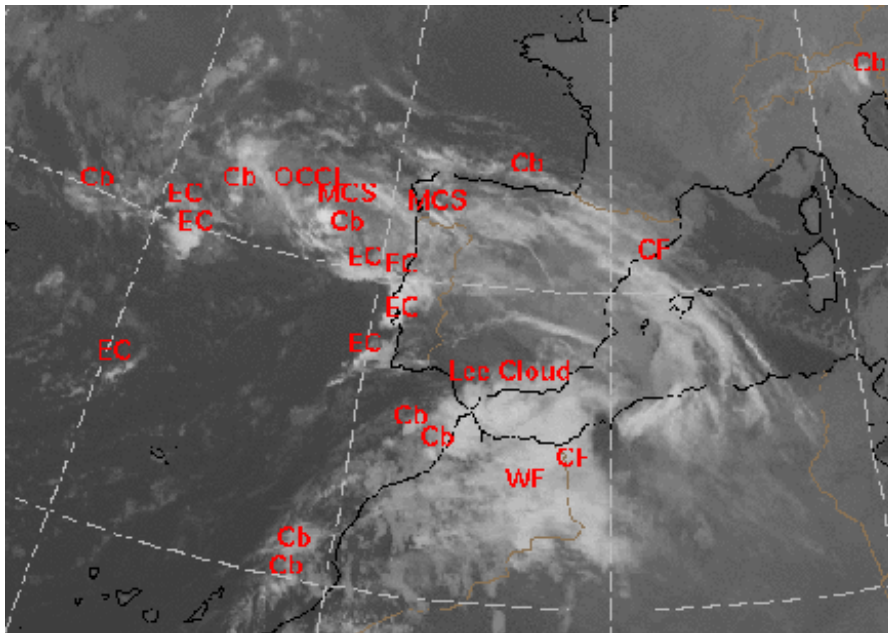


Figura III.2.1.3.2 – Modelos conceptuais identificados pelo produto ASII da SAF Nowcasting para o dia **18/02/2008 às 04:00 UTC** (precipitação intensa em Lisboa). Cb – Cluster de Cumulonimbos; CF – Frente fria; EC – *Enhanced Cumulus* (Cúmulos desenvolvidos); WF – Frente Quente; MCS – Sistema Convectivo de Mesoscala; OCCL – Oclusão.

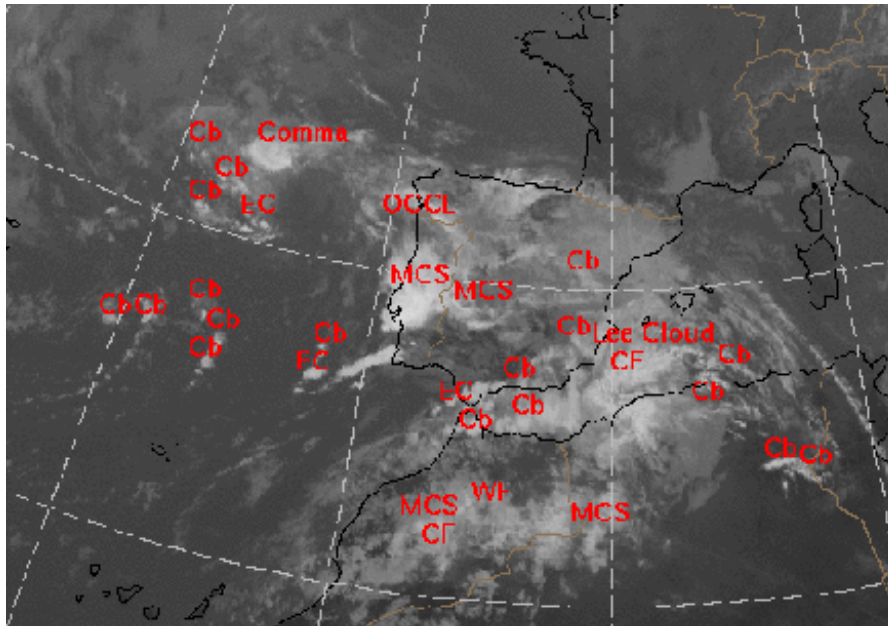


Figura III.2.1.3.3 – Modelos conceptuais identificados pelo produto ASII da SAF Nowcasting para o dia **18/02/2008 às 11:30 UTC** (precipitação intensa em Setúbal). Cb – Cluster de Cumulonimbos; CF – Frente fria; Comma = Nuvem do tipo “comma”; EC – *Enhanced Cumulus* (Cúmulos desenvolvidos); Lee Cloud = Nuvem de montanha; WF – Frente Quente; MCS – Sistema Convectivo de Mesoscala; OCCL – Oclusão.

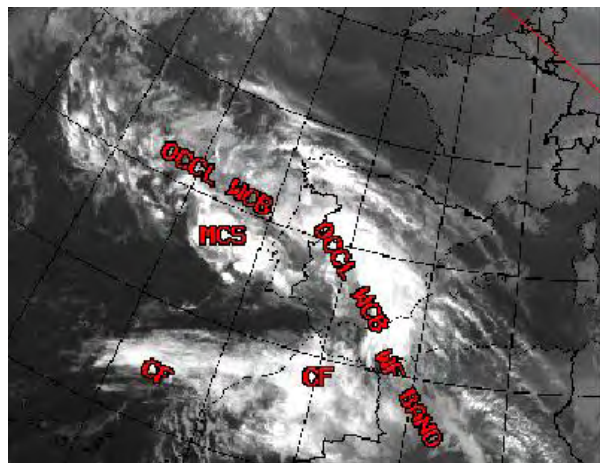


SATREP

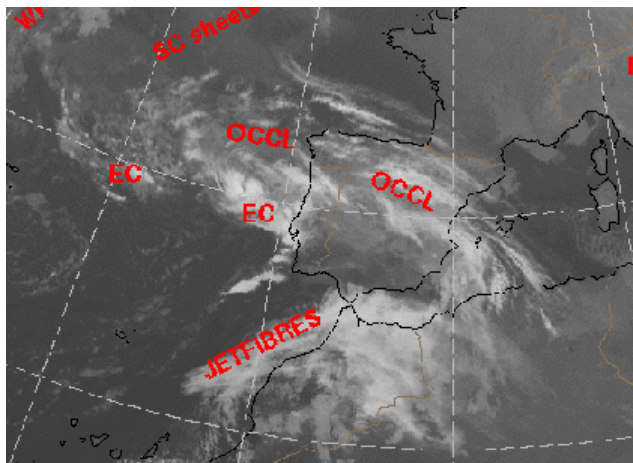
No SATREP, que corresponde a uma análise não automática realizada de 6 em 6 horas, o sistema nebuloso que se localiza sobre o mar a oeste do Continente no dia 17 às 18:00 UTC é identificado como um sistema convectivo de mesoscala (MCS), passando às 00UTC de dia 18 a ser considerado um EC (*Enhanced Cumulus*) e localizado mais próximo do continente. Às 06:00, 12:00 e 18:00 UTC de dia 18 os sistemas nebulosos existentes são englobados no modelo conceptual de *Cluster* de Cumulonimbos (Figura III.2.1.3.4).



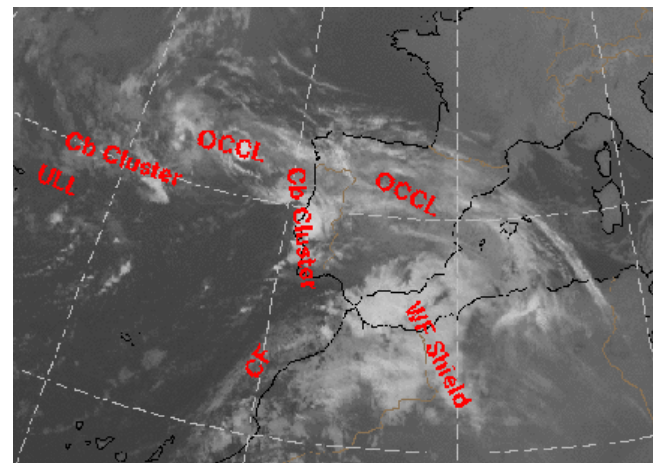
Cheias de 18 Fevereiro de 2008



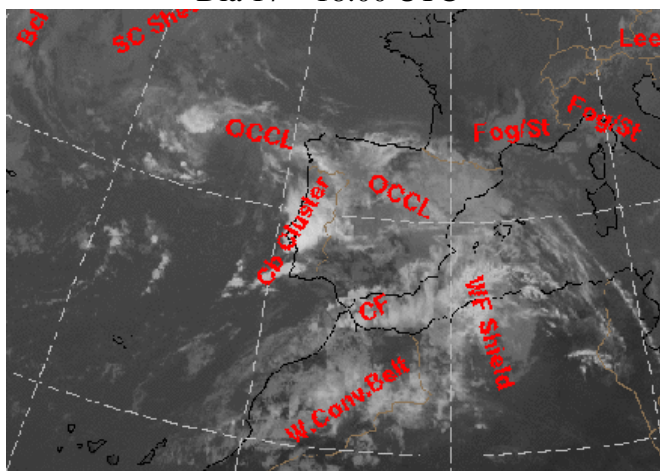
Dia 17 – 18:00 UTC



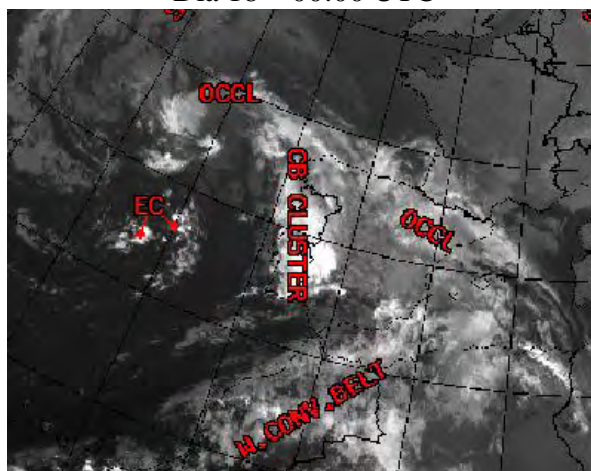
Dia 18 – 00:00 UTC



Dia 18 – 06:00 UTC



Dia 18 – 12:00 UTC



Dia 18 – 18:00 UTC

Figura III.2.1.3.4 – SATREP entre as 18:00 UTC de dia 17/02/2008 e as 18:00 UTC de dia 18/02/2008.



III.2.2 Descargas eléctricas

As descargas eléctricas foram avaliadas a partir da rede de detectores de descargas eléctricas atmosféricas (DEA) do IM. Nas Figura III.2.2.1 e III.2.2.2 pode-se ver que o número de DEA é muito superior no período das 6:00 UTC às 18:00 UTC do dia 18 do que no período entre as 18:00 UTC de dia 17 e as 6:00 UTC de dia 18. No segundo período para toda a área representada foram detectadas 5141 descargas (do tipo intra-nuvem, entre-nuvens e nuvens-solo), sendo que para o primeiro período (18:00 de dia 17 até 6:00 de dia 18) foram detectadas apenas 618 descargas.

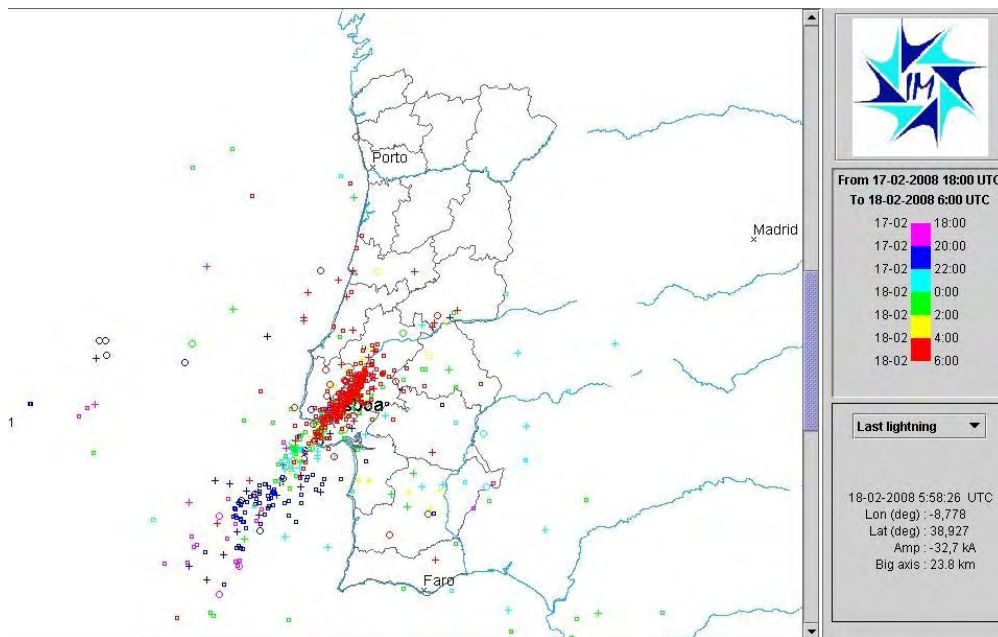


Figura III.2.2.1 - Descargas eléctricas em Portugal Continental entre as 18:00 UTC de 17/02/2008 e as 06:00 UTC de 18/02/2008.

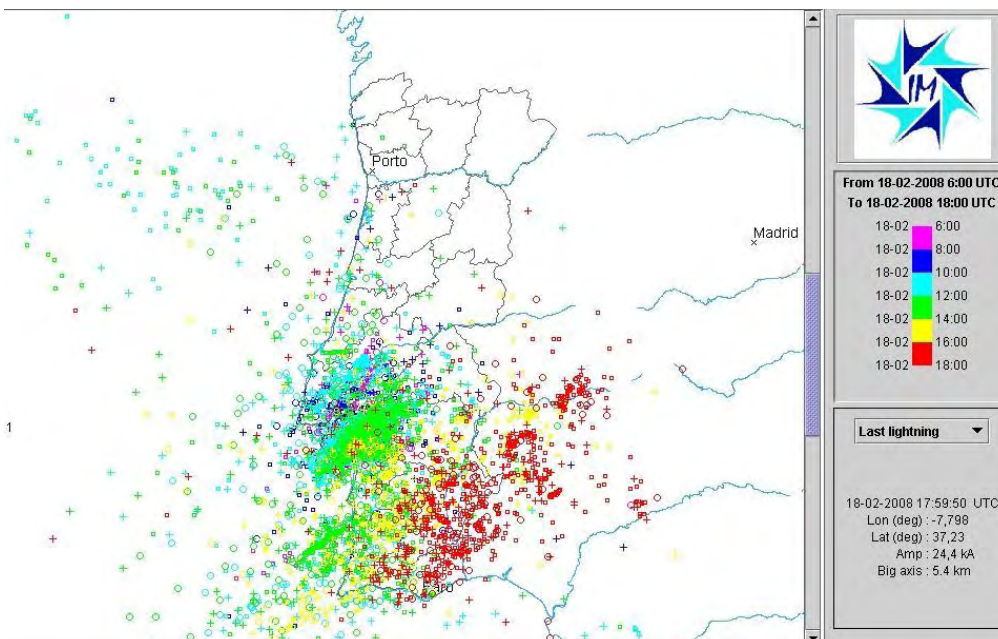


Figura III.2.2.2 - Descargas eléctricas em Portugal Continental entre as 6:00 UTC e 18:00 UTC de 18/02/2008.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

O número de descargas começa a ser mais frequente às 4:00 UTC sobre Lisboa. É de registar que essas descargas se vão mantendo sobre Lisboa em maior número entre as 4:00 UTC e 12:00 UTC. Na região de Setúbal, as descargas permanecem menos tempo (entre 10:30 UTC e 13:30 UTC).

Foram escolhidos 3 períodos distintos de 90 minutos que coincidem com os máximos de precipitação em Lisboa, Setúbal e Beja:

Lisboa – dia 18 entre as 3:50 UTC e as 5:20 UTC (Figura III.2.2.3);

Setúbal - dia 18 entre as 10:50 UTC e as 12:20 UTC (Figura III.2.2.4);

Beja - dia 18 entre as 14:00 UTC e as 15:30 UTC (Figura III.2.2.5).

Para cada um destes períodos o nº de descargas é de **137**, **1432** e **275** respectivamente.

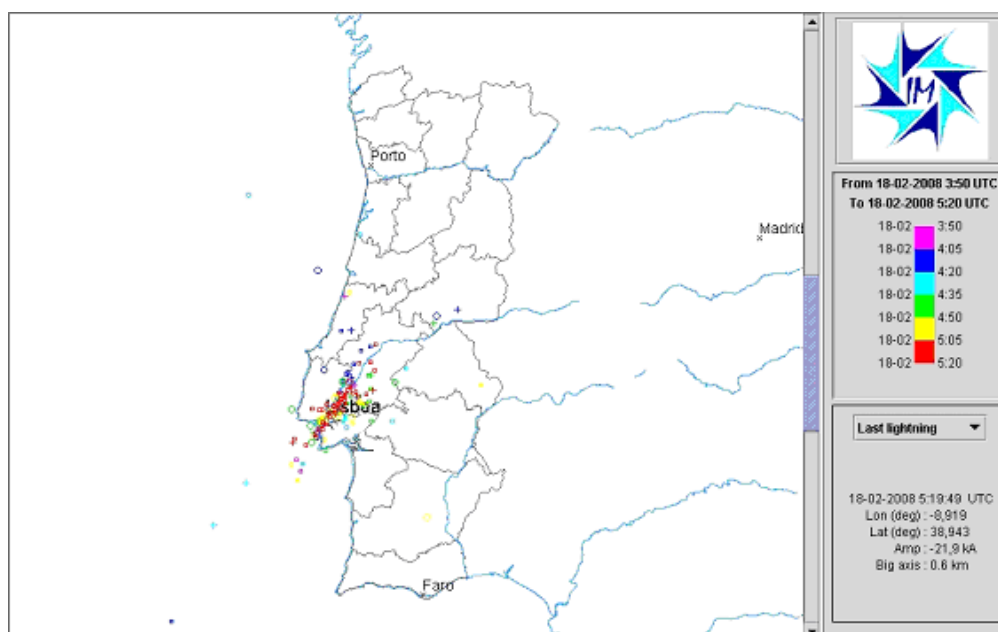


Figura III.2.2.3 - Descargas eléctricas em Portugal Continental entre as 3:50 UTC e as 5:20 UTC de 18/02/2008.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

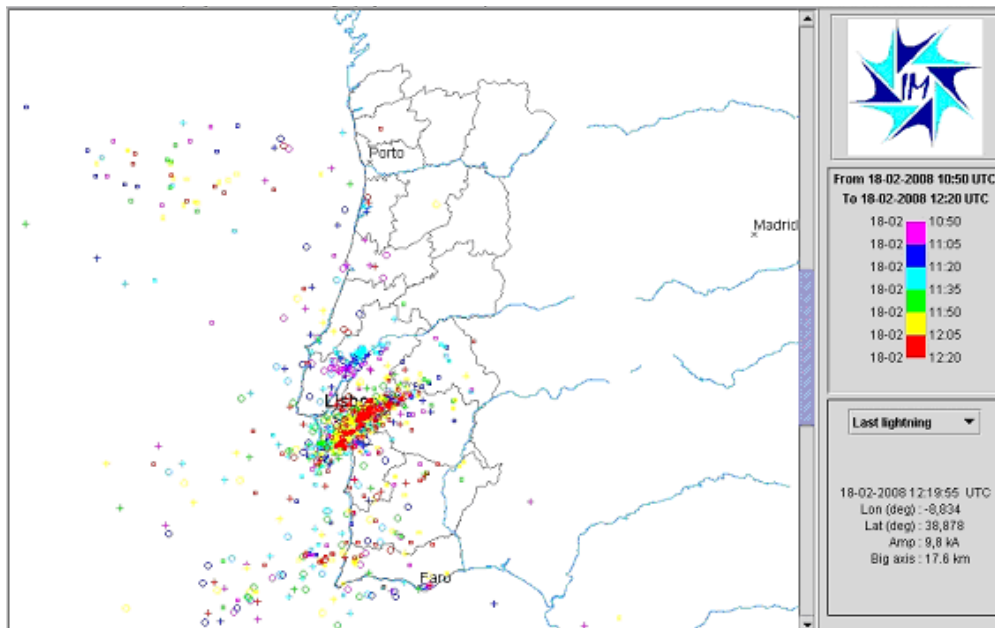


Figura III.2.2.4 - Descargas eléctricas em Portugal Continental entre as 10:50 UTC e as 12:20 UTC de 18/02/2008.

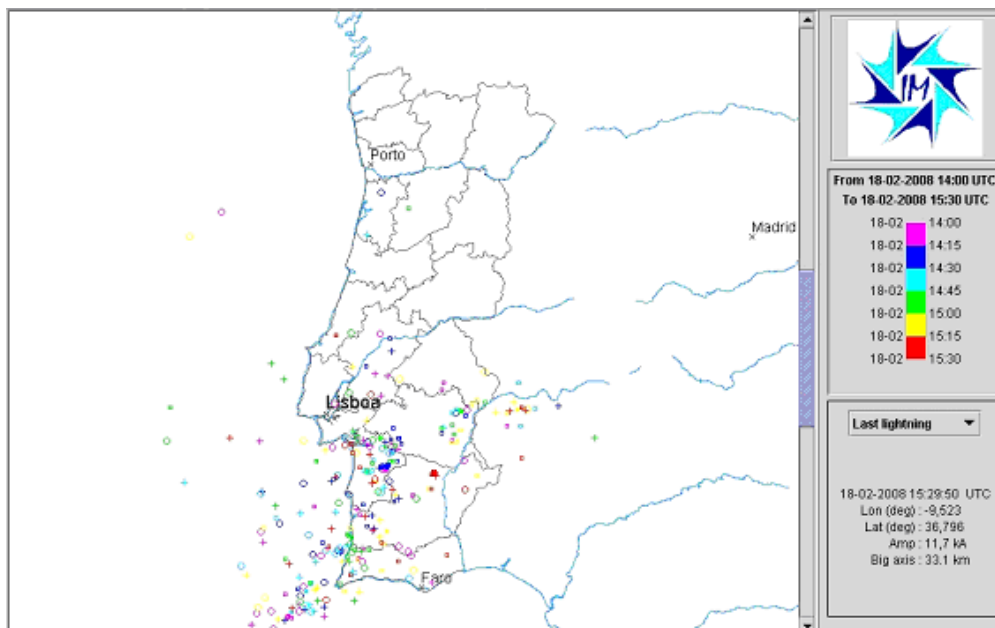


Figura III.2.2.5 - Descargas eléctricas em Portugal Continental entre as 14:00 UTC e as 15:30 UTC de 18/02/2008.



III.2.3 RADAR

III.2.3.1 Eficiência da precipitação

A eficiência da precipitação (EP) exprime a capacidade que um sistema evidencia em eliminar a massa de vapor de água que extraiu da atmosfera, sob a forma de precipitação. De acordo com a literatura, elevados valores de EP são favorecidos por:

- (i) baixos valores de *wind shear* vertical (Marwitz, 1972)
- (ii) baixa altitude da base das nuvens (Fankhauser, 1988)
- (iii) baixos valores de CIN (*Convective Inhibition*, Inibidor da convecção) - Market *et al* (2003)

Segundo estes critérios, parecem estar reunidas as condições para que o sistema em análise seja caracterizado por uma elevada EP. De facto, o campo do movimento horizontal aos vários níveis, revelado pelos perfis do radar de Coruche/Cruz do Leão (C/CL), evidencia um escoamento de sudoeste a partir dos 1000m de altitude. Este escoamento, sempre com intensidade entre 25 e 30kt, é sugestivo de *updrafts* praticamente verticais (ver Figura III.2.3.1.1), facto confirmado por observações radar de reflectividade (Z). Uma advecção de ar quente é igualmente observada na camada superfície-1500m.

Por outro lado, as observações aerológicas das 12UTC de 17 e 18 de Fevereiro revelaram o ponto de Normand a, respectivamente, 600m e 150m de altitude; para o período de interesse foi assumido que o ponto de Normand se encontra a cerca de 300m de altitude. Este valor sugere nuvens de base muito baixa e o valor de CIN, pelas 12UTC de dia 18, é de 0J/Kg.

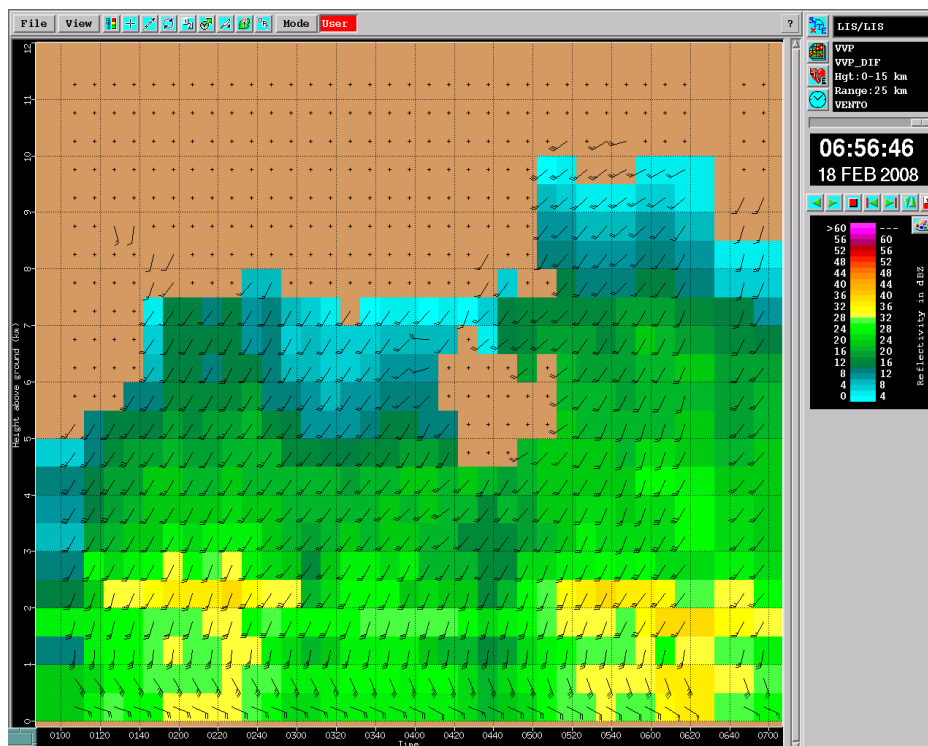


Figura III.2.3.1.1 – Perfis verticais do vento gerados pelo radar de C/CL (kt) e reflectividade integrada em camada (dBZ) , 00:01-07:00 UTC de 18 Fevereiro de 2008.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

No entanto, sem prejuízo desta análise, há que notar que também o conhecimento dos processos microfísicos envolvidos no crescimento da precipitação é fundamental para estimar a sua eficiência (Smith, 1979) e dois aspectos impedem, neste caso, uma análise mais profunda: (i) o facto de as observações radar disponíveis não resultarem de dupla polarização inviabilizando, portanto, uma identificação da fase dos retrodifusores observados por métodos directos e (ii) o facto de a relação entre os processos microfísicos envolvidos no crescimento da precipitação e a eficiência da mesma ser um tema ainda em discussão pela comunidade científica internacional.



III.2.3.2 Intensificação orográfica da precipitação

O campo da precipitação acumulada foi obtido por integração do campo da intensidade da precipitação (SRI, *Surface Rainfall Intensity*) observado com periodicidade de 5 minutos. Uma análise do padrão da precipitação acumulada para o período de 24h (entre 18:00 UTC de 17 de Fevereiro e 18:00 UTC de 18 de Fevereiro) revela um aspecto interessante: evidente uma razoável correlação espacial entre os valores máximos relativos da grandeza e áreas de cota máxima próxima de 400m (Figura III.2.3.2.1). Faz-se notar que esta análise se limita a regiões em que os valores não foram máximos absolutos, até uma distância de 100Km da estação de radar.

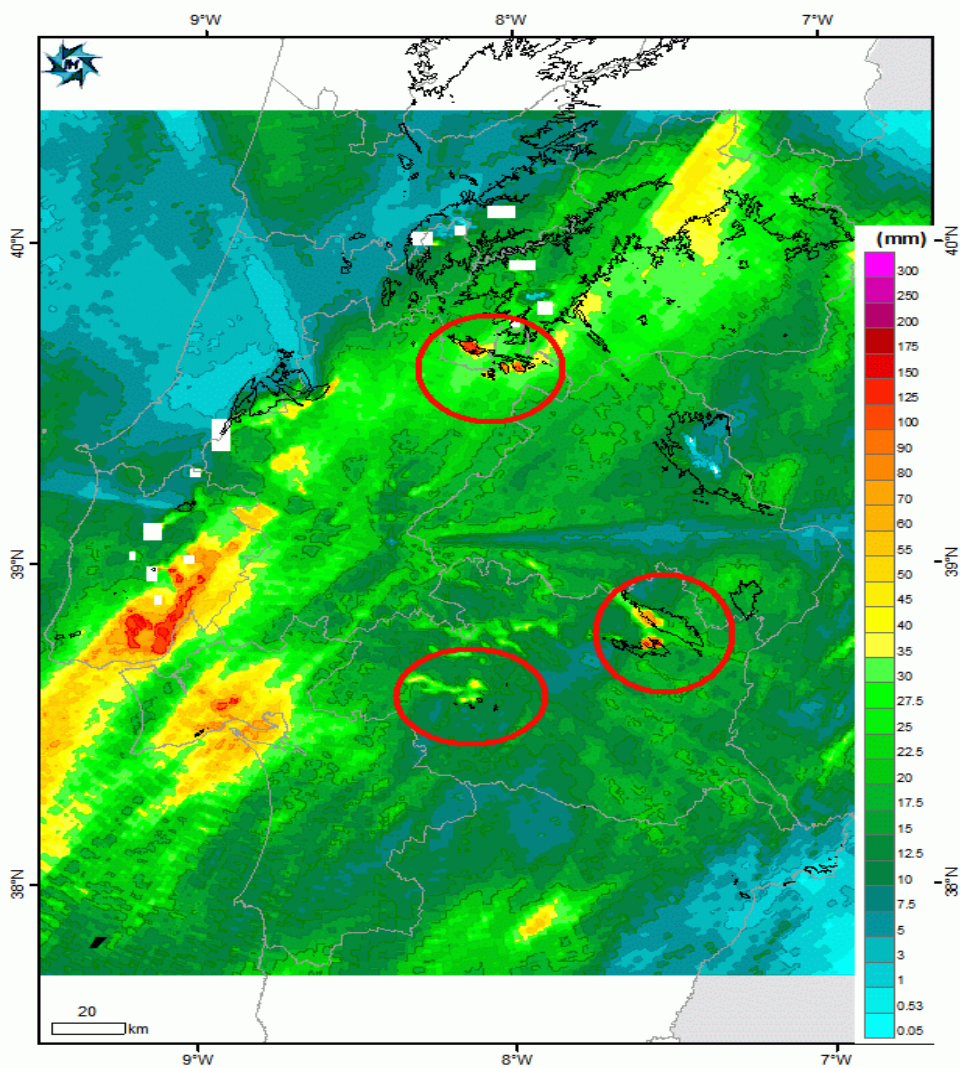


Figura III.2.3.2.1 – Campo das curvas de nível de 400m (a preto) sobreposto ao da precipitação acumulada para o período de 24h (18:00 UTC de 17 de Fevereiro – 18:00 UTC de 18 de Fevereiro 2008).



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

No entanto, a relação só se verifica para acidentes topográficos com uma orientação favorável, isto é perpendicular ao escoamento associado aos maiores valores acumulados: este escoamento é de sudoeste pelo que as serras com orientação NW-SE foram aquelas em que o fenómeno se acentuou, designadamente: serras de Ossa e Monfurado (Alentejo) e área SW da serra da Lousã (áreas assinaladas a vermelho na Figura III.2.3.2.1).

Fazendo incidir a análise sobre as regiões de Lisboa e Setúbal já não há, de todo, evidência de intensificação orográfica. Este facto será, certamente, devido à intervenção predominante de outro tipo de mecanismos nestas áreas (Figura III.2.3.2.2).

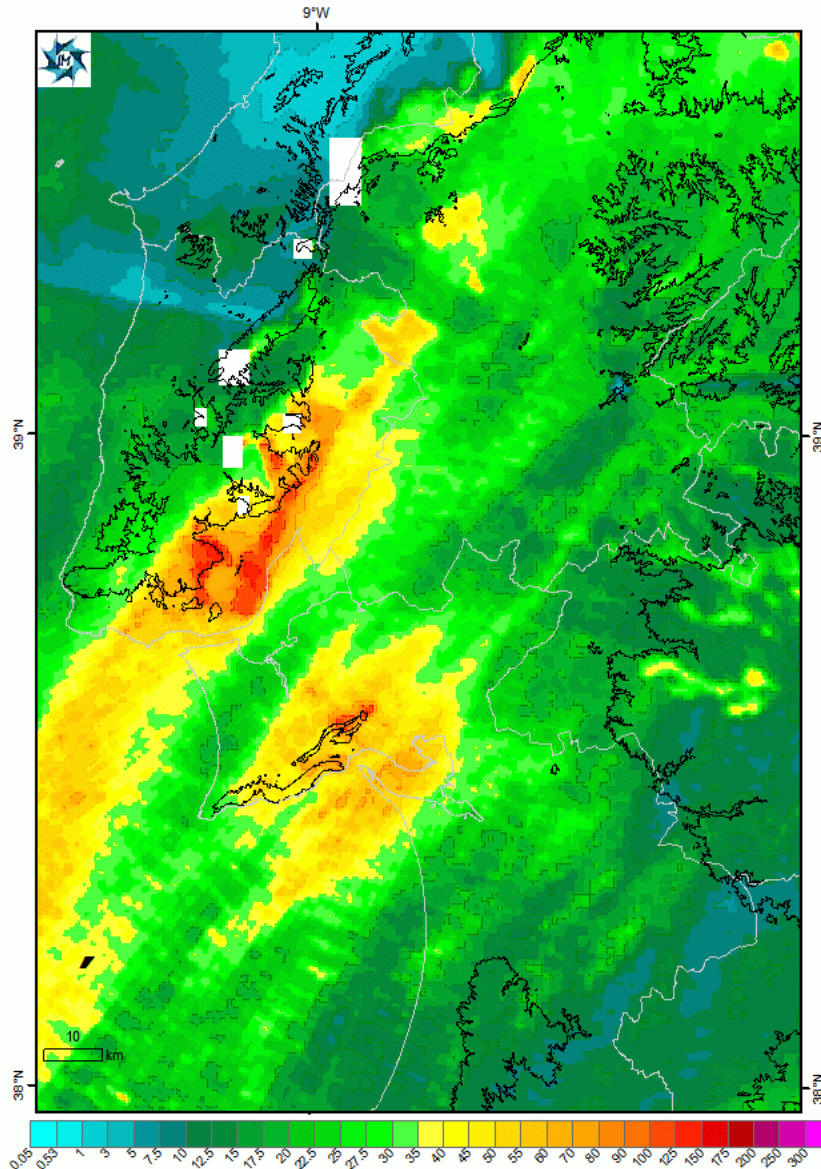


Figura III.2.3.2.2 - Campo das curvas de nível de 150m sobreposto ao da precipitação acumulada para o período de 24h (18:00 UTC de 17 de Fevereiro – 18:00 UTC de 18 de Fevereiro 2008), sobre as regiões de Lisboa e Setúbal.



III.2.3.3 Evolução temporal da precipitação

A análise da evolução temporal da estrutura vertical do campo de Z (ver discussão em III.2.3.4.2 sobre o critério de selecção da secção de corte) mostra que, durante o período de interesse, a convecção preenche uma extensão vertical sempre mais importante sobre a região de Lisboa, face às regiões vizinhas (ver exemplo na Figura III.2.3.3.1); a análise dos *cores* convectivos (volumes do interior das nuvens em que a reflectividade radar é máxima, constituindo o seu núcleo convectivo, indicador da pujança da convecção) também evidencia que sobre esta região as condições para a convecção são mais favoráveis do que se verifica a montante (sobre o mar) e a jusante (sobre o Ribatejo), onde os *cores* apresentam sempre valores de Z inferiores. Destes elementos observacionais resulta que a componente advectiva, por si só, não constitui auxiliar no processo predictivo, para aquele período.

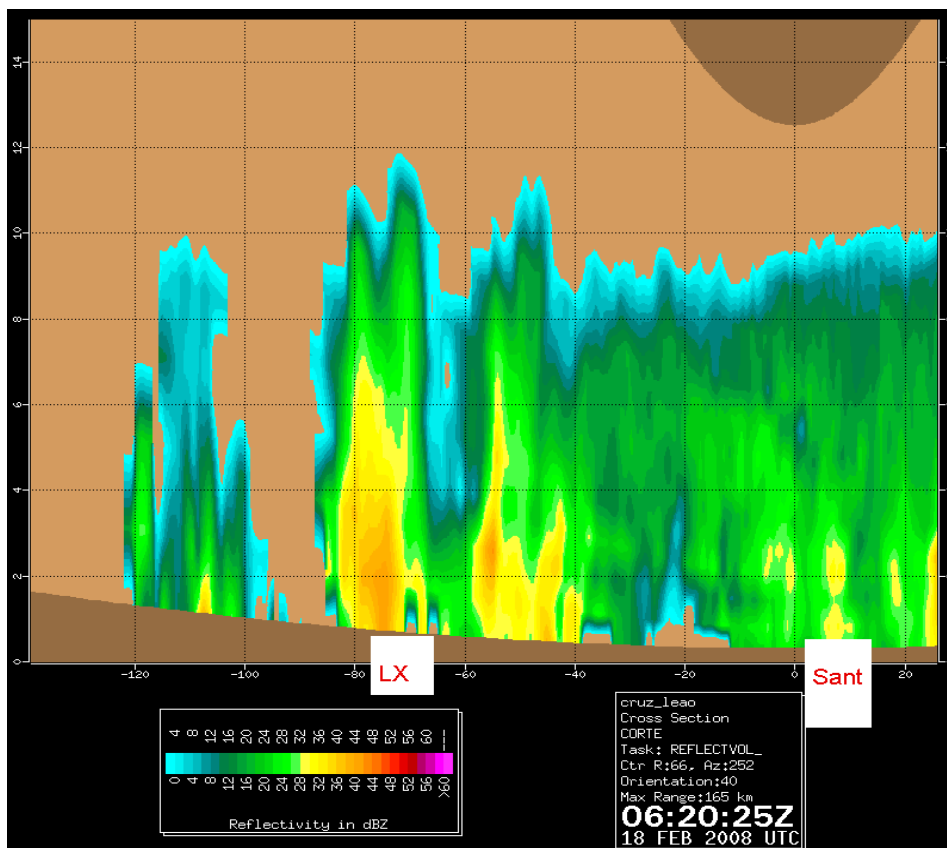


Figura III.2.3.3.1 – Corte vertical de Z, SW-NE, com indicação da localização das cidades de Lisboa (Lx) e Santarém, 06:20UTC, 18 de Fevereiro 2008.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Uma análise comparativa de campos adequados observados com radar permite concluir que as células convectivas consideradas individualmente advectam para nordeste, como o escoamento médio 850-500hPa faria prever; no entanto, a mesma análise mostra igualmente que o sistema como um todo se propaga de modo quási-estacionário. De facto, um conjunto de observações de valores de precipitação horária acumulada para o período 2-9 UTC, para a região de Lisboa, de que se exemplifica o período 2-5 UTC (ver Figuras III.2.3.3.2 a III.2.3.3.5), permite verificar a existência de uma oscilação na localização dos valores máximos relativos, entre a cidade de Lisboa e uma área a noroeste, assinaladas.

Esta oscilação evidencia a passagem de sucessivas células convectivas sobre duas áreas preferenciais, isto é, a existência de um mecanismo designado por *training* sobre essas áreas.

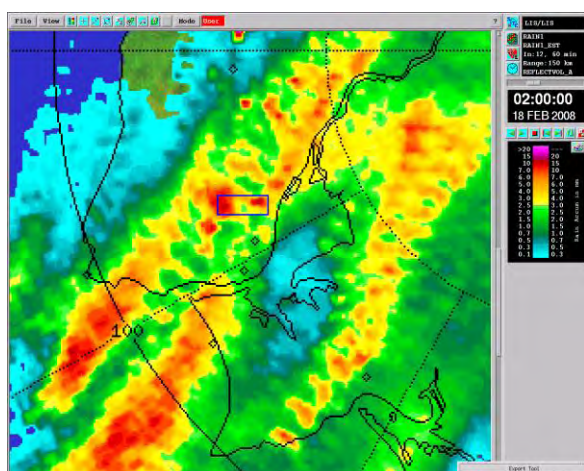


Figura III.2.3.3.2 – Precipitação horária acumulada às 2:00 UTC de 18 Fevereiro de 2008. Assinaladas áreas com valores máximos.

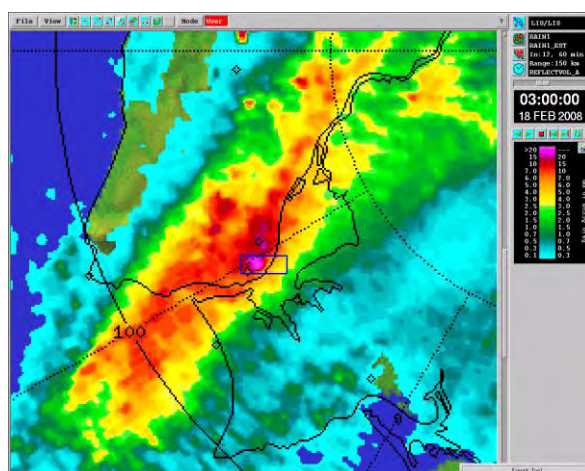


Figura III.2.3.3.3 – Precipitação horária acumulada às 3:00 UTC de 18 Fevereiro de 2008. Assinaladas áreas com valores máximos.

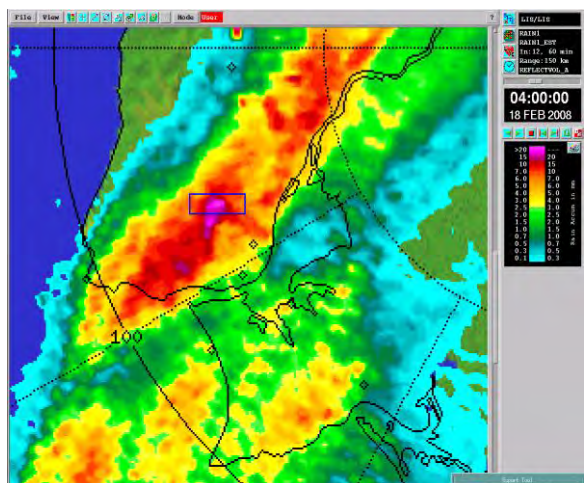


Figura III.2.3.3.4 – Precipitação horária acumulada às 4:00 UTC de 18 de Fevereiro 2008. Assinaladas áreas com valores máximos.

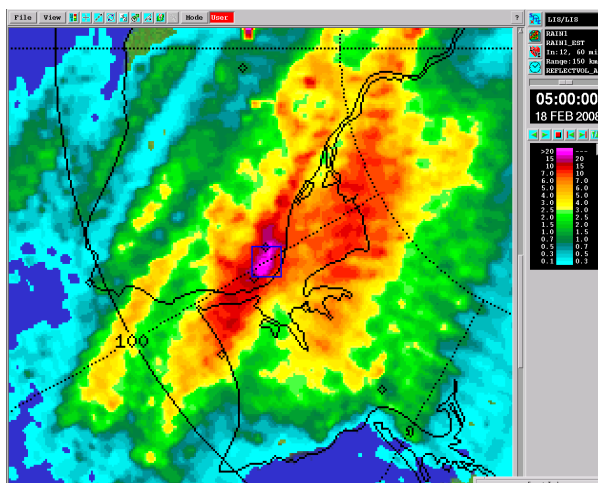


Figura III.2.3.3.5 – Precipitação horária acumulada às 5:00 UTC de 18 de Fevereiro 2008. Assinaladas áreas com valores máximos.



III.2.3.4 Caracterização do regime de precipitação observado

III.2.3.4.1 Modelos Conceptuais adoptados: Dinâmica da Convecção, Processos Microfísicos e Actividade Eléctrica

Para caracterizar o regime de precipitação observado nas áreas de interesse, há que fazer uma análise da dinâmica da convecção verificada, dos processos microfísicos presentes e da actividade eléctrica observada (AE).

A dinâmica da convecção é analisada com base na adopção dos seguintes modelos conceptuais, para cada um dos tipos de regime:

Regime estratificado – seguido o critério clássico da observação de banda brilhante (Fabry e Zawadzki, 1995), isto é, de um máximo relativo de reflectividade radar em corte vertical, com continuidade espacial, resultante da mudança de fase dos hidrometeoros nas vizinhanças do nível de congelação. Esta estrutura, a ser identificada, em geral 200m acima do nível de congelação, indica a existência de um regime estratificado, com *updrafts* pouco vigorosas.

Regime convectivo – seguido o critério convencional do limiar de Z, sendo considerado regime convectivo aquele em que se observe a presença de estruturas com MAXZ igual ou superior a 35 dBZ, em alguma fase do respectivo ciclo de vida (Medaglia *et al*, 2005).

A discussão dos processos microfísicos presentes na situação em análise não pode apoiar-se apenas na observação radar, já que os sistemas de radar que o IM explora não são polarimétricos, inviabilizando, como anteriormente referido, uma identificação da fase dos retrodifusores por métodos directos. Deste modo é necessário recorrer a modelos conceptuais para analisar os referidos processos:

Warm rain - trata-se do processo que ocorre, por definição, em nuvens cuja massa se forma a uma temperatura superior a 0°C; neste caso, o crescimento das gotas estabelece-se por coalescência e colisão e a precipitação resultante pode estar associada quer a regimes contínuos, estratificados, quer a regimes intermitentes, associados a maior instabilidade. No caso de existirem células convectivas na massa de ar, o processo *warm rain* é frequentemente responsável pela formação de gotas sobrefundidas (gotas a temperatura inferior a 0°C) que, ao serem integradas na circulação destas estruturas, se podem converter em *graupel* - água sobrefundida envolvendo floco de neve, com diâmetro até 5mm (AMS, 2000) - e, em alguns casos, produzir a glaciação nos topos das células (formação de cristais de gelo).

Cold rain - este processo, pelo contrário, ocorre em nuvens que se formam a temperatura inferior a 0°C; nesta situação o crescimento estabelece-se pelo chamado mecanismo do cristal de gelo, relativamente complexo e com diversos sub-mecanismos envolvidos, cuja discussão sai fora do âmbito do presente estudo. Os hidrometeoros produzidos podem ser aglomerados de neve de vários tipos e, eventualmente, gelo amorfo (granizo), caso se trate de cumulonimbos (Figura III.2.3.4.1.1).

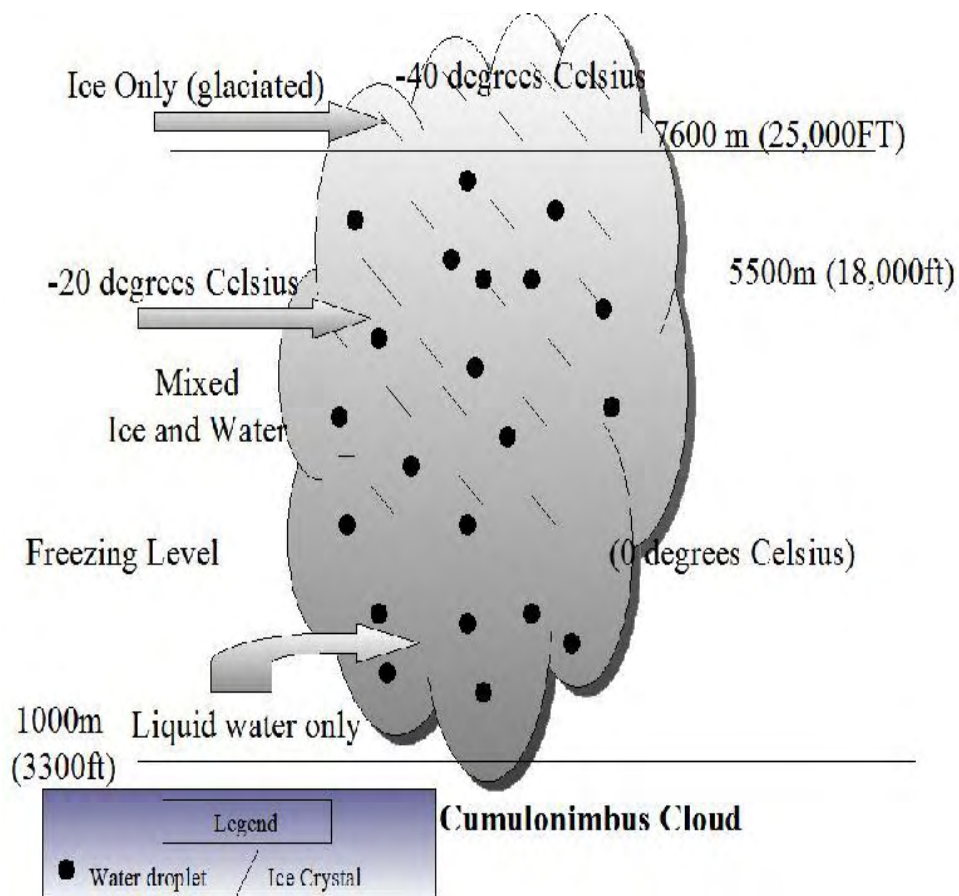


Figura III.2.3.4.1.1 – Modelo conceptual de *cold rain* (retirado da página Fort Bragg).

Quanto à interpretação da AE da perturbação em estudo – resultante da dinâmica da convecção e processos microfísicos presentes - foram adoptados os modelos conceptuais seguidos por Zajac e Weaver (2002). Estes modelos defendem o mecanismo de carga por colisão gelo-gelo, em função do conteúdo em água líquida da nuvem (CLW) (ver Figura III.2.3.4.1.2). De acordo com estes modelos, um elevado CLW está associado à presença de *updrafts* convectivas que, após a colisão entre *graupel* e cristais de gelo, tendem a formar dipolos em nuvens de grande desenvolvimento vertical, impostos pela grande disparidade de velocidade de queda deste hidrometeoros (predominância de DEA negativas); um baixo CLW tende a estar associado a regimes mais estratificados e menor predominância de DEA negativas.

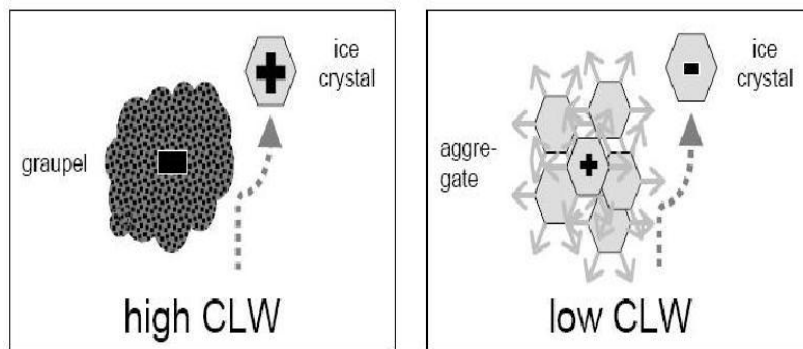


Figura III.2.3.4.1.2 - Modelo conceptual de mecanismo de carga por colisão gelo-gelo em função do conteúdo em água líquida (Zajac e Weaver, 2002).



III.2.3.4.2 Dinâmica da Convecção, Processos Microfísicos e Actividade Eléctrica: discussão para a região de Lisboa

Área e período de interesse

Uma comparação qualitativa entre o padrão espacial revelado pela observação radar e o padrão espacial revelado pelas observações udométricas, efectuada para todo o período de interesse (18:00 UTC de 17 de Fevereiro a 18:00 UTC de 18 de Fevereiro) evidencia, de modo consistente, que os valores máximos absolutos do campo da precipitação acumulada são observados na região de Lisboa. Na Figura III.2.3.4.2.1 mostra-se o campo observado com radar, a título ilustrativo.

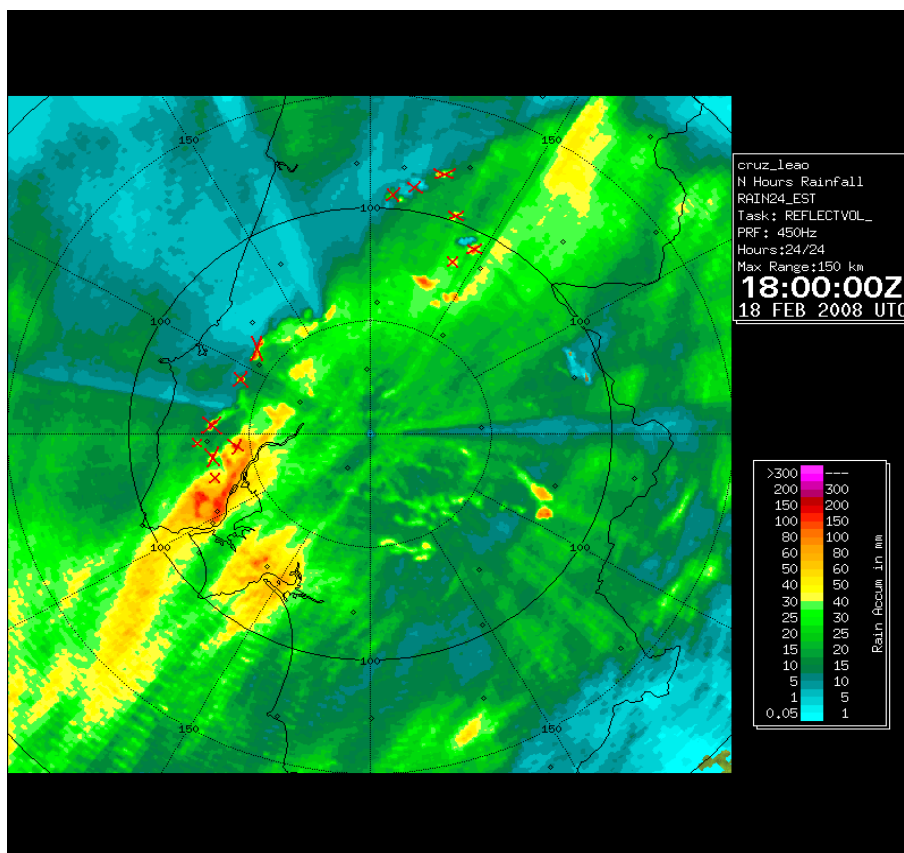


Figura III.2.3.4.2.1 – Precipitação acumulada para o período de 24h (18:00 UTC de 17 de Fevereiro – 18:00 UTC de 18 de Fevereiro 2008), sobre a área de cobertura do radar C/CL (assinaladas a cruz as localizações de parques eólicos, geradores de sinal espúrio).

Uma vez que o estudo da dinâmica da convecção e dos processos microfísicos presentes, exige a execução de cortes verticais sobre o campo de Z, foi necessário seleccionar a localização e o período correspondente a uma secção de corte, dentro da região de Lisboa (na qual, como referido, os valores da precipitação acumulada foram os mais elevados). Para este fim, foi identificado o pixel com o valor máximo do campo da precipitação acumulada observada com radar para o período das 24 horas e seleccionada a secção de corte contendo este pixel, com a orientação da advecção observada; o período seleccionado foi o



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

compreendido entre a 1 e as 9 UTC de 18 de Fevereiro, por ser neste período que os valores de precipitação acumulada mais se concentraram; com efeito, tomando o pixel de valor máximo pertencente à referida secção de corte considerada, verificou-se a distribuição dos valores acumulados para diversos sub-períodos constantes da Tabela III.2.3.4.2.1

Tabela III.2.3.4.2.1 – Distribuição dos valores de precipitação acumulada em 24h, por sub-períodos, no pixel de valor máximo para a região de Lisboa.

Período (UTC) (17-18Fev)	Valor acumulado (%)
18-01	23
01-09	60
09-18	17

Este facto levou a seleccionar a secção referenciada sobre este pixel e indicada na Figura III.2.3.4.2.2, para efeitos de estudo observacional (valores semelhantes foram verificados para outros pixéis de valor próximo do máximo).

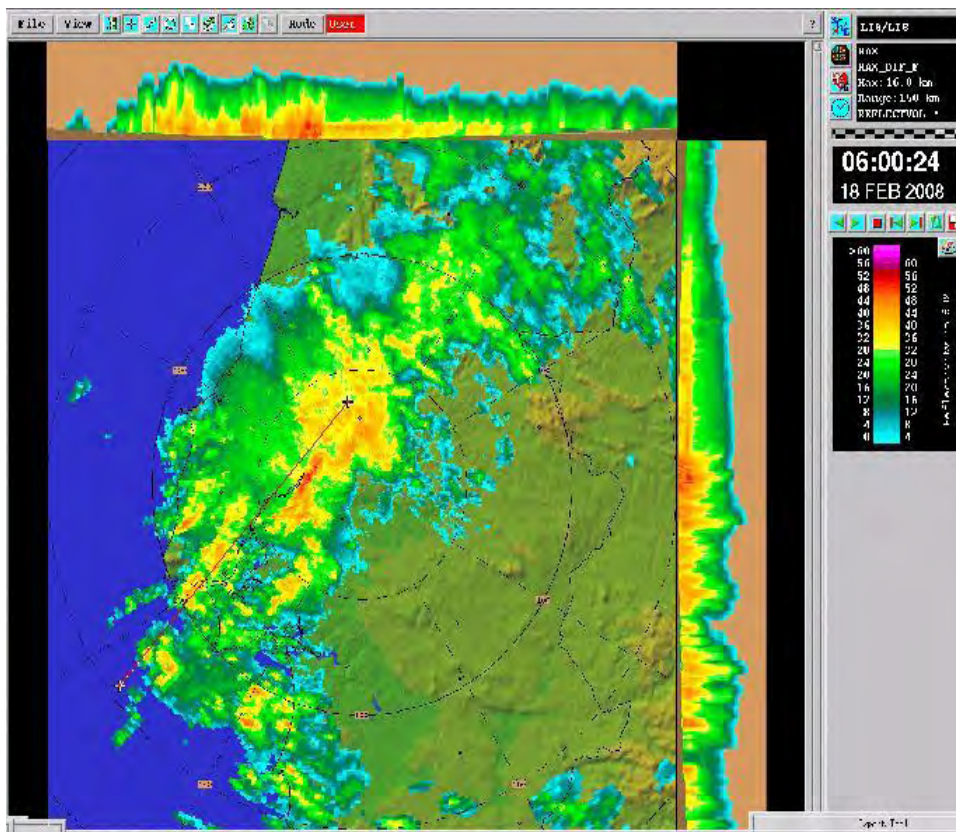


Figura III.2.3.4.2.2 – Localização da secção de corte SW/NE, na região de Lisboa, seleccionada para efeitos de estudo observacional, às 06:00 UTC de 18 de Fevereiro 2008.

A secção inicia-se, a SW, sobre o Atlântico, atravessa de SW para NE a Estremadura e termina já no Ribatejo, região onde os valores de precipitação acumulada foram notoriamente mais baixos.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

A massa de ar advectada sobre a região é de tipo tropical marítimo, conforme anteriormente referido. Tendo em atenção os níveis de congelação revelados pelas radiossondagens das 12UTC dos dias 17 e 18 de Fevereiro (respectivamente 2500m e 2200m de altitude) e as detecções do nível da banda brilhante que foi possível efectuar recorrendo a observação radar, foi assumido que para o período de interesse (1-9 UTC de 18 de Fevereiro) o nível de congelação se encontra a 2300m de altitude. Por outro lado, como referido anteriormente, as mesmas observações sugerem para o período em causa, um ponto de Normand a cerca de 300m de altitude.

Recorreu-se à animação de um conjunto de cortes verticais efectuados sobre Z para a secção referida, período indicado, extensão vertical entre 300m e 15000m de altitude e periodicidade de 10 minutos, para efectuar a discussão constante dos 2 próximos sub-capítulos.

Dinâmica da Convecção

A análise da dinâmica do escoamento quanto à convecção envolvida na área e período de interesse baseia-se em animações do produto MAXZ, em diversos cortes verticais efectuados e na aplicação dos modelos conceptuais adoptados.

A análise dos referidos produtos permite identificar, na área e período de interesse, diversas estruturas, pouco definidas, com valores de MAXZ entre 35dBZ e 45dBZ (Figura III.2.3.4.2.3); estas estruturas, caracterizadas por *cores* convectivos pouco intensos, estão embebidas num fluxo de SW em que é possível, por vezes, a identificação da banda brilhante, típica de regimes estratificados (Figura III.2.3.4.2.4). É interessante notar a descontinuidade da assinatura da mesma, em projecção lateral, onde os núcleos convectivos embebidos se encontram formados (consultar capítulo III.2.3.4.1, para definição de banda brilhante).

Nestas condições, o fluxo de SW que se observa durante aquele período corresponde a um regime de convecção pouco organizada e pouco vigorosa, embebida num escoamento de natureza mais estratificada.

Esta situação revela-se de especial interesse porque não foram observadas nuvens de desenvolvimento vertical com *cores* de granizo (*cores* com valores de MAXZ acima de 53dBZ), a convecção observada pareceu pouco organizada e com *updrafts* pouco vigorosas mas em que, no entanto, a convecção foi profunda. De facto, de acordo com o critério seguido pela NOAA (Davison, 1999), convecção profunda é toda aquela em que a mistura turbulenta ocorre com movimentos verticais ascendentes organizados que transportem partículas desde a baixa troposfera até acima dos 500hPa (5650m de altitude para o período indicado, de acordo com a observação aerológica). No presente caso, a convecção organizou-se até cerca de 10000m de altitude, bem acima daquele nível.

Em resumo, trata-se de um regime de convecção profunda, mas pouco organizada e pouco vigorosa, embebida num escoamento de natureza mais estratificada.

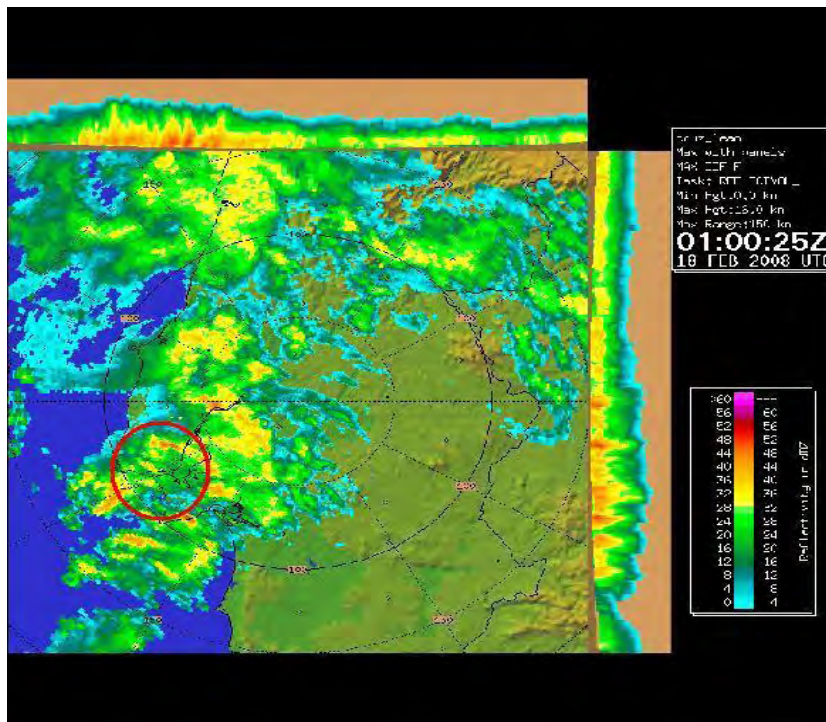


Figura III.2.3.4.2.3 – Campo de MAXZ sobre a região de Lisboa (assinalada), 01:00 UTC de 18 de Fevereiro de 2008.

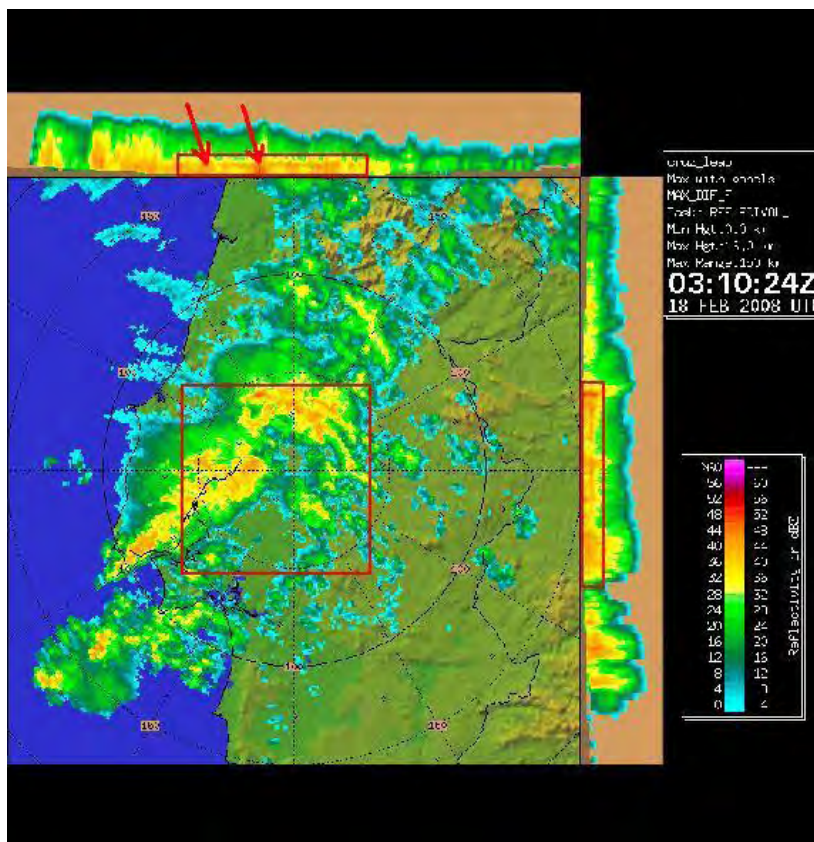


Figura III.2.3.4.2.4 – Campo de MAXZ, sendo visível em projecção lateral (assinalada) a assinatura de banda brilhante; é interessante notar as discontinuidades assinaladas desta assinatura, onde estão presentes núcleos convectivos, 3:10UTC, 18 de Fevereiro de 2008.



Processos Microfísicos e Actividade Eléctrica

Como referido anteriormente, a análise da evolução temporal da estrutura vertical do campo de Z, mostra que os *cores* convectivos são pouco intensos sobre a zona de corte, onde foram observados os valores máximos de precipitação acumulada. De facto, durante o período e sobre a região, nunca são identificados quaisquer *cores* de granizo, no núcleo das células convectivas, que são tipicamente característicos de cumulonimbos. Pelo contrário, as observações evidenciam valores máximos de reflectividade sempre inferiores a 50dBZ e, em geral, inferiores a 45dBZ, encontrando-se quase sempre em níveis baixos, em geral abaixo do nível de congelação.

A distribuição e evolução temporal do campo VIL (conteúdo em água líquida e sólida integrado na vertical), para o período e área de interesse, é consistente com as dos restantes campos de grandezas hidrometeorológicas obtidos com radar. De facto, o VIL, para a área de Lisboa manteve-se, quase sempre, abaixo de 10 mm, tendo atingido o valor máximo de 12.5mm em diversas observações entre as 00:30 UTC e as 7:30 UTC, tratando-se de valores moderados.

Valores mais elevados foram observados entre esta região e a estação de radar, numa área situada a E/NE de Lisboa, tendo atingido um máximo de 27.5 mm às 8:40 UTC. No entanto, estes valores mais elevados foram observados numa área em que o valor total de precipitação acumulada observado pelo radar, para o referido período, não excedeu 30mm, valor razoavelmente inferior aos máximos absolutos de precipitação acumulada para o episódio, superiores a 130mm, observados sobre a região de Lisboa. Isto é, a observação radar mostra que não foi nas regiões em que o mecanismo de *training* se verificou de modo mais acentuado, que os valores de VIL foram mais significativos.

Os valores de VIL não retêm a importante contribuição do vapor de água, incluída na água precipitável (TPW), pelo que as duas grandezas não são directamente comparáveis. Não obstante, pode afirmar-se que os valores referidos, sua distribuição e evolução, são consistentes com a ausência de cores de granizo, como referido anteriormente.

Por outro lado, os topos das nuvens observados com radar revelam valores máximos da ordem dos 9,5 a 11Km de altitude, valores consistentes com os do produto CTTH.

Atendendo às altitudes do ponto de Normand (300m) e ao nível de congelação (2300m), resulta claro que a espessura da camada de crescimento de nuvens com temperatura positiva é pouco extensa, em especial quando confrontada com valores típicos das regiões tropicais, em que o nível de congelação médio é de aproximadamente 5 km (Jensen e Genio, 2003). No entanto, as observações evidenciam que os referidos *cores* se formam e mantêm a uma temperatura sistematicamente positiva; deste modo, e de acordo com os modelos conceptuais adoptados, conclui-se que durante o período de precipitação mais intensa sobre a região de Lisboa, deverá estar presente o processo microfísico de crescimento dos hidrometeoros do tipo *warm rain*, predominante nos níveis mais baixos. Neste tipo de processo, as gotículas crescem por coalescência e as gotas, entretanto formadas, crescem por colisão.



No entanto, embora no presente caso as células convectivas sejam dotadas de *updrafts* pouco vigorosas que promovem um transporte relativamente lento de gotas, as observações mostram que estas são transportadas bem acima do nível de congelação, o que se traduz na formação de gotas sobrefundidas. Os cristais de gelo entretanto presentes na parte da nuvem a temperatura negativa (no presente caso até, pelo menos, -36°C , como a Figura III.2.3.4.2.5 documenta) ao caírem, por gravidade, colidem com gotas sobrefundidas que congelam em torno do cristal, convertendo-se em *graupel* (ver capítulo III.2.3.4.1) de maior dimensão. Este processo, designado por agregação (ou *riming*) integra o chamado mecanismo do cristal de gelo, que caracteriza os processos de *cold rain*. Dada a distribuição vertical da temperatura é de admitir que este processo microfísico esteja, igualmente, activo na situação de 18 de Fevereiro (1-9UTC).

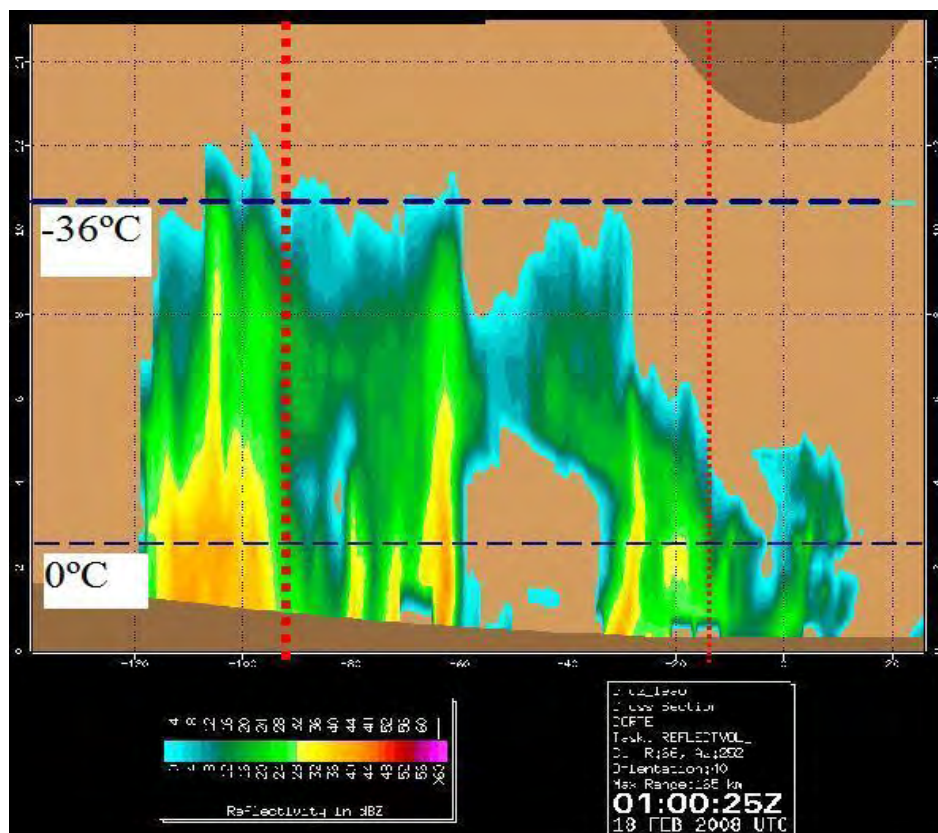


Figura III.2.3.4.2.5 – Imagem de corte vertical sobre o campo de Z, efectuada sobre a secção referenciada; a região da Estremadura situa-se entre os traços verticais; as isotérmicas de 0°C e -36°C resultam das observações aerológicas e mostram uma extensa camada de crescimento da nuvem a temperatura negativa.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Globalmente, pode afirmar-se que o mecanismo microfísico presente foi de tipo misto, coexistindo processos de *warm rain* e *cold rain*, consoante os níveis de altitude considerados.

Os grandes desníveis observados entre a isotérmica zero e o topo das nuvens, oscilando entre aproximadamente 7 e 9 Km para o período 1-9UTC, e a inexistência de *overshootings* muito significativos na secção considerada, reforçam a convicção de que embora a substância água tenha sido transportada na vertical até níveis elevados, muito acima do nível de congelação, as *updrafts* não tenham sido particularmente vigorosas. De facto, embora não existam observações directas dos movimentos verticais de subescala, a estrutura vertical de Z permite concluí-lo: por um lado não existem *cores* de granizo, o que revela que o processo de congelação ocorrido não foi suficientemente intenso e brusco para a formação de gelo amorfo, não obstante a elevada altitude atingida pela convecção envolvida; por outro lado, valores de reflectividade da ordem de 35dBZ foram observados até grande altitude, frequentemente até 5Km, o que sustenta a convicção de que o processo não permitiu a formação de granizo mas foi extenso na vertical.

A rede observacional de DEA do IM permitiu retirar conclusões que reforçam as baseadas em observação radar, de acordo com os modelos conceptuais adoptados.

Faz-se notar que a filtragem utilizada para a obtenção do campo das DEA envolvido na discussão do presente parágrafo é mais exigente do que a seguida para a obtenção do campo das DEA mencionado no restante relatório. Neste caso, a filtragem foi otimizada a fim de reduzir o erro de localização e distinguir o sinal das descargas, explicando a observação de um número de DEA muito inferior ao correspondente à filtragem geral.

Na ausência de uma estatística que permita seriar quantitativamente a AE no território do continente, foram confrontadas 2 observações da situação em estudo com uma terceira observação; esta reporta-se a um aglomerado convectivo em que foi observada a presença de *cores* convectivos de granizo nas nuvens, garantia de elevada AE e, portanto, de normalização/referência face ao caso em estudo.

As 3 observações em confronto correspondem a:

- i) 18 Fevereiro 2008, período 1-9UTC, na zona onde se observa o máximo de precipitação acumulada, sendo a secção de corte sobre o campo das DEA coincidente com a de corte em Z (ver Figura III.2.3.4.2.2 e Figura III.2.3.4.2.6);
- ii) 18 Fevereiro 2008, período 1-9UTC, na zona onde se observa o máximo da AE para este período (região do vale do Tejo, ver Figura III.2.3.4.2.7);
- iii) 19 Março 2008, período 14-17:30UTC, sobre uma célula convectiva, com observação de *core* de granizo (região de Serpa, ver Figura III.2.3.4.2.8);



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

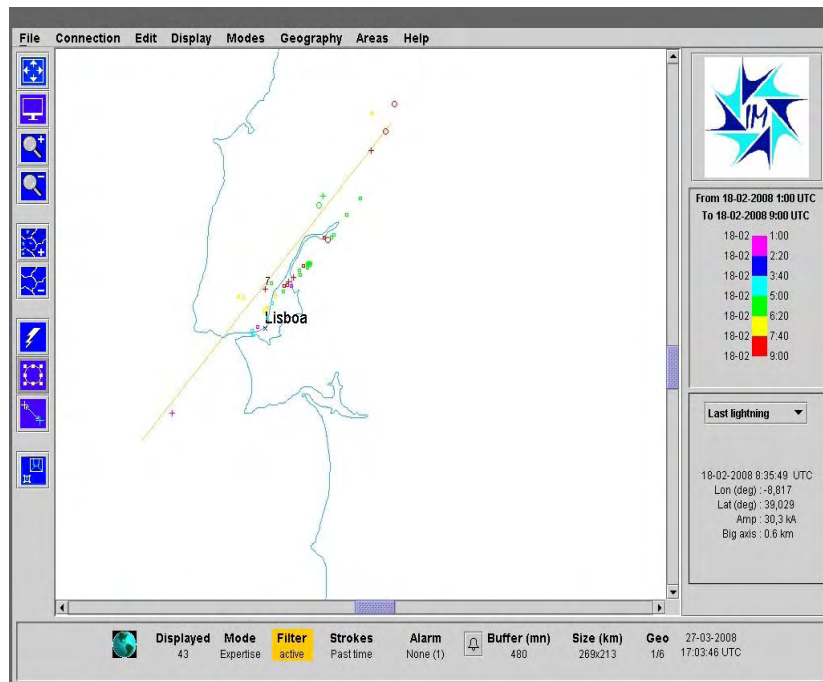


Figura III.2.3.4.2.6 – Mapa da AE correspondente à zona onde foi observado o máximo da precipitação acumulada entre 1:00-9:00 UTC, sobre a secção de corte coincidente com a de Z (ver Figura III.2.3.4.2.2), 18 de Fevereiro 2008

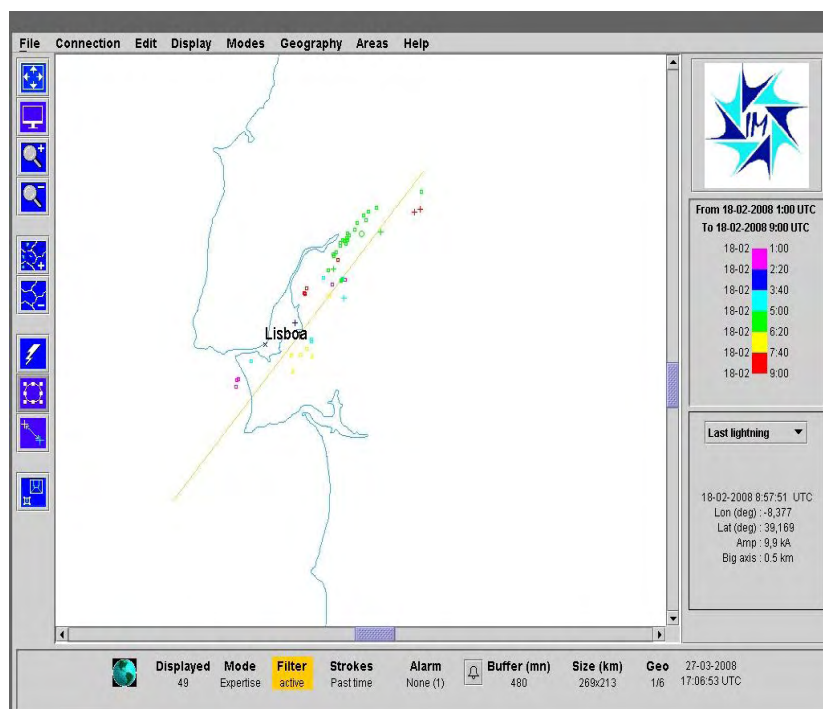


Figura III.2.3.4.2.7 – Mapa da AE correspondente à zona onde foi observado o máximo deste campo, entre 1:00-9:00 UTC, 18 Fevereiro de 2008.

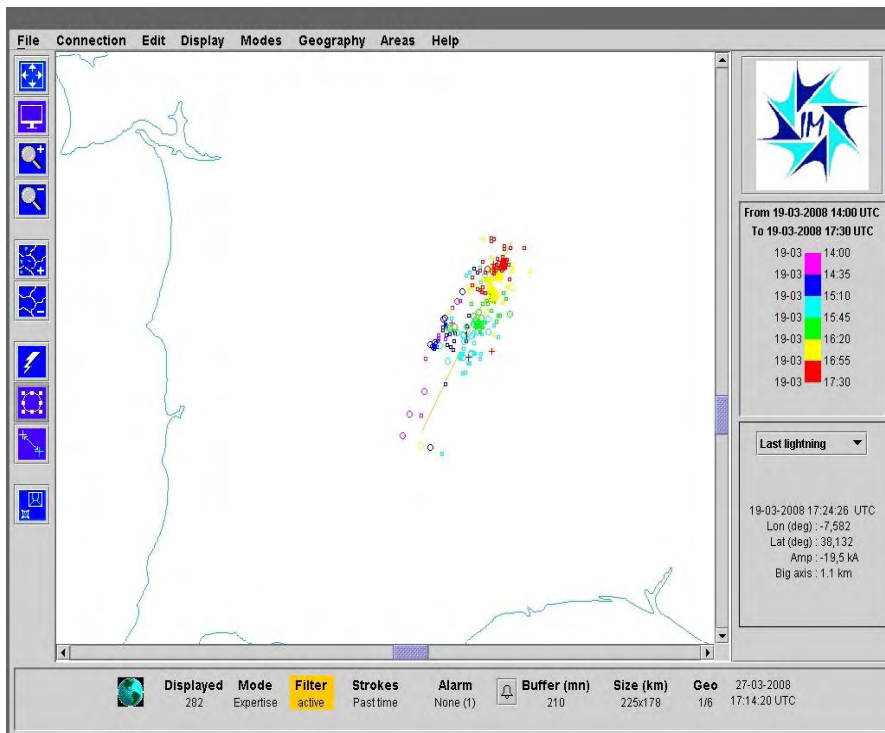


Figura III.2.3.4.2.8 – Mapa da AE correspondente a um episódio seleccionado como referência de AE intensa, zona de Serpa, 14:00-17:30UTC, 19 de Março de 2008.

As tabelas III.2.2.4.2.3.1-3 comparam a AE nos 3 casos.

Tabela III.2.2.4.2.3.1 - Número de DEA positivas e negativas observadas entre 1:00-9:00 UTC, sobre a secção de corte coincidente com a de Z (correspondente à Figura III.2.3.4.2.6), 18 de Fevereiro 2008.

Caso (i)	DEA +	DEA -
	6	32

Tabela III.2.2.4.2.3.2 - Número de DEA positivas e negativas observadas entre 1:00-9:00 UTC, sobre a zona onde foi registado o máximo deste campo (correspondente à Figura III.2.3.4.2.7), 18 de Fevereiro 2008.

Caso (ii)	DEA +	DEA -
	6	42

Tabela III.2.2.4.2.3.3 - Número de DEA positivas e negativas observadas entre 14-17:30UTC, sobre uma célula convectiva de referência (região de Serpa, ver Figura III.2.3.4.2.8), 19 de Março 2008.

Caso (iii)	DEA +	DEA -
	4	224



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Nos casos (i) e (ii) a AE correspondeu a um registo modesto, embora se note um ligeiro incremento em (ii), explicado pela actividade convectiva relativamente mais intensa sobre esta última área observada durante aquele período, facto que observações de satélite confirmam, exibindo alguns *overshootings* (Ver Figura III.2.1.1.15).

O caso (iii) (de referência) correspondeu a um período de apenas 3.5h (contra 8h de (i) e (ii)) e configura uma AE exuberante, muito mais intensa do que a dos casos (i) e (ii) em estudo. A Figura III.2.3.4.2.9 estabelece uma comparação entre o regime convectivo de 18 de Fevereiro 2008, em estudo, e o regime de 19 de Março de 2008, de referência. Embora no primeiro caso se observe uma convecção mais profunda, com topos acima de 10km, é no segundo que a convecção é mais expressiva e apoiada em *updrafts* mais vigorosas; estas contribuem para a separação de carga, com formação de *cores* de granizo.

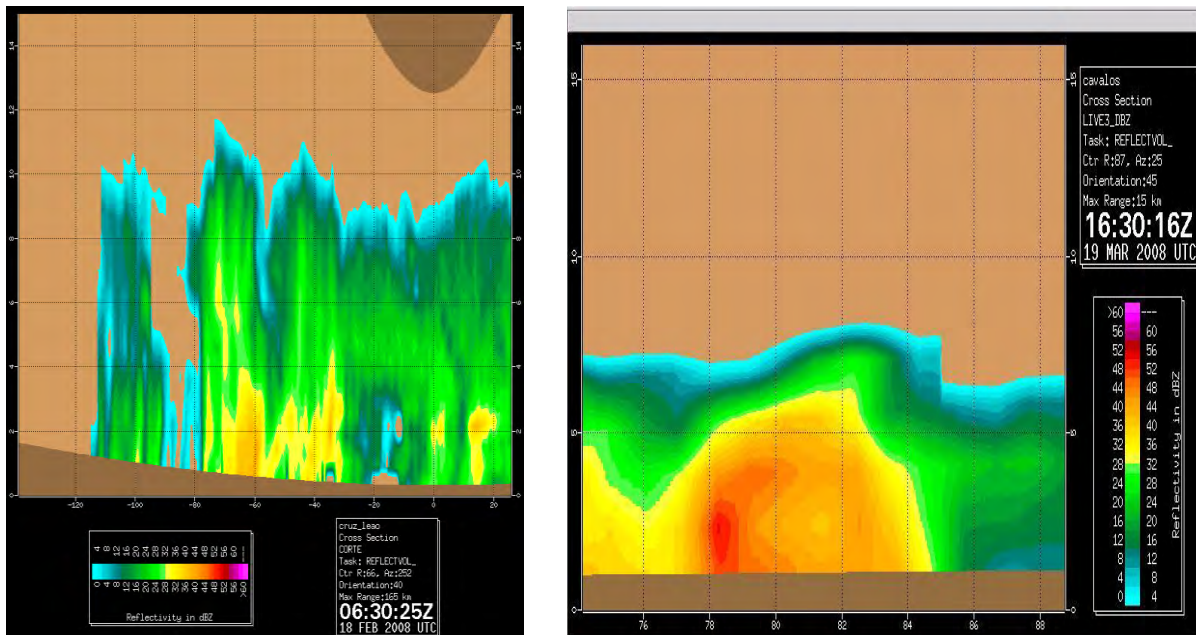


Figura III.2.3.4.2.9 – À esquerda, corte vertical de Z, 6:30UTC, 18 de Fevereiro 2008, Lisboa; à direita, corte vertical de Z, 16:30UTC, 19 de Março 2008, Serpa (visível *core* de granizo, com Z de 53dBZ).

Em suma, as observações efectuadas pela rede nacional de DEA em 18 de Fevereiro mostram que a relação DEA positivas/DEA negativas é cerca de 10 vezes superior à de 19 de Março, consistente com a maior estratificação no presente caso. Por outro lado, a AE relativamente modesta observada em 18 Fevereiro 2008 é também consistente com a existência de *graupel*, mas em ambiente de *updrafts* pouco vigorosas. Neste caso, existe ineficácia na formação e separação de carga eléctrica essencial à formação de dipolos, não obstante o elevado conteúdo em água líquida da massa de ar.



III.2.3.5 Campo do movimento na camada-limite

Recorreu-se ao processamento Doppler do radar de C/CL, algoritmo VVP (*Volume Velocity Processing*), para obter perfis verticais do vento horizontal para o período de interesse, com periodicidade de 10 minutos e representatividade máxima para a região vizinha da estação de C/CL. Da análise do período 1-7UTC de 18 de Fevereiro (ver Figura III.2.3.1.1) resulta a observação de uma persistente advecção de ar quente na camada entre a superfície e 1000m de altitude. Esta advecção de ar quente poderá ter contribuído para manter instabilizada a camada limite e ir alimentando o regime convectivo observado.

A COMET (*Cooperative Program for Operational Meteorology, Education and Training*, EUA) adopta um critério para corrente de jacto seguida no presente relatório: vento com intensidade igual ou superior a 15m/s, *wind shear* vertical de, pelo menos, 5 a 10m/s/km, escala espacial de largura $\frac{1}{2}$ a 1 ordem de grandeza inferior à do comprimento e *shear* $\frac{1}{2}$ a 1 ordem de grandeza superior ao *shear* sinóptico.

Recorrendo ao referido produto VVP, foi possível identificar uma corrente de jacto a baixa altitude (referido no presente relatório por LLJ, *Low Level Jet*) sobre a estação de radar, respeitando o presente critério, entre as 20:06 UTC de 17 Fevereiro e as 06:36 UTC de 18 de Fevereiro. Este jacto evoluiu de acordo com a Figura III.2.3.5.1, sendo notório que se intensificou entre as 20:06 e as 23:06UTC, período durante o qual manteve a altitude aproximada de 1000m; entre este instante e até deixar de ser detectado, foi desintensificando e afundando até cerca de 700m. Esta corrente, associada à advecção de ar quente observada, deverá ter tido uma importância fundamental nos elevados valores de precipitação acumulada. Por outro lado, os chamados estudos de previsão quantitativa da precipitação (COMET, 1999), têm revelado que a presença de LLJ é crítica para o início e manutenção de mecanismos de *training* (ver capítulo III.2.3.3).

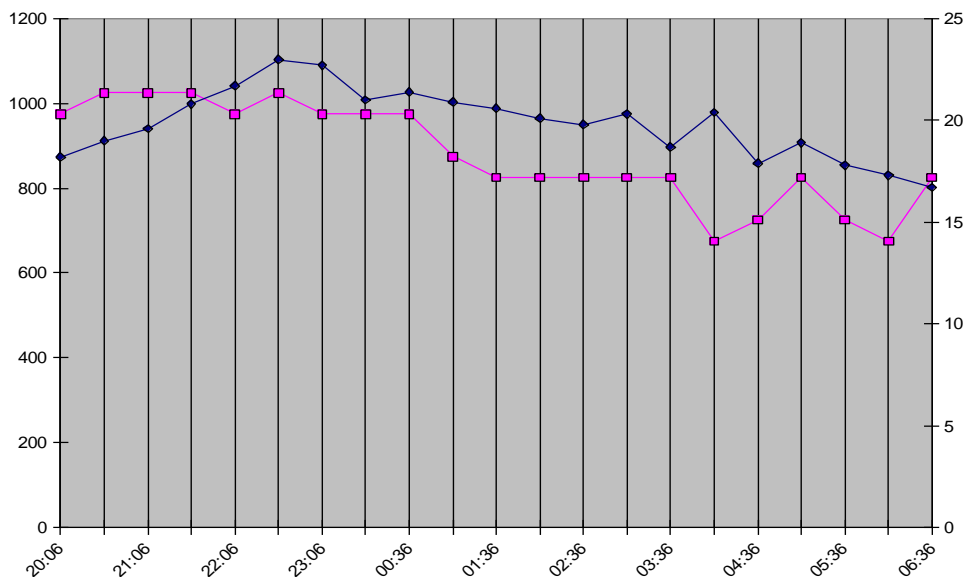


Figura III.2.3.5.1 – Evolução de corrente de jacto detectada entre as 20:06UTC de dia 17 de fevereiro de 2008 e as 6:36UTC de 18 fevereiro de 2008, estação de C/CL, VVP [eixo horizontal Hora-UTC; eixo vertical direito - Intensidade a azul (m/s); eixo vertical esquerdo - Altitude a magenta (m)].



III.3 Observação Combinada

A densidade da rede de estações nem sempre permite obter a resolução e detalhe espacial que se pretende na interpolação de determinada variável. Esta limitação é maior na presença de campos com elevada variabilidade espacial como foi o caso da distribuição dos valores de precipitação dos dias 17 e 18 de Fevereiro de 2008. Uma forma de minorar este problema passa pela utilização de informação auxiliar mais densamente amostrada e com capacidade explicativa da distribuição espacial da variável em análise (Goovaerts, 2000).

Deste modo, para melhorar as estimativas de precipitação obtidas por *krigagem* normal dos valores observados nas estações, utilizou-se a regressão linear e *krigagem* dos resíduos, usando como informação auxiliar a precipitação acumulada obtida por radar.

A regressão linear quantifica a relação existente entre duas ou mais variáveis, de modo a que os valores da variável dependente possam ser estimados à custa dos valores da independente. Neste caso o produto radar *Rain1* (precipitação acumulada em 1 hora) é integrado para se obter a precipitação acumulada em 6 horas e calculada a regressão, entre estes valores e os observados nas estações meteorológicas (ver valores da regressão na Tabela III.3.1.)

Tabela III.3.1 – Valores das componentes da regressão linear entre os valores das estações e os obtidos por radar, para períodos de 6 horas, entre as 18:00 UTC do dia 17 de Fevereiro de 2008 e as 18:00UTC de dia 18 de Fevereiro de 2008

	18-00	00-06	06-12	12-18
<i>a</i>	1.528	1.760	2.824	0.725
<i>b_i</i>	0.709	1.456	1.485	1.490
Coefficiente de determinação (R²)	0.697	0.845	0.743	0.640

Pode-se constatar que o *Rain1* explica entre 64% a 85% da variabilidade dos valores de precipitação observados nas estações. Este predictor pode ser então utilizado para obter valores de precipitação fora da rede de estações, uma vez que é amostrado numa malha regular de 250 metros, através de *krigagem* residual (Dobesch *et al*, 2007 e Sousa, 1988).

Na equação III.3.1 podemos observar as duas componentes referidas, a obtida por regressão à qual se adiciona a sua componente residual.

$$Y_i = a + b_i X_i + e_i \quad (\text{III.3.1})$$

Em que:

- Y_i* é a variável dependente (valores de precipitação acumulada observada nas estações);
- X_i* é a variável independente ou explicativa (valores de precipitação acumulada obtida por radar);
- a* é a intersecção da regressão com o eixo de Y;
- b_i* é o coeficiente da variável independente ou explicativa obtido através do método dos mínimos quadrados;
- e_i* é o resíduo da regressão.

Os resíduos são quantificados através do cálculo da diferença entre valores observados e estimados como se apresenta na equação III.3.2. Os valores dos resíduos (*e_i*) são depois



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

interpolados (por *krigagem* normal) e adicionados aos valores estimados em função da recta de regressão de forma a reduzir o erro final.

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i \quad (\text{III.3.2})$$

Em que:

Y_i é o valor observado em i ;

\hat{Y}_i é o valor estimado em i .

Apresenta-se seguidamente, como exemplo, uma análise mais aprofundada dos resultados obtidos para o período das 12 UTC às 18 UTC do dia 18 de Fevereiro de 2008.

A Figura III.3.1 apresenta os valores de precipitação acumulada observados na rede de estações no período das 12 UTC às 18 UTC do dia 18 de Fevereiro de 2008. Consta-se que os valores mais elevados ocorreram em Beja e Alcácer do Sal, e em seguida em estações da parte sul do distrito de Évora e da parte norte do distrito de Portalegre. Isso mesmo se pode observar na Figura III.3.2, que apresenta a sua distribuição espacial obtida por *krigagem* normal e tendo em conta apenas os valores das estações – método de interpolação univariado.

Analisando a Figura III.3.3 pode contudo observar-se que existem máximos localizados, até mais pronunciados que os de Beja e Alcácer, a sul de Beja e na zona de Estremoz, que não são captados pela rede de estações, mas identifica-se também que, em geral, a precipitação observada nas estações foi subestimada pelo radar. No método da *krigagem* residual (Figura III.3.6) tenta captar-se o maior refinamento espacial possibilitado pelo radar (Figura III.3.3), mas modelado pelos valores observados nas estações, não só através da componente determinística obtida por regressão (Figura III.3.4) mas adicionando também a residual (Figura III.3.5).

Através da utilização deste método é possível identificar outras áreas onde se verificou precipitação acumulada em 6 horas igual ou superior aos critérios de emissão de avisos, casos da região entre Setúbal e Alcácer do Sal, sul de Beja, Estremoz e Noroeste de Portalegre. Nestas regiões apesar de não existirem estações, e não serem identificadas através da interpolação univariada dos valores das estações, existiram máximos identificados pelo radar.

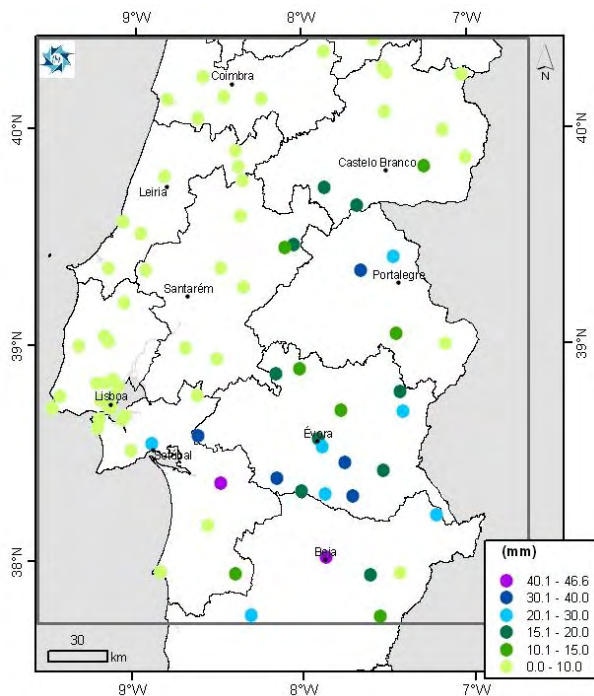


Figura III.3.1 – Precipitação observada, na rede de estações, entre as 12:00 UTC e as 18:00 UTC de dia 18 de Fevereiro de 2008.

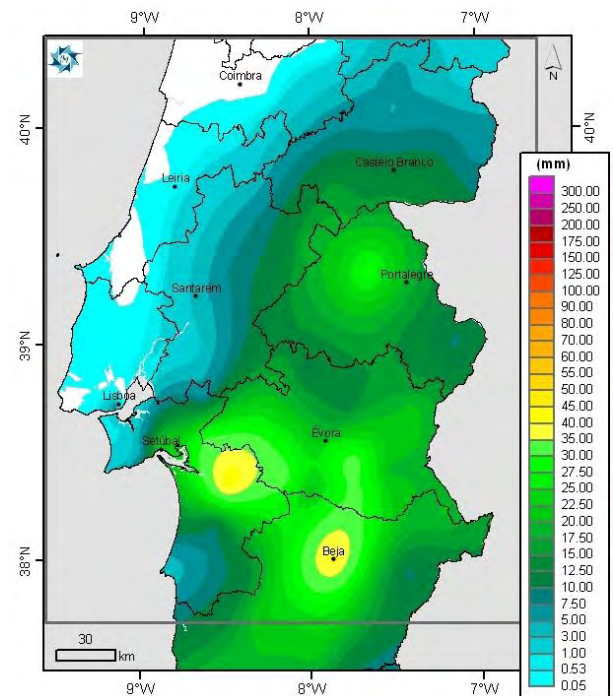


Figura III.3.2 – Precipitação obtida por *krigagem* normal dos valores observados nas estações, entre as 12:00 UTC e as 18:00 UTC de dia 18 de Fevereiro de 2008.

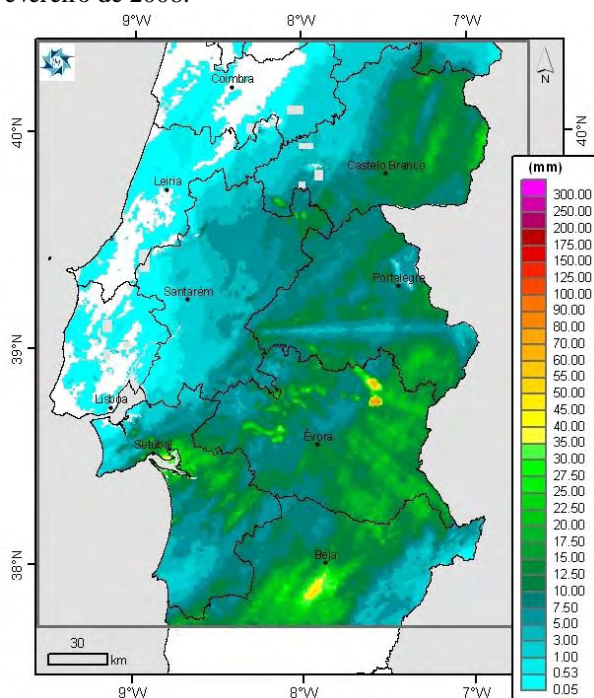


Figura III.3.3 - Precipitação obtida por radar, entre as 12:00 UTC e as 18:00 UTC de dia 18 de Fevereiro de 2008.

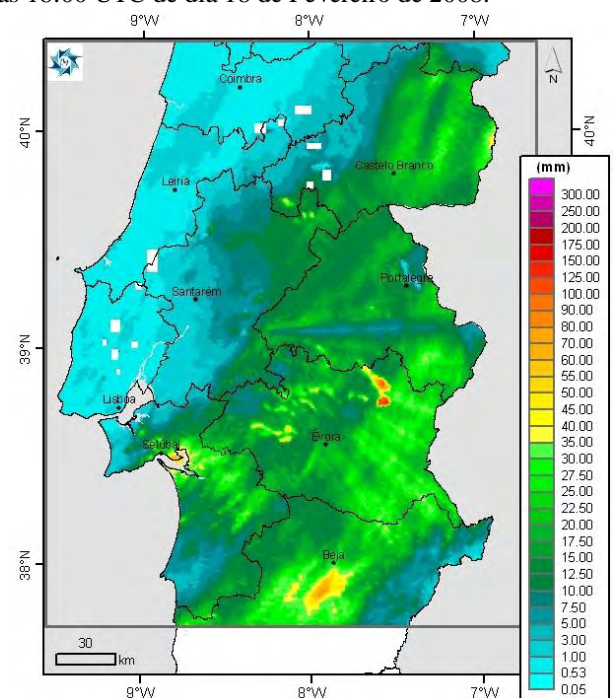


Figura III.3.4 - Precipitação obtida por regressão linear entre os valores das estações e os obtidos por radar, entre as 12:00 UTC e as 18:00 UTC de dia 18 de Fevereiro de 2008.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

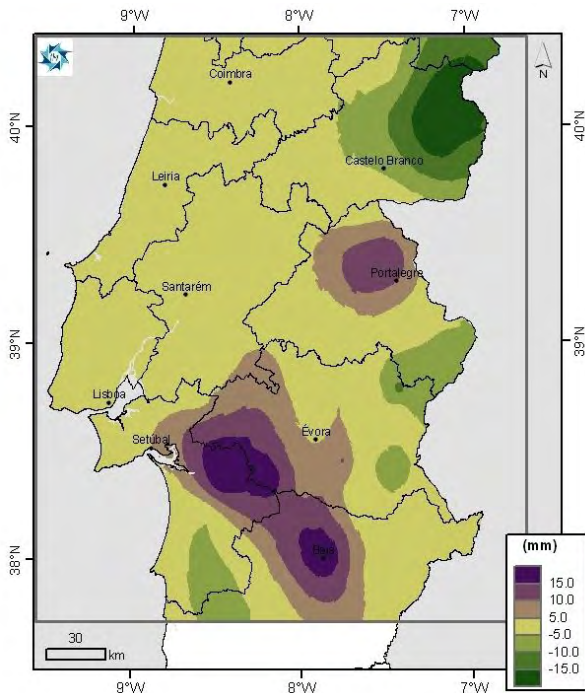


Figura III.3.5 – Resíduos da precipitação obtida por regressão linear entre os valores das estações e os obtidos por radar, entre as 12:00 UTC e as 18:00 UTC de dia 18 de Fevereiro de 2008.

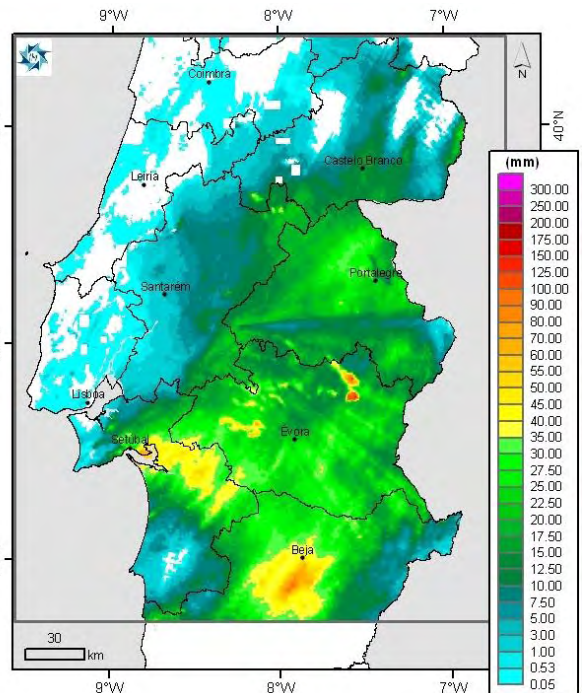


Figura III.3.6 – Precipitação obtida por *krigagem* residual (regressão + resíduos), entre as 12:00 UTC e as 18:00 UTC de dia 18 de Fevereiro de 2008.

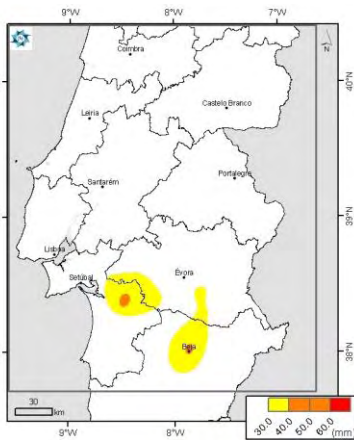


Figura III.3.7 – Precipitação obtida por *krigagem* normal dos valores observados nas estações, entre as 12:00 UTC e as 18:00 UTC de dia 18 de Fevereiro de 2008 (tabela de cores dos avisos meteorológicos de precipitação em 6 horas).

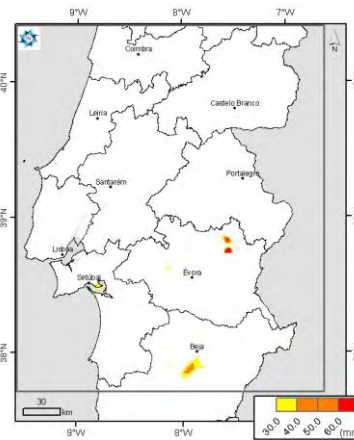


Figura III.3.8 - Precipitação obtida por radar, entre as 12:00 UTC e as 18:00 UTC de dia 18 de Fevereiro de 2008 (tabela de cores dos avisos meteorológicos de precipitação em 6 horas).

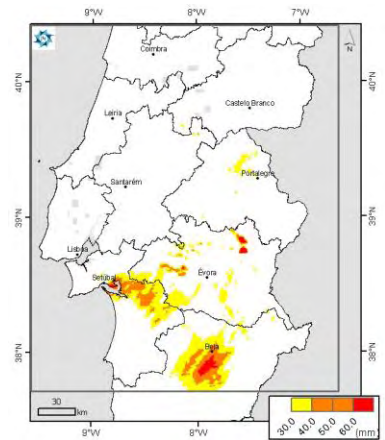


Figura III.3.9 – Precipitação obtida por *krigagem* residual (regressão + resíduos), entre as 12:00 UTC e as 18:00 UTC de dia 18 de Fevereiro de 2008 (tabela de cores dos avisos meteorológicos de precipitação em 6 horas).



IV Desempenho dos modelos de previsão numérica

IV.1 Campos de diagnóstico

De modo a detectar factores que possam ter contribuído para a ocorrência de precipitação intensa, analisam-se vários campos de diagnóstico de convecção nas previsões H+12 e H+18 a partir da análise das 12:00 UTC do dia 17 de Fevereiro quer do modelo de larga escala do ECMWF como do modelo de mesoscala ALADIN. É importante salientar que, no caso do índice de estabilidade *Jefferson*, o limiar do índice utilizado para determinar a existência de instabilidade atmosférica foi previamente validado em estudos de situações convectivas (Belo Pereira, 2003; Lopes, 2005). Verificou-se que o limiar do índice dependia do modelo numérico, sendo de 30°C para o modelo do ECMWF e de 29°C para o modelo ALADIN.

IV.1.1 Previsões H+12

Analisando o índice de estabilidade *Jefferson* (Figura IV.1.1.1) e o campo de θ_{sw} obtidos das previsões do modelo do ECMWF para as 00:00 UTC do dia 18, pode concluir-se que a massa de ar tropical (Figura II.5) é instável, já que nas regiões onde é advectada os valores do índice excedem 30°C, valor a partir do qual existem condições de instabilidade atmosférica. Além disso, o campo da convergência de humidade na baixa troposfera ($CONV_q$) obtido das previsões do modelo para a mesma hora (Figura IV.1.1.2) indica que o conteúdo em humidade está a aumentar nessas regiões. Comparando a zona em que existe simultaneamente instabilidade e convergência de humidade nos níveis baixos com as zonas de movimento vertical (ω) ascendente aos 850hPa (Figura IV.1.1.3), pode concluir-se que existem condições favoráveis à ocorrência de convecção no Litoral Norte e na maior parte das regiões situadas a sul do sistema montanhoso Montejusto-Estrela.

Confrontando a zona com condições favoráveis à ocorrência de convecção, definida pelos três campos de diagnóstico previstos para as 00:00 UTC do dia 18, e as zonas onde ocorreu precipitação entre as 00:00 e as 03:00 UTC de dia 18 (Figura IV.1.1.4), verifica-se uma subestima da zona onde choveu a norte do rio Tejo e uma sobrestima dessa mesma zona nas regiões do Sul.

Podem ser apontadas duas razões prováveis para explicar a subestima da precipitação na zona a norte do rio Tejo pelos campos de diagnóstico. A primeira tem a ver com o facto da precipitação observada na Beira Interior não ser convectiva no período e, como tal, não se poder incluir na zona de convecção estimada pelos diagnósticos. Recorde-se que em H+12 a massa de ar que afectava a região era relativamente fria (Figura II.5), o que contraria os desenvolvimentos convectivos. A segunda razão, resulta do forçamento orográfico ter tido um papel essencial na elevação da massa de ar e na ocorrência de precipitação nas regiões montanhosas a norte do rio Tejo, podendo sobrepor-se ao forçamento de larga escala para o movimento vertical descendente.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Analisando as previsões dos campos de diagnóstico obtidas do modelo de mesoscala ALADIN para as 00:00 UTC (Figuras IV.1.1.5 - IV.1.1.7), podem salientar-se algumas diferenças em relação às previsões dos campos do modelo do ECMWF. Assim, a área de instabilidade é maior (Figura IV.1.1.5) enquanto a convergência de humidade tende a apresentar uma estrutura mais fragmentada com pequenas zonas de intensidades mais elevadas (Figura IV.1.1.6), como é o caso do Vale do Tejo e zona envolvente, onde ocorreu precipitação significativa nas horas que se seguiram.

Definindo a zona com condições favoráveis à ocorrência de convecção a partir dos campos de diagnóstico do modelo ALADIN previstos para as 00:00UTC (Figuras IV.1.1.5 - IV.1.1.7), pode constatar-se todavia que as diferenças em relação à zona definida pelos campos de diagnóstico do modelo do ECMWF não são significativas.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

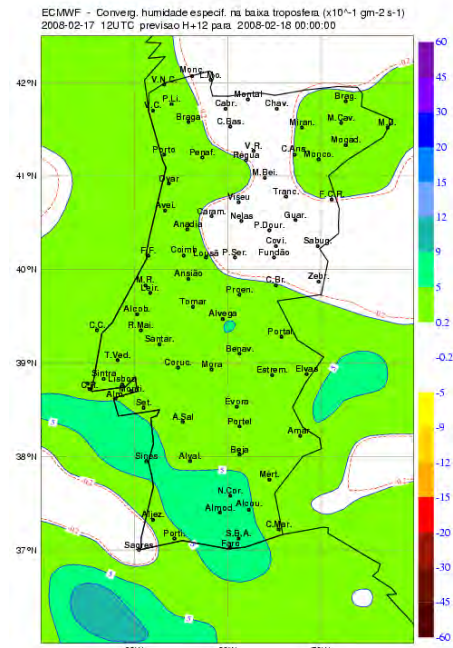
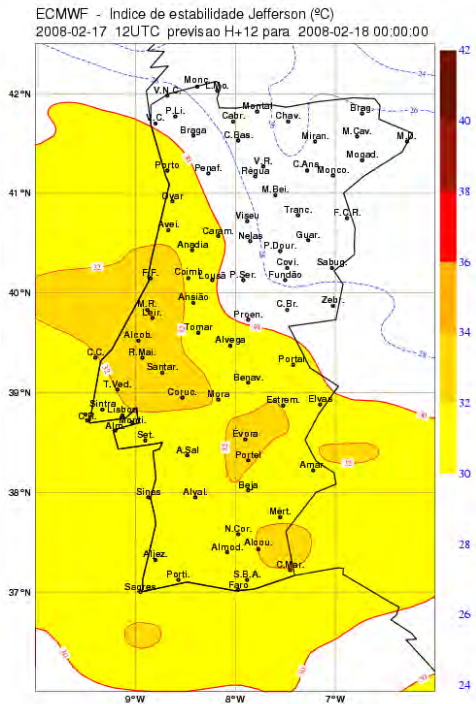


Figura IV.1.1.1 – Índice de estabilidade *Jefferson* (isolinhas de 2°C): previsão H+12 a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro do modelo do ECMWF.

Figura IV.1.1.2 – $CONVq$ ($\times 10^{-1} gm^{-2} s^{-1}$): previsão H+12 a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro do modelo do ECMWF.

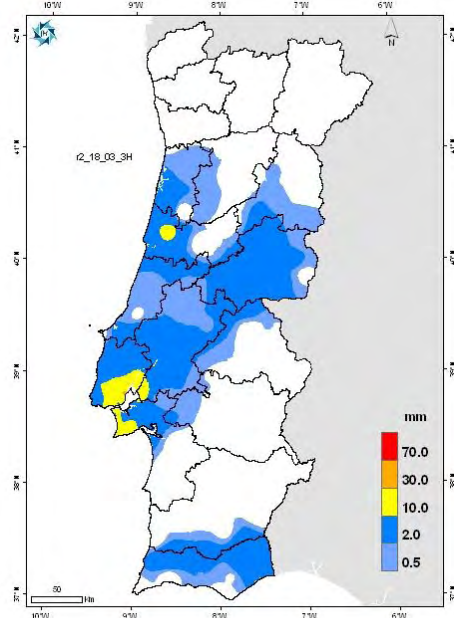
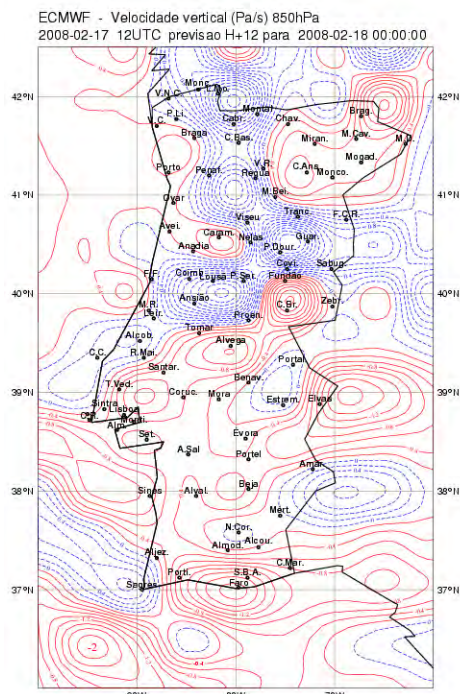


Figura IV.1.1.3 – ω (isolinhas de 0.2Pa/s) aos 850hPa: previsão H+12 a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro do modelo do ECMWF.

Figura IV.1.1.4 – Precipitação observada (mm) entre as 00:00 e as 03:00 UTC do dia 18/02/2008.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

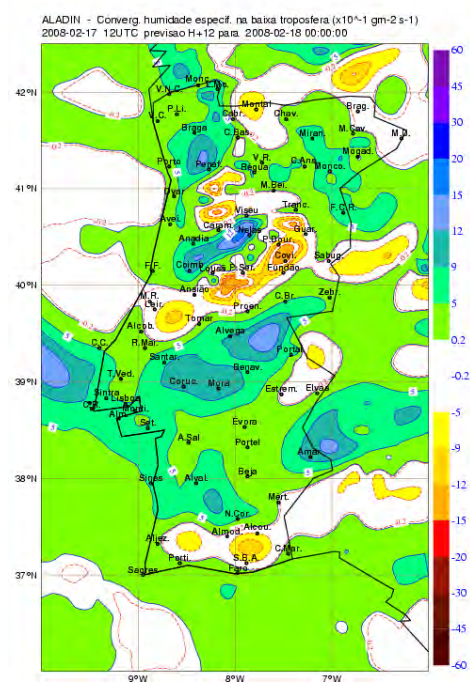
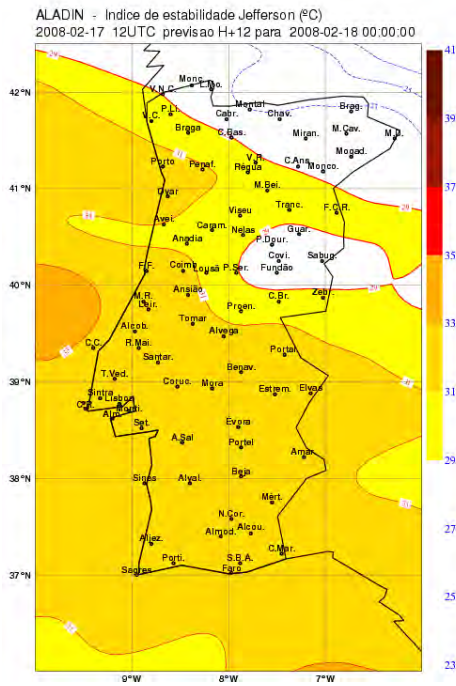


Figura IV.1.1.5 – Índice de estabilidade *Jefferson* (isolinhas de 2°C): previsão H+12 a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro do modelo ALADIN.

Figura IV.1.1.6 – $\text{CONV}q$ ($\times 10^{-1} \text{ gm}^{-2} \text{ s}^{-1}$): previsão H+12 a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro do modelo ALADIN.

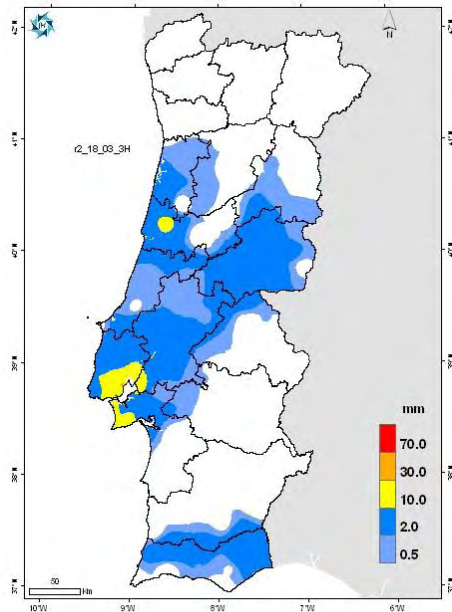
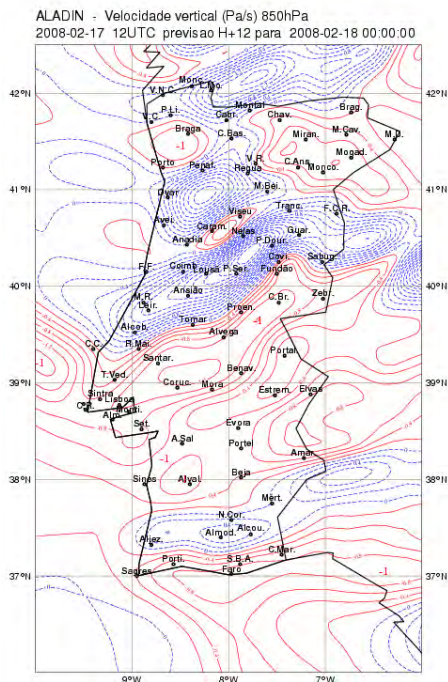


Figura IV.1.1.7 – ω (isolinhas de 0.2Pa/s) aos 850hPa: previsão H+12 a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro do modelo ALADIN.

Figura IV.1.1.8 – Precipitação observada (mm) entre as 00:00 e as 03:00 UTC do dia 18/02/2008. (igual a Figura IV.1.1.4)



IV.1.2 Previsões H+18

Pela consulta dos campos de diagnóstico derivados das previsões do modelo do ECMWF para 06:00 UTC de dia 18 de Fevereiro (Figuras IV.1.2.1 - IV.1.2.3), há a salientar o aumento da zona de instabilidade em Portugal Continental assim como uma intensificação dos vários factores que favorecem a convecção nas regiões de Lisboa e Setúbal, onde ocorreu precipitação intensa nas horas seguintes.

Comparando as zonas em que existe simultaneamente convergência de humidade, instabilidade atmosférica e movimento vertical ascendente às 06:00 UTC com as zonas onde choveu entre as 06:00 e as 09:00 UTC (Figura IV.1.2.4), podem ser feitas algumas considerações. Assim, constata-se que a zona em que se verificam os três forçamentos à escala sinóptica para a ocorrência de convecção contínua nesta previsão a não abranger todas as regiões onde choveu a norte do rio Tejo. Por outro lado, indica haver possibilidade de ocorrer convecção numa parte do litoral Norte/Centro e do interior do Alentejo em que não choveu. No entanto, tal como referido na previsão H+12, é de admitir que em algumas regiões a norte do rio Tejo o forçamento orográfico tenha desempenhado um papel importante na ocorrência de precipitação e que a precipitação não tenha sido convectiva na parte Nordeste do País.

No caso dos campos de diagnóstico derivados das previsões do modelo ALADIN para as 06:00 UTC (Figuras IV.1.2.5 – IV.1.2.7), há a assinalar alguns aspectos importantes. Assim, verifica-se quer um aumento da zona de instabilidade em Portugal Continental, como também do grau de instabilidade na maior parte do País. Por outro lado, existem condições favoráveis à ocorrência de convecção na maior parte das regiões do litoral Oeste situadas a norte do rio Tejo, incluindo regiões onde não houve precipitação.

Pela comparação da zona com condições favoráveis à ocorrência de convecção definida pelos campos de diagnóstico do modelo ALADIN previstos para as 06:00 UTC (Figuras IV.1.2.5 – IV.1.2.7) com a precipitação observada (Figura IV.1.2.8 (igual à Figura IV.1.2.4)), podem fazer-se algumas considerações. Tal como sucede com os diagnósticos do modelo do ECMWF, os campos de diagnóstico do modelo ALADIN indicam, como acima referido, a possibilidade de haver convecção em algumas zonas do litoral Norte/Centro onde não choveu. No entanto, apesar de a zona de convecção definida pelos diagnósticos do ALADIN não abranger as regiões a norte do rio Tejo onde houve precipitação e indicar possibilidade de haver convecção no Alentejo, fornece uma ideia mais realista das regiões onde choveu do que a que é possível extrair a partir dos diagnósticos do modelo do ECMWF.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

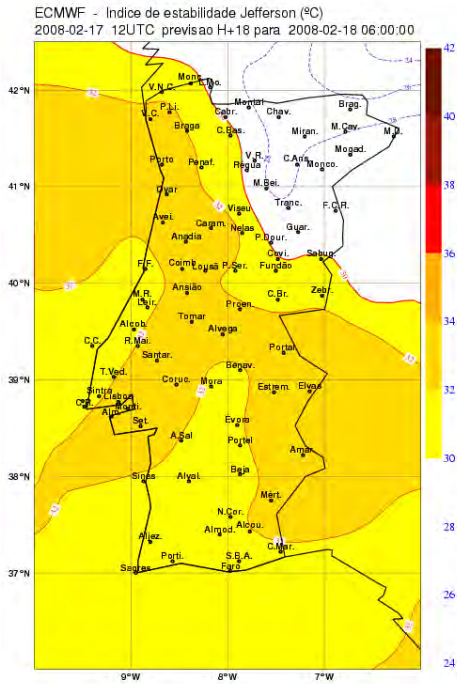


Figura IV.1.2.1 – Índice de estabilidade *Jefferson* (isolinhas de 2°C): previsão H+18 a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro do modelo do ECMWF.

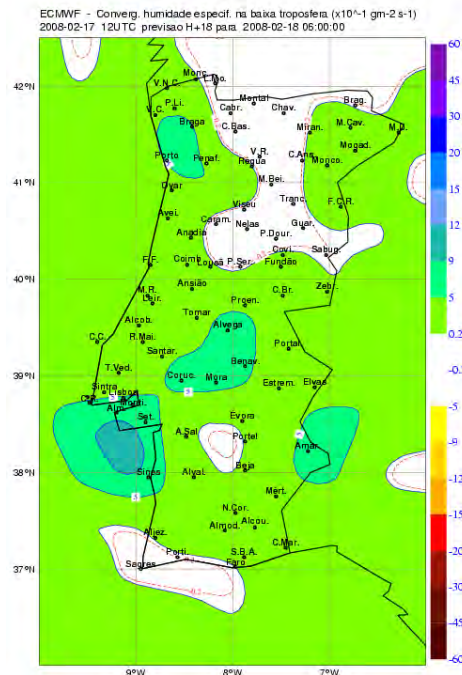


Figura IV.1.2.2 – $CONVq$ ($\times 10^{-1} \text{gm}^{-2} \text{s}^{-1}$): previsão H+18 a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro do modelo do ECMWF.

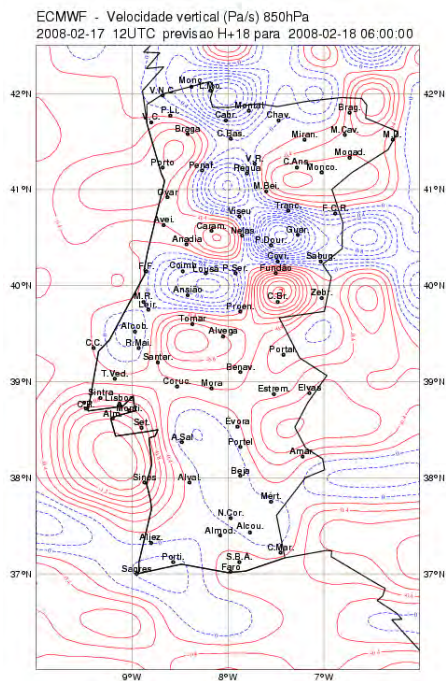


Figura IV.1.2.3 – ω (isolinhas de 0.2Pa/s) aos 850hPa: previsão H+18 a partir da análise das 12UTC do dia 17. de Fevereiro do modelo do ECMWF.

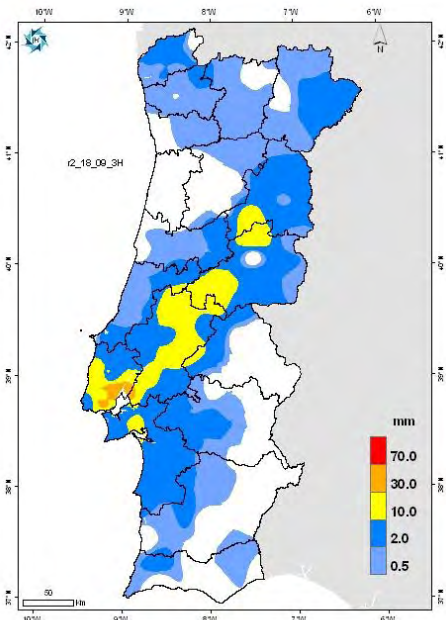


Figura IV.1.2.4 – Precipitação observada (mm) entre as 06:00 e as 09:00 UTC do dia 18/02/2008.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

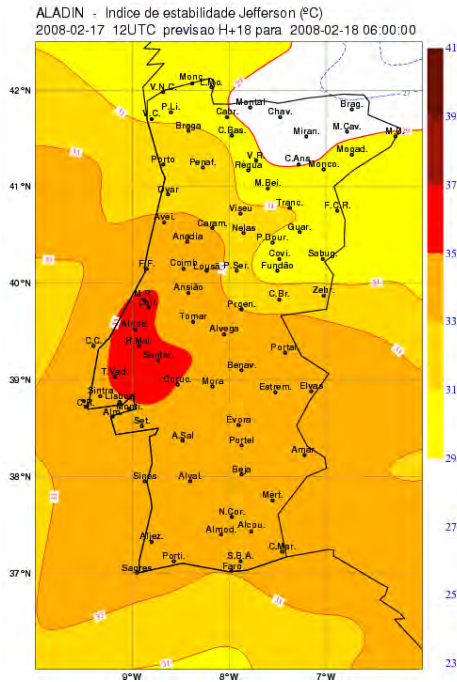


Figura IV.1.2.5 – Índice de estabilidade *Jefferson* (isolinhas de 2°C): previsão H+18 a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro do modelo ALADIN.

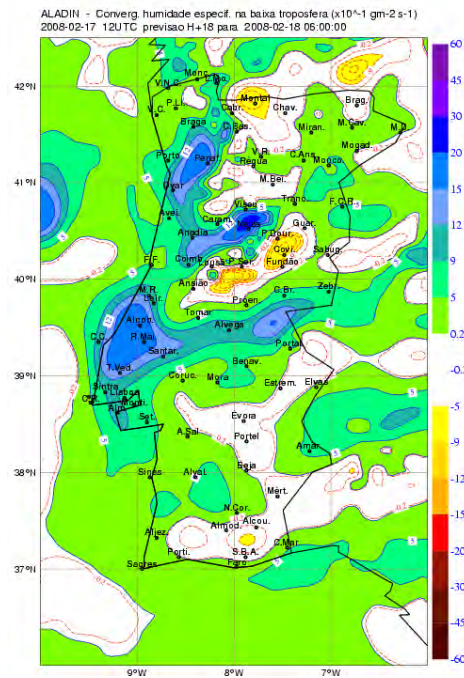


Figura IV.1.2.6 – $CONVq$ ($\times 10^{-1} gm^{-2} s^{-1}$): previsão H+18 a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro do modelo ALADIN.

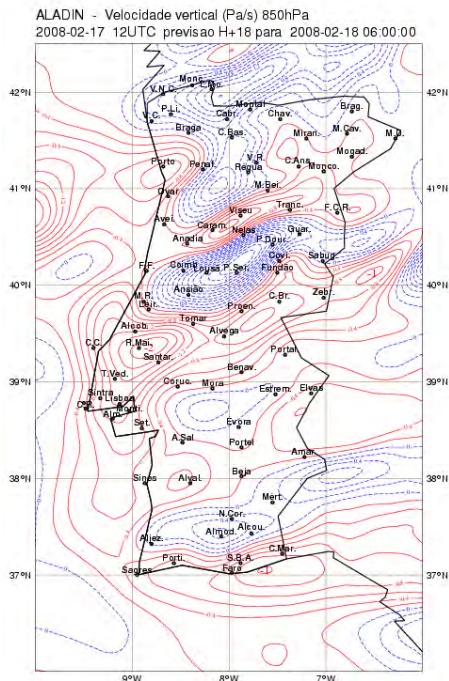


Figura IV.1.2.7 – ω (isolinhas de 0.2Pa/s) aos 850hPa: previsão H+18 a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro do modelo ALADIN.

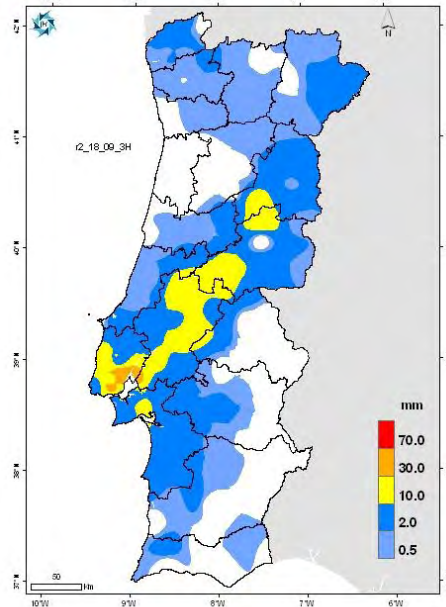


Figura IV.1.2.8 – Precipitação observada (mm) entre as 06:00 e as 09:00 UTC do dia 18/02/2008. (igual a Figura IV.1.2.4)



IV.2 Precipitação

Foram comparados os desempenhos de modelos de previsão numérica do tempo disponíveis no IM em regime operacional (ARPEGE, ALADIN-Portugal, ECMWF e ALADIN forçado pelo ECMWF) e em desenvolvimento (MM5 a 8km e MM5 a 3km de resolução horizontal). Na Tabela IV.2.1 apresentam-se algumas das características principais destes modelos assim como dos respectivos domínios. Na comparação efectuada utilizaram-se previsões de precipitação acumulada nos seguintes períodos de 6 horas: 18-24 UTC de dia 17 e 00-06 UTC, 06-12 UTC e 12-18 UTC do dia 18, a partir da análise das 12UTC do dia 17. Além destes períodos foi também analisada a probabilidade de precipitação acumulada em 3, 12 e 24 horas e o *Extreme Forecast Index* (EFI). As observações utilizadas para a comparação são as provenientes das EMA do IM e do INAG.

IV.2.1 Precipitação acumulada

Através da comparação das observações com as previsões da precipitação dos modelos ARPEGE, ALADIN-Portugal, ECMWF e ALADIN forçado pelo ECMWF (Figuras IV.2.1.1 - IV.2.1.12) é possível efectuar as seguintes considerações:

- Para o período **18-24 UTC**, o ALADIN-Portugal identifica melhor a ausência de precipitação na região Norte. Por outro lado, o ALADIN forçado pelo ECMWF define bem a precipitação observada no Algarve (Figuras IV.2.1.1 e IV.2.1.2). As zonas de precipitação na região Centro são razoavelmente bem definidas por estes dois modelos. O ALADIN-Portugal sobrestima a precipitação na região do Vale do Tejo e o ALADIN forçado pelo ECMWF sobrestima na região do Alto Alentejo. Faz-se notar que para este período não é incluída a previsão do ARPEGE.

- Para o período **00-06 UTC**, em que se registaram os máximos de precipitação, constata-se uma subestima em todos os modelos, já que não são ultrapassados 30 mm em 6 horas, ou seja, menos de metade da quantidade de precipitação ocorrida (Figuras IV.2.1.4 e IV.2.1.5). No entanto, o modelo de mesoscala ALADIN-Portugal mostra um melhor desempenho que os restantes por apresentar uma melhor definição tanto da zona com precipitação como da zona com valores mais elevados.

- No período **06-12UTC**, os vários modelos continuam a subestimar a precipitação nas regiões mais afectadas, apresentando falsos alarmes em algumas regiões, onde choveu pouco ou não choveu (Figuras IV.2.1.7 e IV.2.1.8). Assim, o modelo ALADIN-Portugal apresenta uma situação mais gravosa nas regiões do litoral Norte e Centro, onde prevê precipitações muito elevadas e tem um pior desempenho que o modelo forçador ARPEGE. Por seu lado, o modelo do ECMWF subestima fortemente a precipitação nas regiões mais atingidas, enquanto o modelo ALADIN forçado pelo ECMWF apresenta um resultado mais próximo dos dois primeiros.

- Para o período **12-18UTC**, o modelo do ECMWF permite obter uma ideia mais aproximada do padrão do campo da precipitação do que os restantes modelos, mas subestima a precipitação em grande parte do Sul do País (Figuras IV.2.1.10 e IV.2.1.11). Os modelos ALADIN-Portugal e ARPEGE têm piores resultados nas regiões a norte do sistema



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Montanhoso Montejunto-Estrela onde prevêem precipitação muito intensa e choveu pouco ou não choveu. O modelo ALADIN forçado pelo ECMWF continua a mostrar consistência com estes dois últimos modelos, mas com um desagravamento da situação meteorológica.

Em resumo, nenhum dos modelos anteriormente analisados previu adequadamente esta situação de precipitação intensa visto que todos subestimaram a precipitação nas regiões mais atingidas do território e apresentaram falsos alarmes onde choveu pouco ou não choveu.

Por outro lado, a comparação das previsões da precipitação dos modelos em desenvolvimento MM5 a 8km e MM5 a 3km permite efectuar as seguintes considerações:

- Para o período **18-24 UTC**, os modelos MM5-8km e MM5-3km sobrestimam a precipitação na região de Lisboa, embora sejam observados máximos relativos seja identificado nas regiões de Lisboa e Setúbal (Figura IV.2.1.3).

- Para o período **00-06 UTC**, para além de máximos sobre o mar a oeste da Ericeira e do Cabo Mondego, o MM5-8km apresenta máximos de precipitação sobre terra num eixo sobre o vale do Tejo e no sotavento Algarvio (Figura IV.2.1.6). Embora a precipitação sobre a região de Lisboa seja subestimada, o padrão previsto reproduz razoavelmente o padrão das observações desde a região de Lisboa até à região de Castelo Branco. Por outro lado, o MM5-3km mantém a precipitação sobre o mesmo eixo, reforçando localmente a precipitação sobre a região ocidental de Lisboa e sobre a região de Fátima. É também de salientar que o MM5-3km reforça a precipitação numa região sobre o mar a oeste do Cabo Carvoeiro, e que corresponde à região fronteira do domínio de *nesting*.

- Para o período **06-12 UTC**, o MM5-8km continua a subestimar a precipitação na região de Lisboa (Figura IV.2.1.9). Por outro lado, o modelo não prevê os valores elevados de precipitação ocorridos em Setúbal. Na realidade, neste intervalo, os máximos relativos de precipitação são previstos para a região de Fátima e Proença-a-Nova. O modelo MM5-3km mantém o padrão do MM5-8km, sendo que continua a prever um máximo de precipitação sobre o mar, tal como para o período anterior.

- Para o período **12-18 UTC**, o MM5-8km não prevê a precipitação mais intensa na região Sul, localizando-a na região Centro (Figura IV.2.1.12). O modelo MM5-3km é espacialmente coerente com o modelo MM5-8km, reforçando excessivamente a precipitação na região de Tomar.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Tabela IV.2.1 – Características dos modelos e dos respectivos domínios (*)

MODELO	Modelo de acoplamento	Frequência de couplings	Runs	Assimilação	Ciclo	Nº de níveis verticais	Resolução horizontal	Área do domínio geográfico
ECMWF			00, 06, 12, 18UTC	SIM	IFS 32r3	91	~28km	global
ARPEGE			00, 06, 12, 18UTC	SIM	32T3r3	46	variável, sendo de ~16km em Portugal Continental	global
ALADIN-Portugal	ARPEGE	6 horas	00, 12UTC	NÃO	28T3	31	12,7km	limitada: 44,84N 3,4W (extremo NE) 34,76N 14,8W (extremo SW)
ALADIN forçado pelo ECMWF	ECMWF/ ARPEGE (superfície)	6 horas	12 UTC	NÃO	32T1	37	12,7km	(idêntica à do ALADIN-Portugal)
MM5-8km	ECMWF	6 horas	12UTC	NÃO	v3.6	23	8km	limitada: 44,974N 4,4W (extremo NE) 34,97N 12,96W (extremo SW)
MM5-3km	ECMWF	6 horas	12UTC	NÃO	v3.6	23	2,7km	limitada: 39,75N 7,894W (extremo NE) 37,97N 10,186W (extremo SW)

(*) Mais informação acerca das características dos modelos em:

<http://www.cnrm.meteo.fr/aladin/autom/column.html> (para ALADIN-Portugal e ARPEGE)

<http://www.ecmwf.int> (para ECMWF)

<http://www.mmm.ucar.edu/mm5> (para os MM5)



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

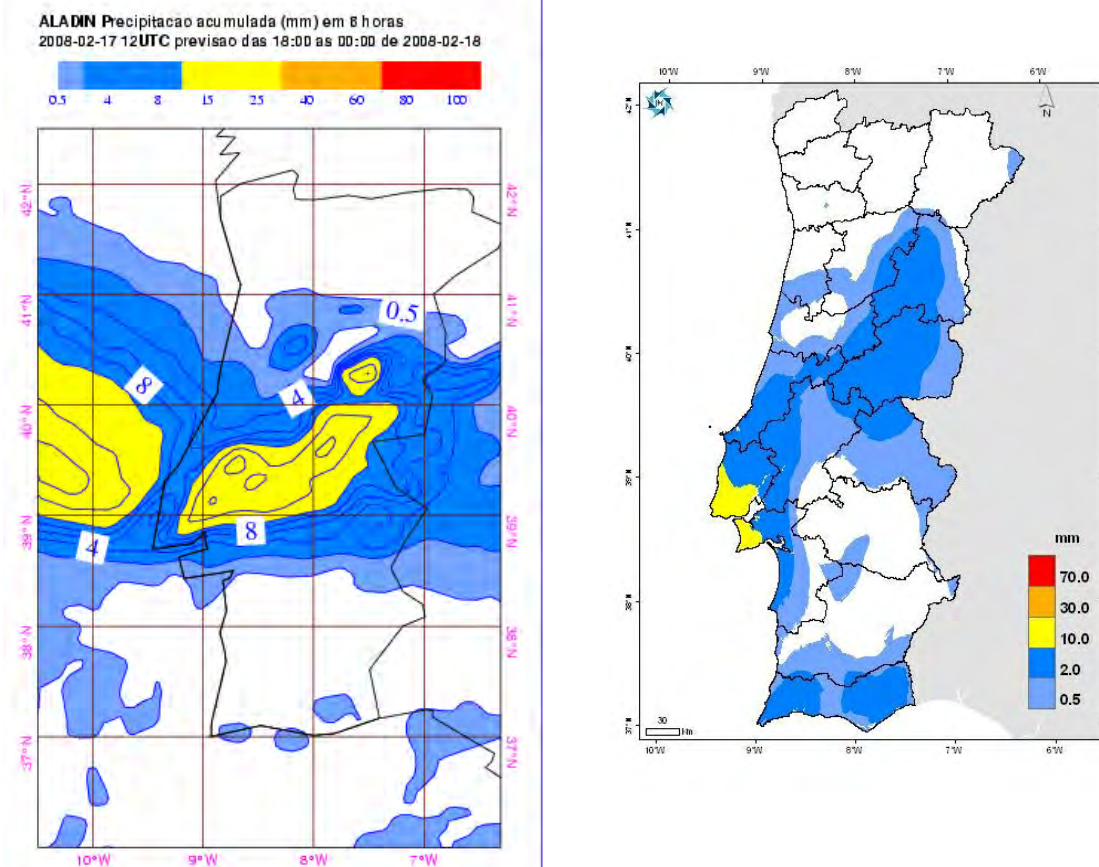


Figura IV.2.1.1 - Previsões da precipitação (mm) pelo modelo ALADIN-Portugal (ao centro) para o período 18-24UTC do dia 17 de Fevereiro a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro de 2008. À direita: Precipitação observada (mm) no mesmo período. Nota: Neste período não se inclui o modelo ARPEGE. Tabela de cores operacional.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

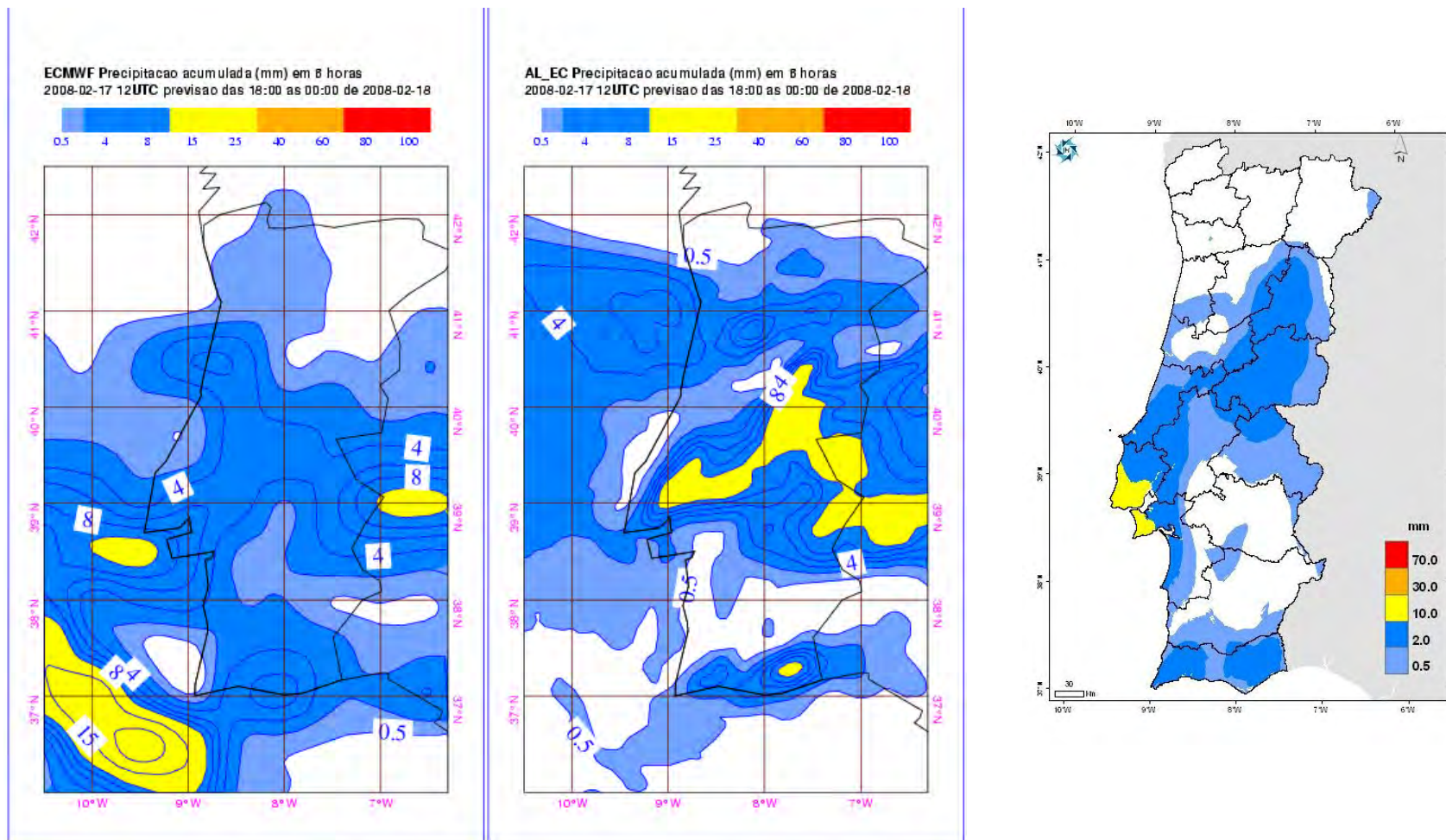


Figura IV.2.1.2 - Previsões da precipitação (mm) pelo modelo ECMWF (à esquerda) e pelo modelo ALADIN, forçado pelo ECMWF (ao centro) para o período 18-24UTC do dia 17 de Fevereiro de 2008 a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro. À direita: Precipitação observada (mm) no mesmo período. Tabela de cores operacional.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior
Instituto de Meteorologia, I. P.

Rua C – Aeroporto de Lisboa Tel.: (351) 21 844 7000
1749-077 Lisboa – Portugal Fax: (351) 21 840 2370



e-mail: informacoes@meteo.pt
URL: <http://www.meteo.pt>



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

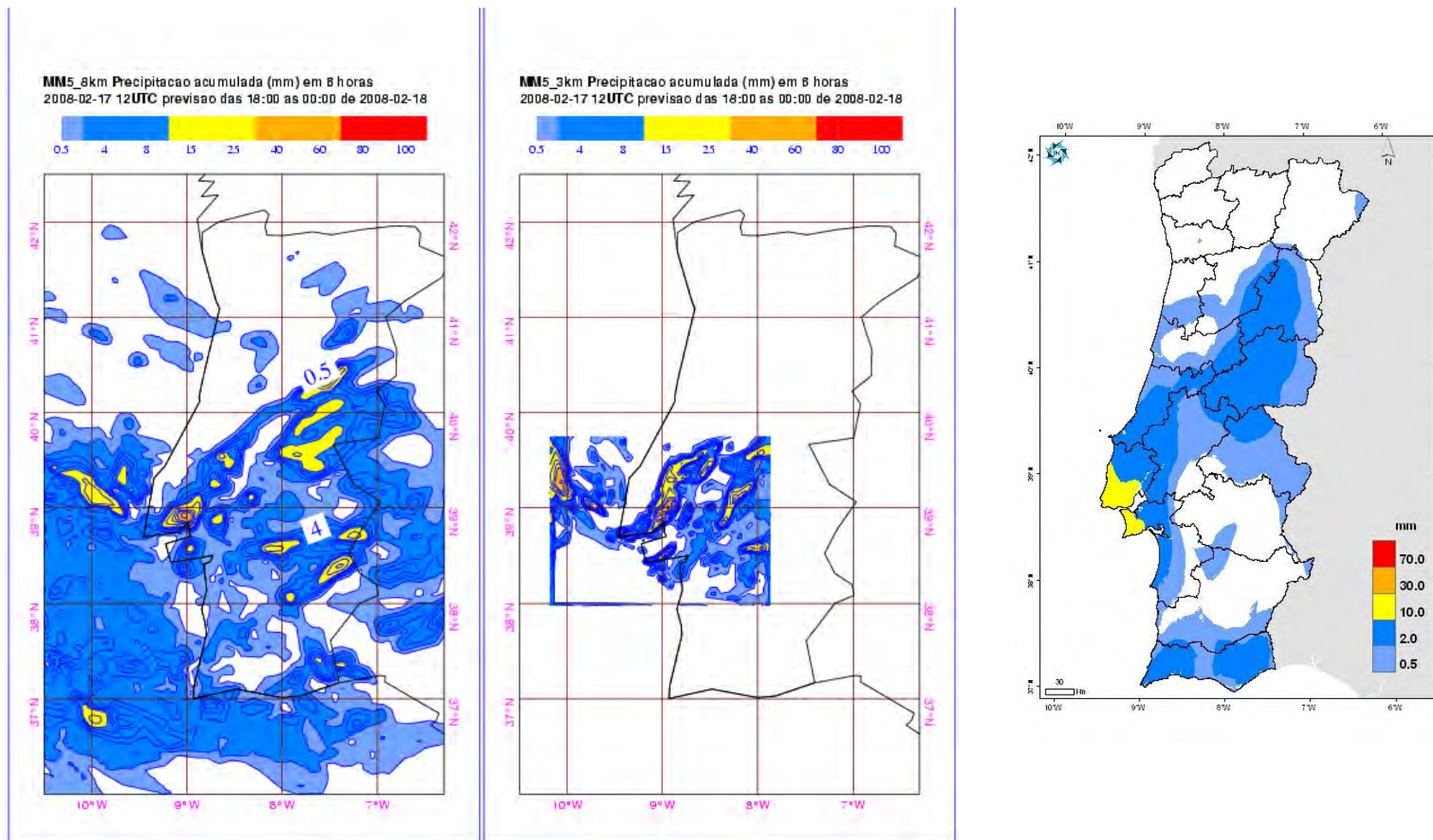


Figura IV.2.1.3 - Previsões da precipitação (mm) pelo modelo MM5-8km (à esquerda) e pelo modelo MM5-3km (ao centro) para o período 18-24UTC do dia 17 de Fevereiro a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro de 2008. À direita: Precipitação observada (mm) no mesmo período. Tabela de cores operacional..



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

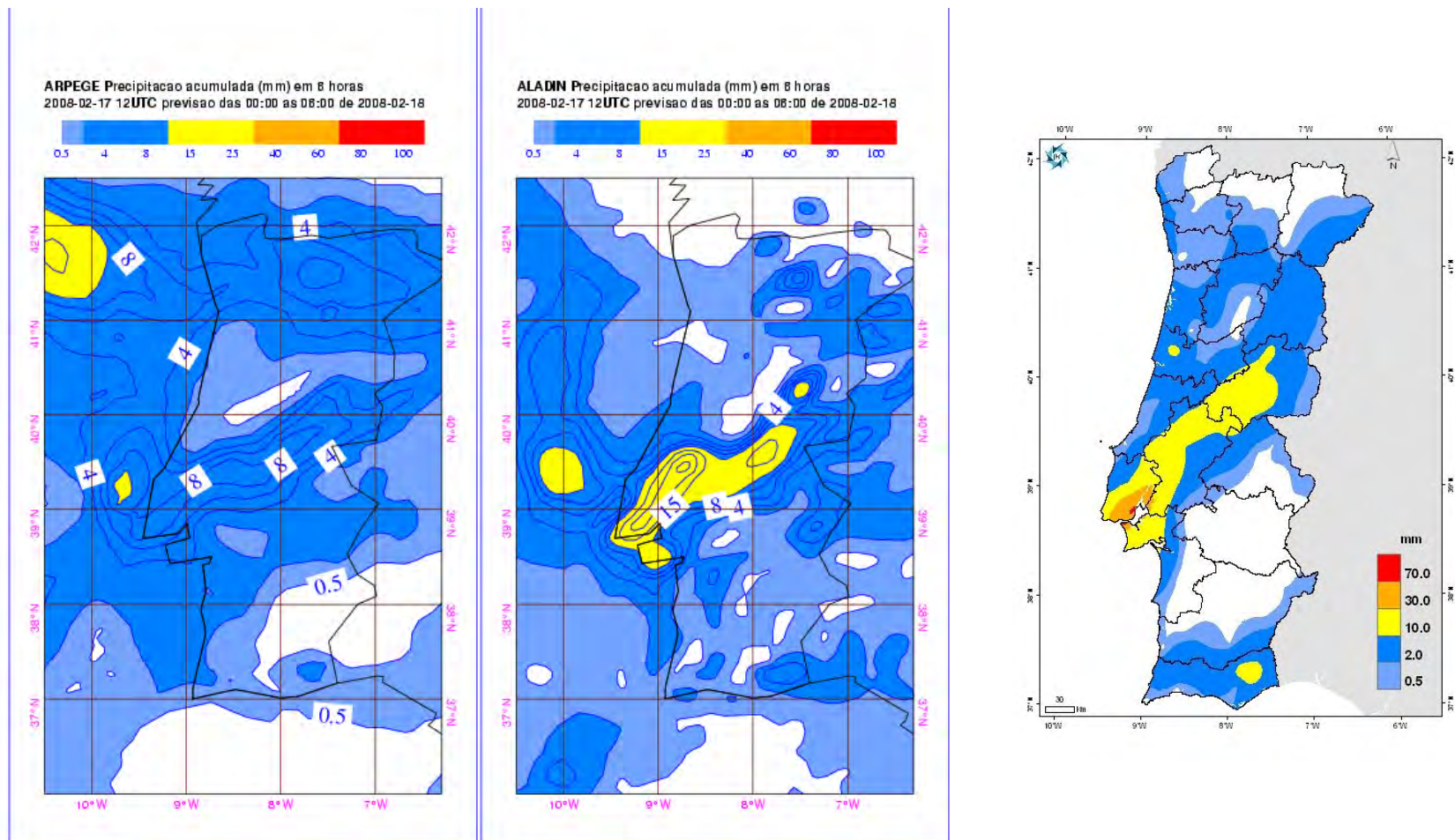


Figura IV.2.1.4 - Previsões da precipitação (mm) pelo modelo ARPEGE (à esquerda) e pelo modelo ALADIN-Portugal (ao centro) para o período 00-06UTC do dia 18 de Fevereiro a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro de 2008. À direita: Precipitação observada (mm) no mesmo período. Tabela de cores operacional.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

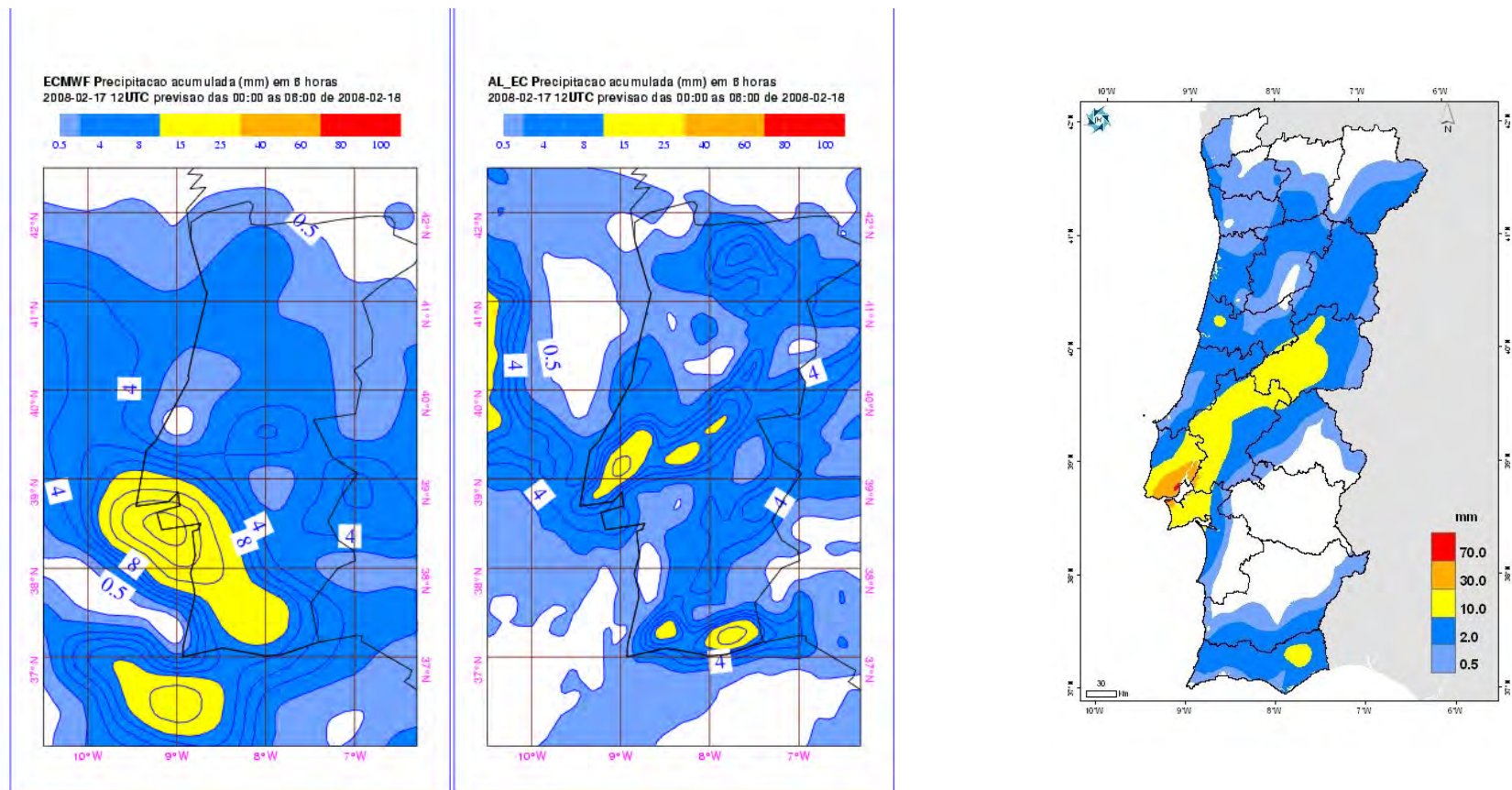


Figura IV.2.1.5 - Previsões da precipitação (mm) pelo modelo ECMWF (à esquerda) e pelo modelo ALADIN, forçado pelo ECMWF (ao centro) para o período 00-06UTC do dia 18 de Fevereiro a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro de 2008. À direita: Precipitação observada (mm) no mesmo período. Tabela de cores operacional.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

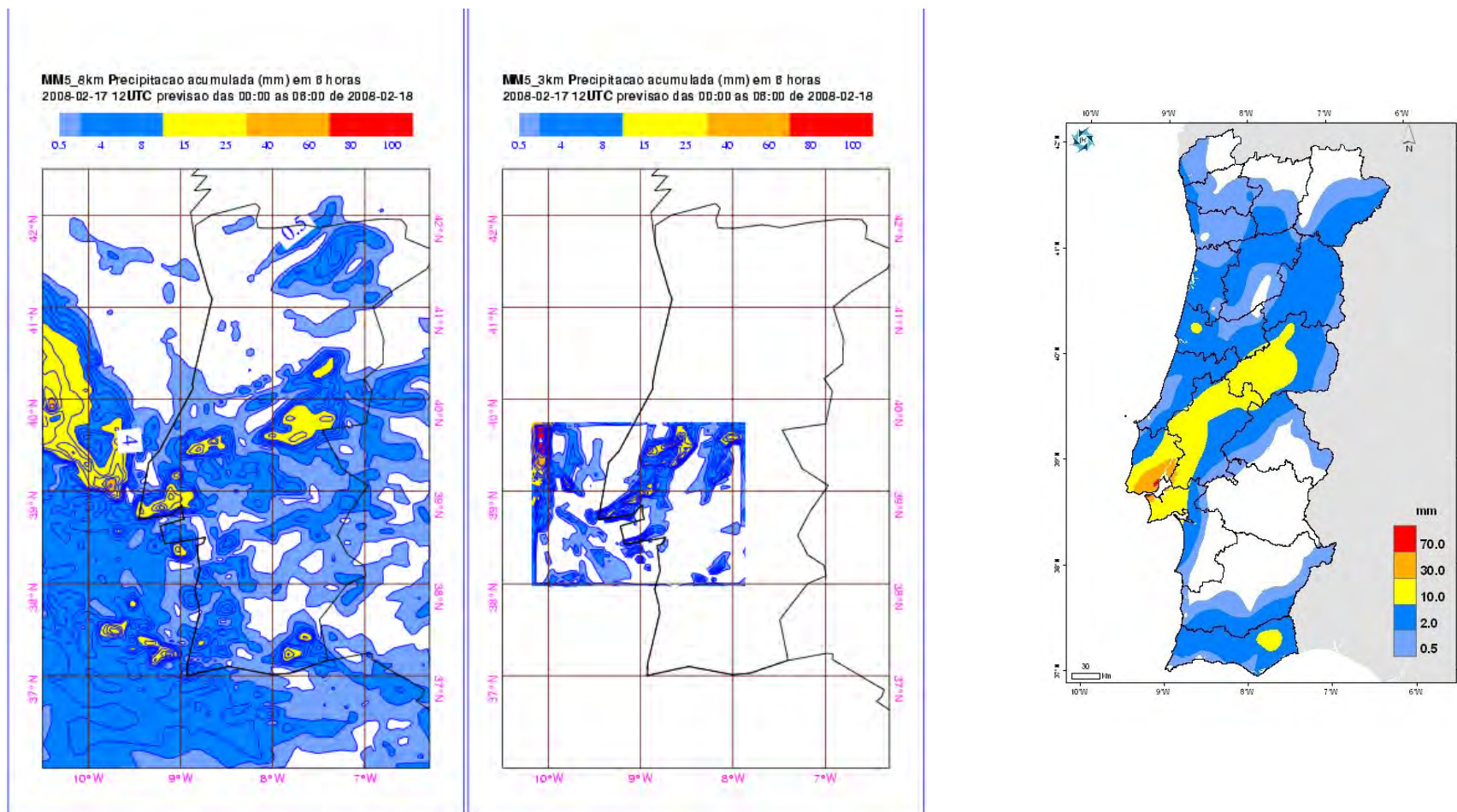


Figura IV.2.1.6 - Previsões da precipitação (mm) pelo modelo MM5-8km (à esquerda) e pelo modelo MM5-3km (ao centro) para o período 00-06UTC do dia 18 de Fevereiro a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro de 2008. À direita: Precipitação observada (mm) no mesmo período. Tabela de cores operacional.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

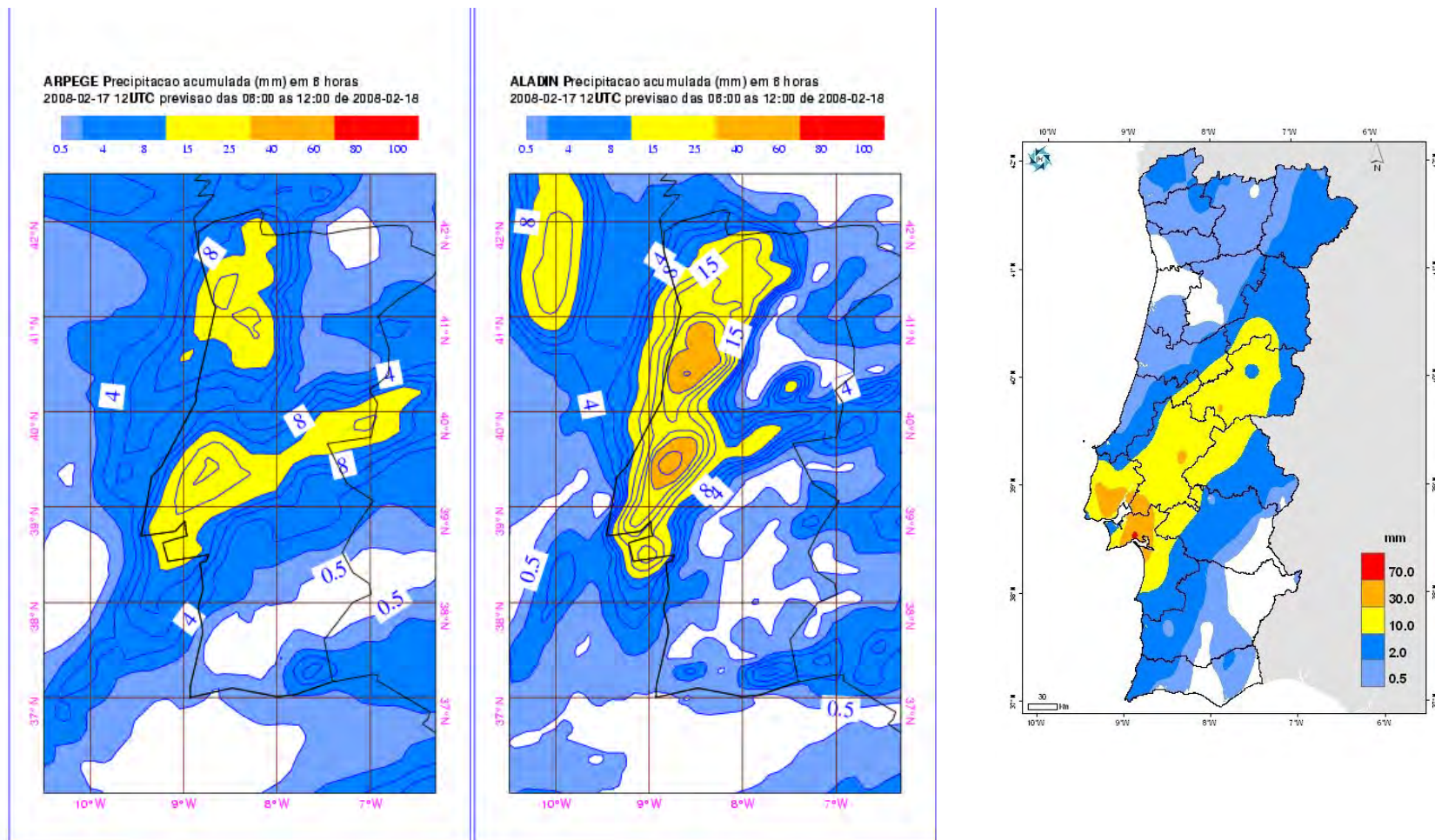


Figura IV.2.1.7 - Previsões da precipitação (mm) pelo modelo ARPEGE (à esquerda) e pelo modelo ALADIN-Portugal (ao centro) para o período 06-12UTC do dia 18 de Fevereiro a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro de 2008. À direita: Precipitação observada (mm) no mesmo período. Tabela de cores operacional.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

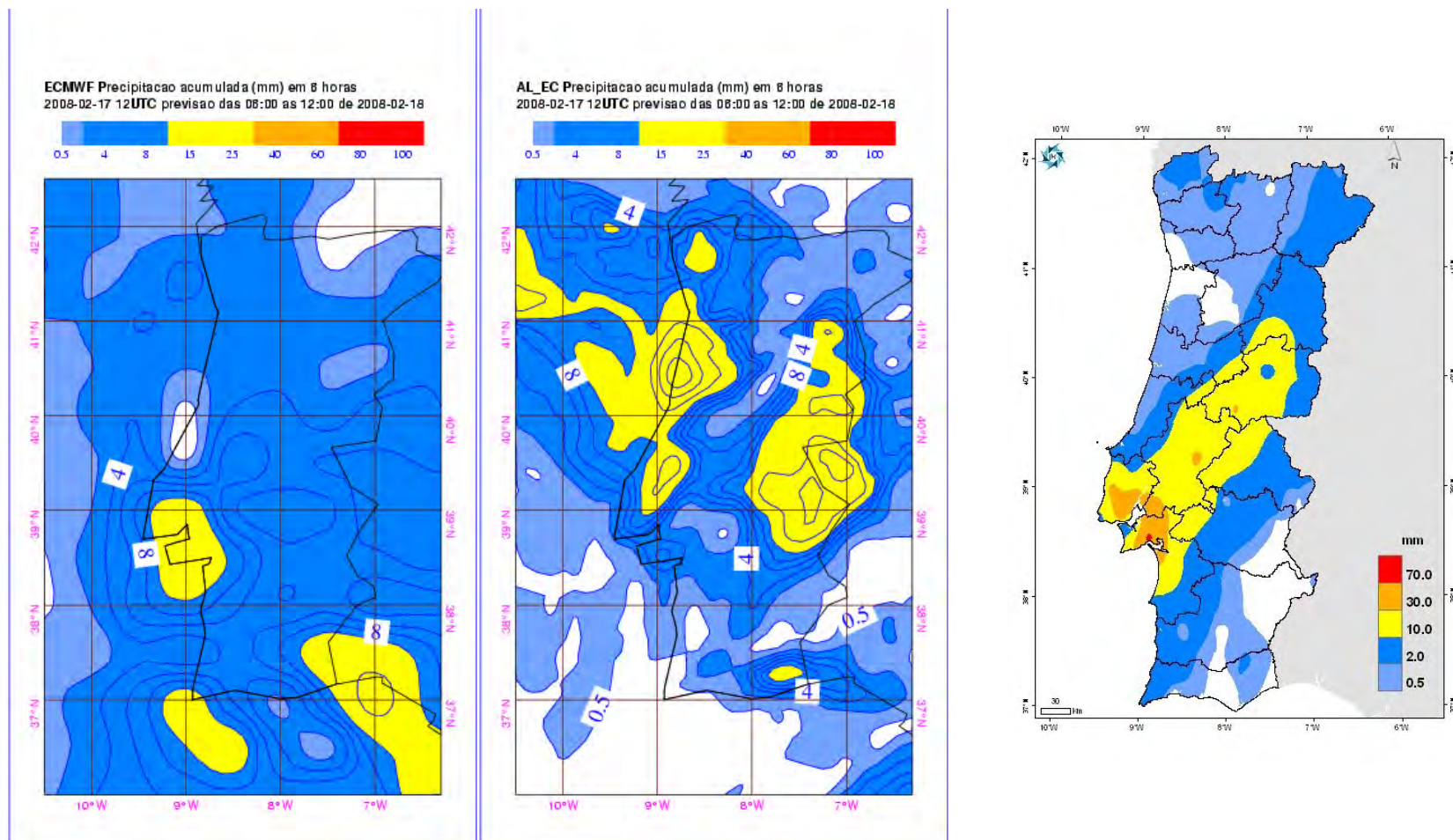


Figura IV.2.1.8 - Previsões da precipitação (mm) pelo modelo ECMWF (à esquerda) e pelo modelo ALADIN, forçado pelo ECMWF (ao centro) para o período 06-12UTC do dia 18 de Fevereiro a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro de 2008. À direita: Precipitação observada (mm) no mesmo período. Tabela de cores operacional.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

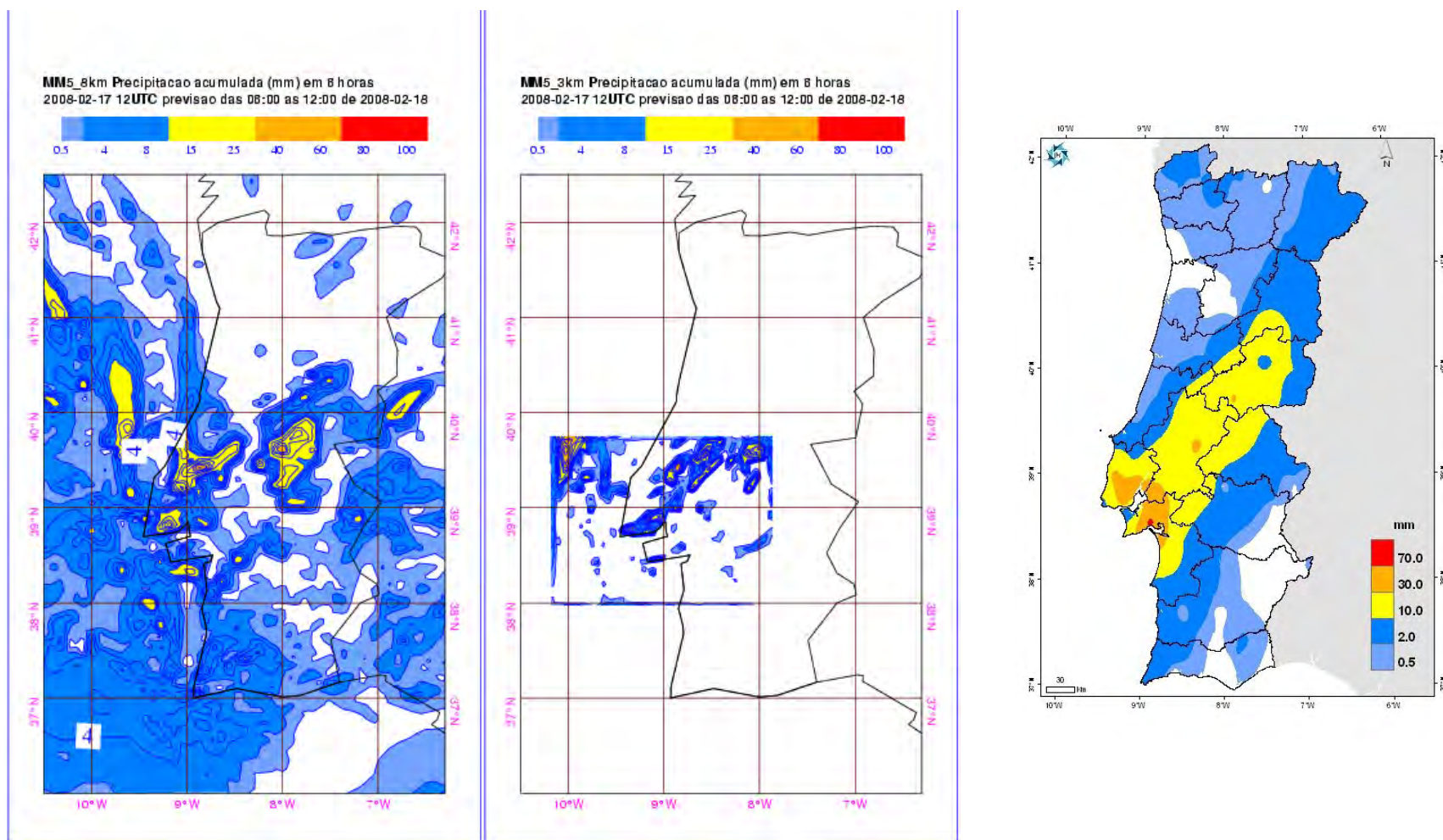


Figura IV.2.1.9 - Previsões da precipitação (mm) pelo modelo MM5-8km (à esquerda) e pelo modelo MM5-3km (ao centro) para o período 06-12UTC do dia 18 de Fevereiro a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro de 2008. À direita: Precipitação observada (mm) no mesmo período. Tabela de cores operacional.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

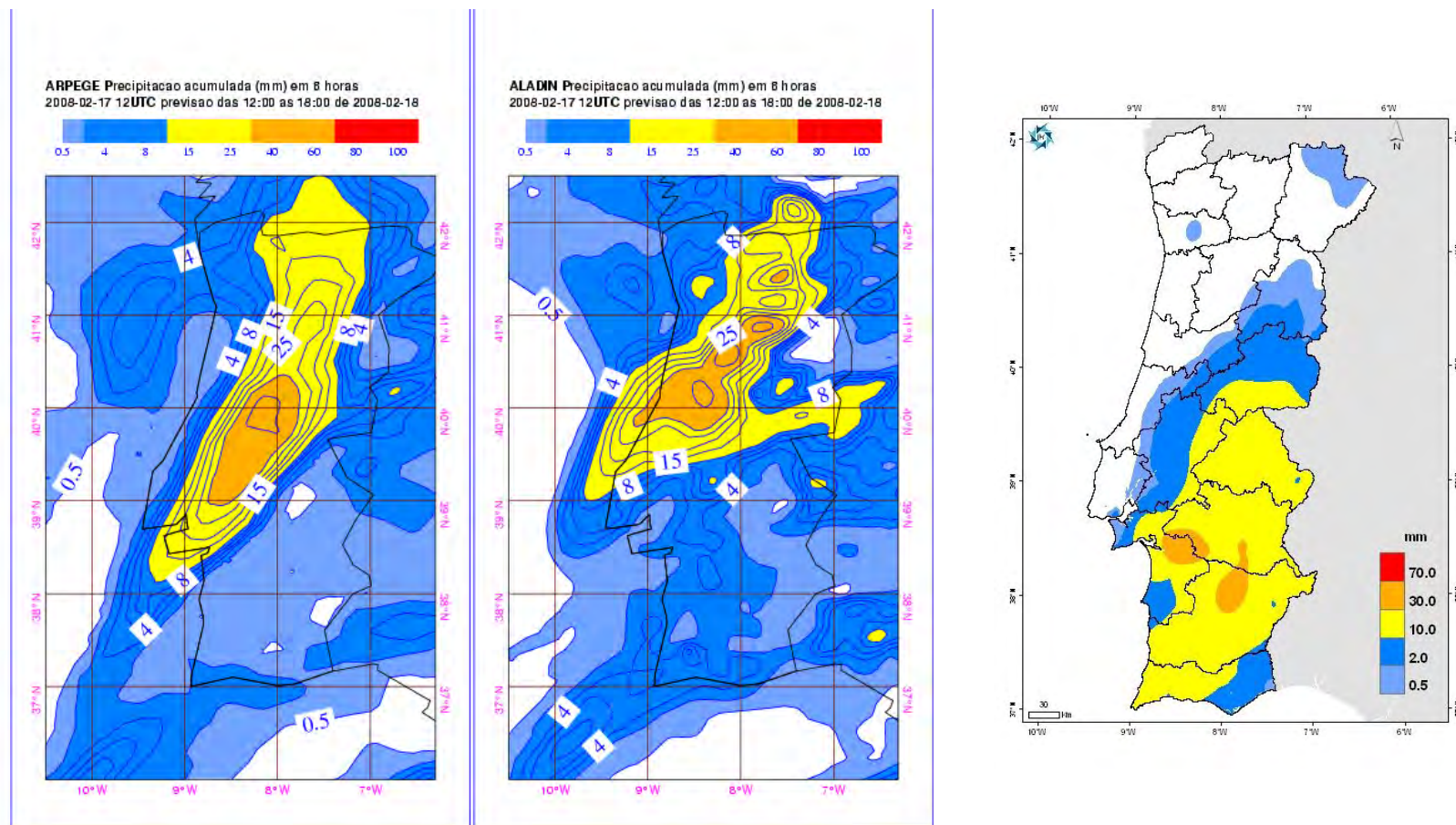


Figura IV.2.1.10 - Previsões da precipitação (mm) pelo modelo ARPEGE (à esquerda) e pelo modelo ALADIN-Portugal (ao centro) para o período 12-18UTC do dia 18 de Fevereiro a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro de 2008. À direita: Precipitação observada (mm) no mesmo período. Tabela de cores operacional.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

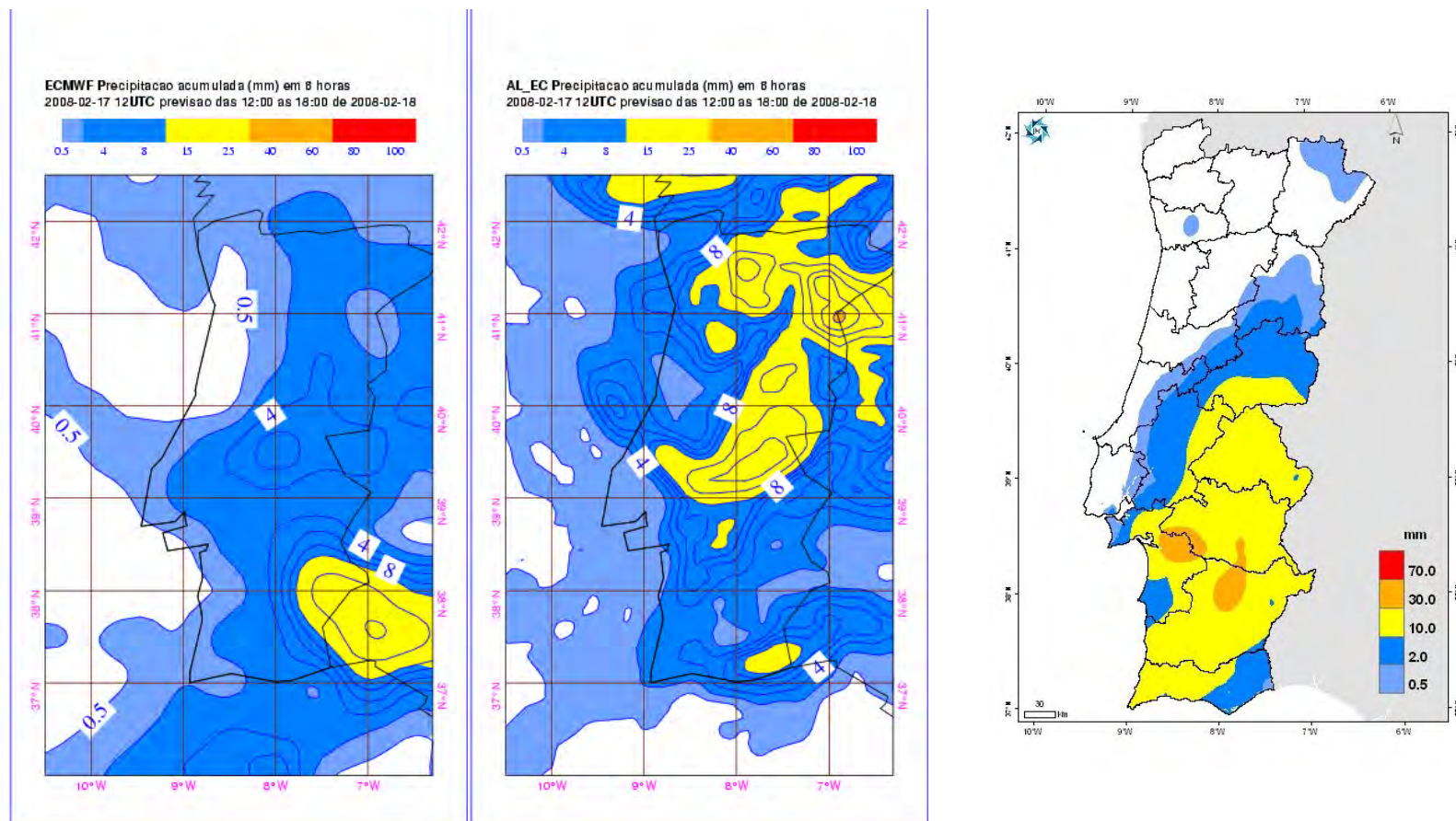


Figura IV.2.1.11 - Previsões da precipitação (mm) pelo modelo ECMWF (à esquerda) e pelo modelo ALADIN, forçado pelo ECMWF (ao centro) para o período 12-18UTC do dia 18 de Fevereiro a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro de 2008. À direita: Precipitação observada (mm) no mesmo período. Tabela de cores operacional.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

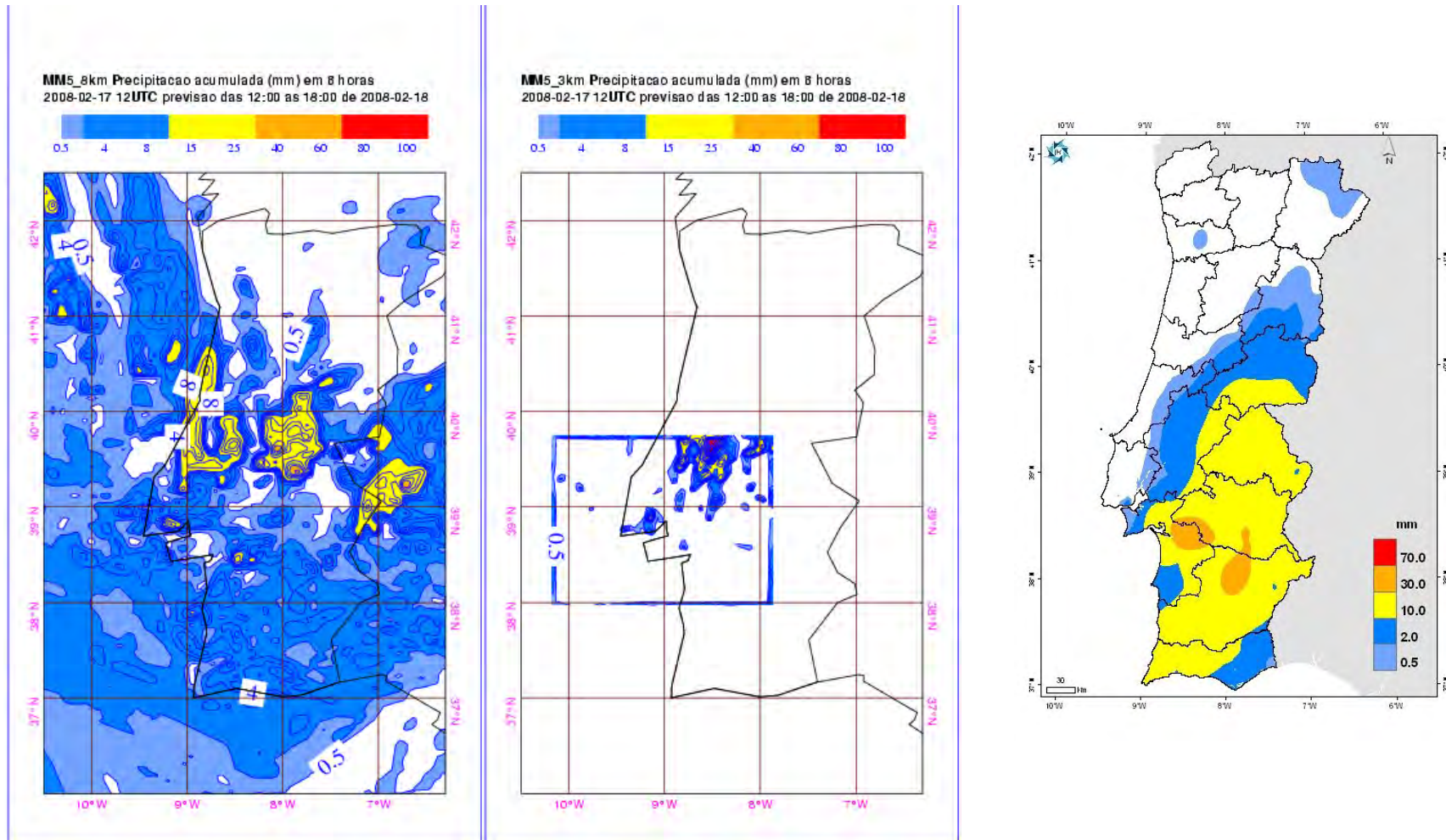


Figura IV.2.1.12 - Previsões da precipitação (mm) pelo modelo MM5-8km (à esquerda) e pelo modelo MM5-3km (ao centro) para o período 12-18UTC do dia 18 de Fevereiro a partir da análise das 12UTC do dia 17 de Fevereiro de 2008. À direita: Precipitação observada (mm) no mesmo período. Tabela de cores operacional.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior
Instituto de Meteorologia, I. P.

Rua C – Aeroporto de Lisboa Tel.: (351) 21 844 7000
1749-077 Lisboa – Portugal Fax: (351) 21 840 2370



e-mail: informacoes@meteo.pt
URL: <http://www.meteo.pt>



Nas considerações seguintes, efectua-se uma análise global de todos os modelos. Essa análise é efectuada em conjunto com observações das estações automáticas de superfície, com as observações de Radar e com a estimativa combinada obtida a partir destes dois tipos de observações (ver Capítulo III.3).

Assim, a precipitação em 6 horas das diversas fontes na Figura IV.2.1.13 é apresentada na escala de cores habitualmente utilizada na análise de imagens Radar. Assume-se que o mapa da OBS. SUP. + RADAR é o mais realista na região coberta pelo radar de Coruche e que o mapa da OBS. SUPERFICIE (apenas com a informação das estações de superfície) é mais realista nas restantes regiões.

ECMWF

Prós:

Do ponto de vista qualitativo, o modelo do ECMWF consegue localizar bem os máximos relativos de precipitação, tanto espacialmente como temporalmente. De facto, no período das 18:00 às 00:00 UTC a precipitação é máxima na região de Lisboa, agravando-se para o período entre as 00:00 e as 06:00 UTC. A partir das 12:00 UTC a precipitação sobre Lisboa é substancialmente menor e o máximo de precipitação desloca-se para sueste

Contras:

Do ponto de vista quantitativo, o modelo do ECMWF subestima muito a precipitação ocorrida.

ALADIN-ECMWF

Prós:

O modelo consegue identificar o eixo correspondente ao vale do Tejo, como uma zona de maior precipitação entre as 00:00 e 06:00 UTC, embora com um valor pouco expressivo em Lisboa.

Contras:

Subestima fortemente a precipitação no período mais crítico e para o fim do período desloca-a erradamente para norte, sobrestimando-a significativamente.

ALADIN-OPERACIONAL

Prós:

Consegue identificar melhor o eixo correspondente ao vale do Tejo, como uma zona de maior precipitação entre as 00:00 e 06:00 UTC, sendo que em Lisboa tem um valor um pouco mais correcto que o ALADIN-ECMWF.

Contras:

Subestima muito a precipitação na região de Lisboa e, para o fim do período, desloca-a erradamente para norte, sobrestimando-a muito.



MM5-8Km

Prós:

Apresenta um máximo de precipitação em Lisboa que é mais próximo da realidade, chamando mais a atenção para o carácter excepcional da situação, embora não prevendo valores tão elevados como os ocorridos e estando adiantado temporalmente 6 horas. Define o eixo de maior precipitação correspondente ao vale do Tejo.

Contras:

Para o fim do período, desloca a precipitação erradamente mais para norte, embora intensifique correctamente a precipitação no distrito de Portalegre.

MM5-3km

Prós:

De todos os modelos, é o que dá pontualmente mais precipitação, prevendo valores mais próximos dos observados em vários locais dos distritos de Lisboa e Santarém. O modelo indicou valores de precipitação demasiado elevados sobre o mar a cerca de 110 km a noroeste de Lisboa, que o radar não confirma. Contudo, este modelo é o único a prever cerca de 100mm em 6 horas para o período entre as 0 e as 6 UTC (face, por exemplo, aos 74 mm registados em Lisboa/Gago Coutinho para o mesmo período), pelo que este facto poderia ser considerado um indicador da gravidade da situação.

Contras:

Para o fim do período sobrestima muito a precipitação na região de Ourém e subestima fortemente a precipitação nas zonas de Setúbal, Alcácer e Beja.

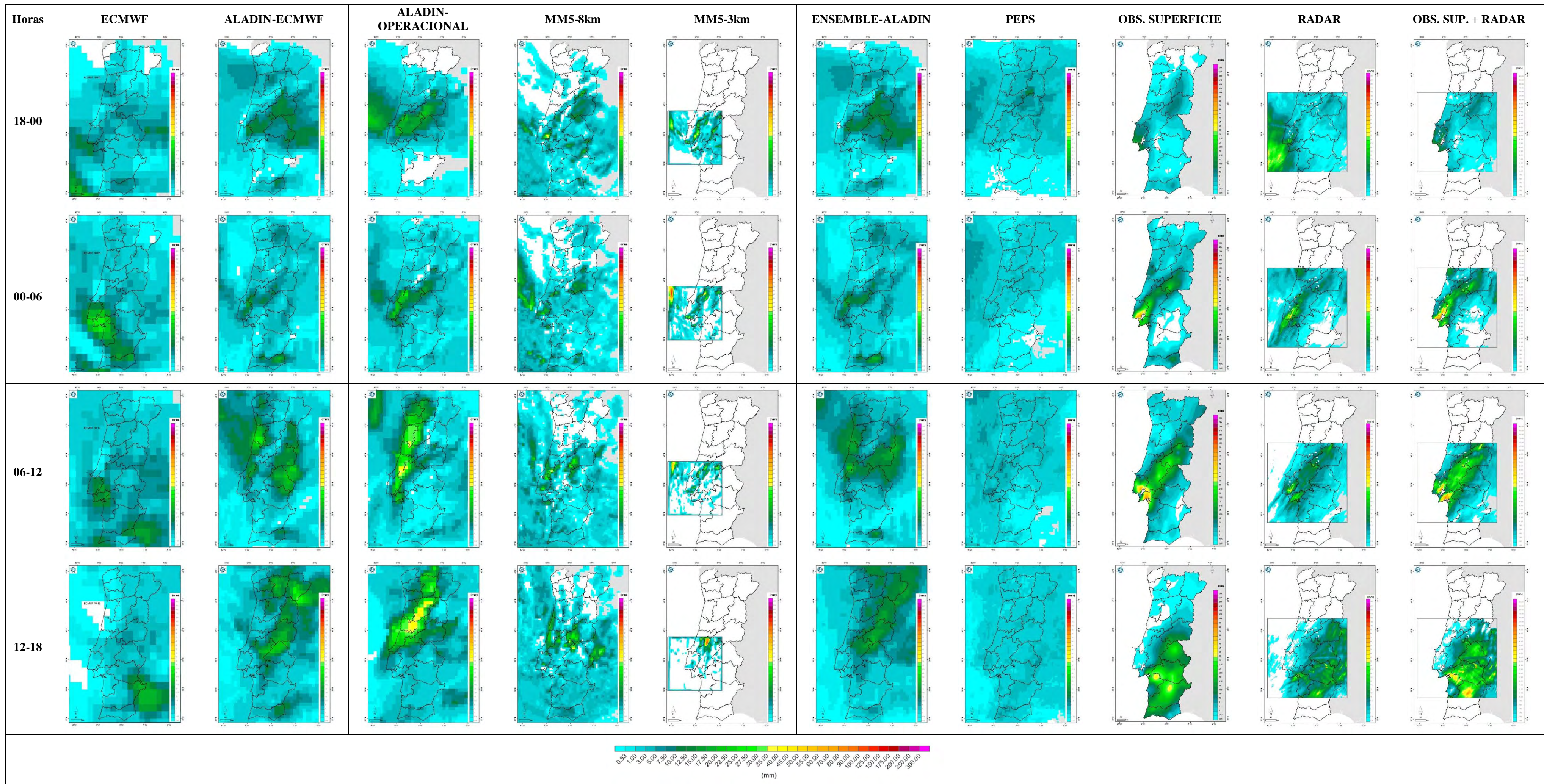
ALADIN-ENSEMBLE

Previsões muito parecidas com o ALADIN-ECMWF para este caso de estudo

PEPS

De todos os modelos é manifestamente o pior, não evidenciando qualquer sinal útil.

Figura IV.2.1.13 – Comparação da precipitação acumulada para 4 períodos de 6 horas com a tabela de cores utilizada nas observações RADAR: i) das 18:00 UTC de dia 17 até às 00:00 UTC de dia 18; ii) das 00:00 às 06:00 UTC de dia 18; iii) das 06:00 às 12:00 UTC de dia 18; iv) das 12:00 às 18:00 UTC de dia 18. Previsões dos modelos: ECMWF, ALADIN-ECMWF, ALADIN, MM5 a 8km, MM5 a 3 km, Ensemble ALADIN, PEPS. Observações: Estações automáticas de superfície, Radar, combinação observações de superfície e RADAR. Última coluna com descargas eléctricas. [Página Seguinte]





IV.2.2 Probabilidade de precipitação acumulada

A avaliação da probabilidade de precipitação acumulada prevista em 24h às 12 UTC de dia 18 de Fevereiro em Lisboa, obtida a partir das análises das 12UTC do modelo do ECMWF desde o dia 7 de Fevereiro até ao dia 16 de Fevereiro (Figura IV.2.2.1), permite constatar que:

- Entre os dias 10 e 12, nota-se uma subida do valor da probabilidade para todos os limiares;
- A partir de dia 12, a probabilidade da precipitação acumulada ser superior a 1 mm é de 99 ou 100% e de ser superior a 5 mm é superior a 90%;
- até dia 10, as probabilidades para os limiares mais gravosos de 10 e 20 mm encontram-se abaixo de 30%;
- Entre os dias 12 e 15, a probabilidade da precipitação acumulada ser superior a 10 mm situa-se entre 65 e 90 %, atingindo os 100% no dia 16;
- a probabilidade de ocorrer precipitação superior a 20mm apenas excede 80% no dia 16, situando-se próximo de 40% nos dias 12 e 15, e sendo inferior a 30% nos restantes dias.

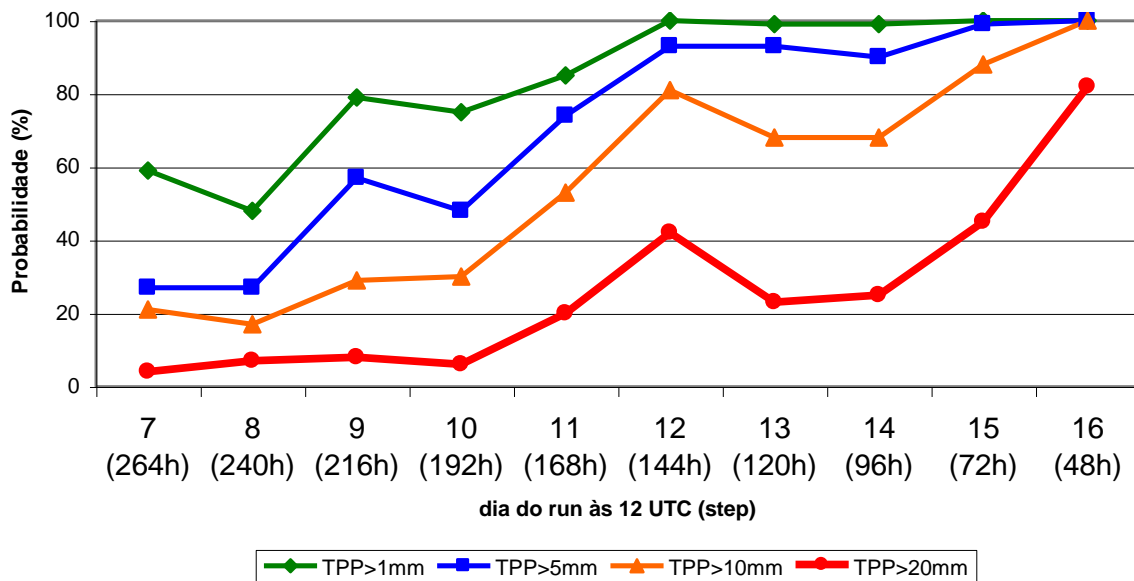


Figura IV.2.2.1 – Probabilidade de precipitação acumulada (TPP) prevista pelo modelo do ECMWF em 24 horas, entre as 12 UTC de dia 17 e as 12 UTC de dia 18 de Fevereiro de 2008. Cada curva representa a TPP ser superior aos limiares de 1, 5, 10 e 20 mm.

Observando o mapa de plumas da precipitação acumulada em 12h prevista para Lisboa G.C. com base na análise das 12UTC do dia 17 dos vários membros do *ensemble* do modelo do ECMWF (Figura IV.2.2.2), constata-se que as previsões são semelhantes para as 24h seguintes, onde se inclui o período de maior precipitação ocorrida. Assim, os valores da precipitação prevista em 12h pelos membros variam entre um mínimo de 5mm e um máximo de 12mm, aproximadamente. Considerando os valores máximos, o valor acumulado em 24 horas é cerca de 1/6 do valor ocorrido, verificando-se que a subestima foi menor no período



entre as 12 e 24 UTC de dia 17 (o valor observado foi de 26.5 mm) do que entre as 00 e as 12 UTC do dia 18 (o valor observado foi de 111 mm).

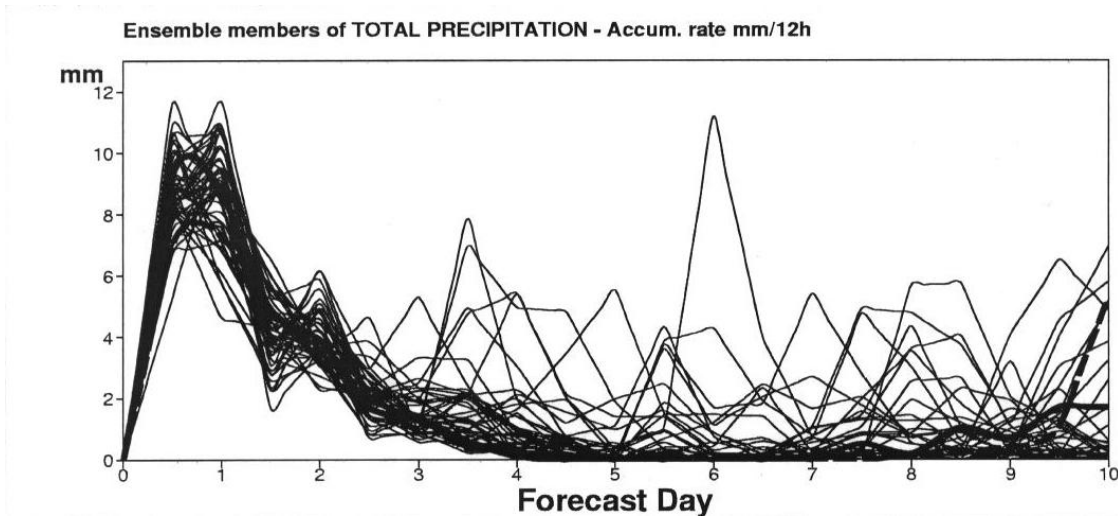


Figura IV.2.2.2 – Mapa de plumas da precipitação acumulada em 12 horas para Lisboa G.C. com base nas análises das 12 UTC de dia 17 de Fevereiro de 2008 dos membros de *ensemble* do modelo ECMWF.

No gráfico *whisker-box* da precipitação acumulada em 3h do *ensemble* do modelo ALADIN com condições iniciais/fronteira do ECMWF (Figura IV.2.2.3), está patente a forte subestima das quantidades de precipitação também neste caso. Considerando os valores máximos, o valor acumulado em 24 horas está próximo dos 40 mm, ou seja, cerca de 1/3 do valor ocorrido.

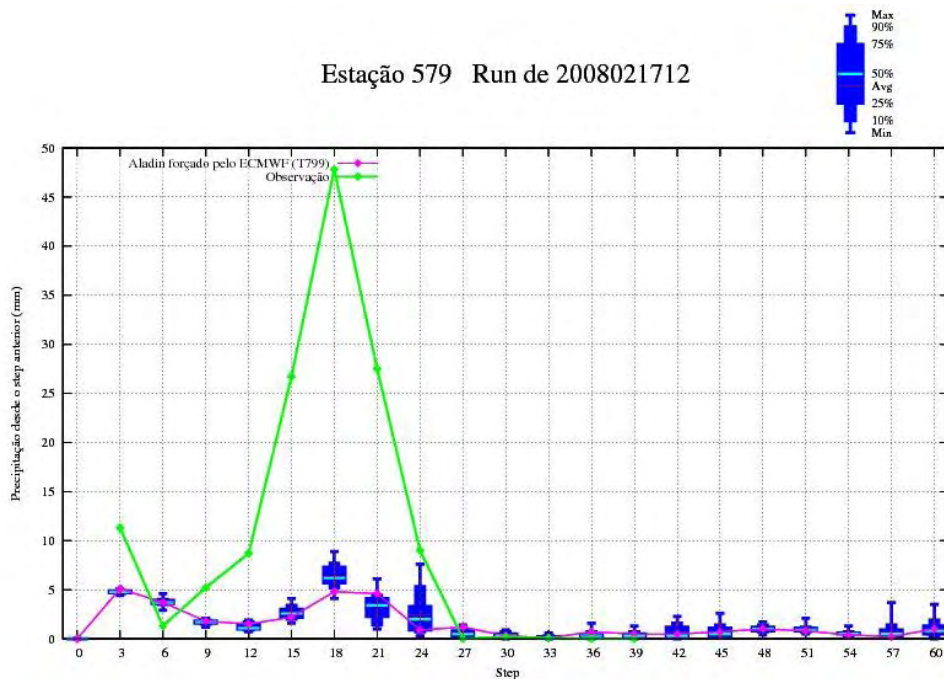


Figura IV.2.2.3 – Mapa *whisker-box* para a precipitação acumulada em 3 horas com base nas análises das 12 UTC de dia 17 de Fevereiro de 2008 do *ensemble* do modelo Aladin com condições iniciais/fronteira do ECMWF.



IV.2.3 *Extreme Forecast Index (EFI)*

Os valores mais elevados de precipitação acumulada entre os vários membros dos *ensembles* referidos no capítulo anterior não superam nenhum dos limiares de precipitação em 6 horas (30, 40 e 60 mm) do sistema de avisos meteorológicos em vigor no IM, que será analisado em maior detalhe no capítulo V.

De facto, em situações extremas, os modelos numéricos têm dificuldades em estimar valores de precipitação próximos da realidade. Assim, o ECMWF desenvolveu um produto designado por *Extreme Forecast Index (EFI)* que pode ser utilizado na previsão de situações extremas de temperatura, vento e precipitação (Zsoter, 2006). O EFI foi concebido para identificar se as distribuições da previsão probabilística do sistema *Ensemble Prediction System (EPS)* do ECMWF se encontram muito afastadas da climatologia do próprio modelo. A climatologia é definida através de campos re-processados para os 30 dias em torno do dia em questão por um período de 30 anos. Ou seja, o EFI indica a existência de situações extremas em relação ao período em causa em cada região e não necessita do estabelecimento de limiares arbitrários que teriam de ser dependentes da altura do ano e do local. O EFI varia entre -1 e $+1$, sendo $+1$ quando todos os membros apresentam valores elevados sem precedentes na climatologia e -1 quando todos os membros apresentam valores baixos sem precedentes na climatologia.

O EFI (para a precipitação) terá sido o produto que melhor traduziu qualitativamente a excepcionalidade do episódio em análise. Na previsão de dia 14 para o período entre as 06 UTC de dia 17 e as 06 UTC de dia 18, o EFI apresentava valores entre $+0.5$ e $+0.7$ nas regiões Centro e Sul do Continente, com um máximo entre $+0.8$ e $+0.9$ ao largo da costa (Figura IV.2.3.1). Na previsão de dia 15, o máximo ao largo da costa aumenta, situando-se entre $+0.9$ e $+1$. No dia 16, para além de o máximo se manter no intervalo mais gravoso da escala, os valores de EFI nas regiões Centro e Sul também aumentam, variando entre $+0.8$ e $+0.9$.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

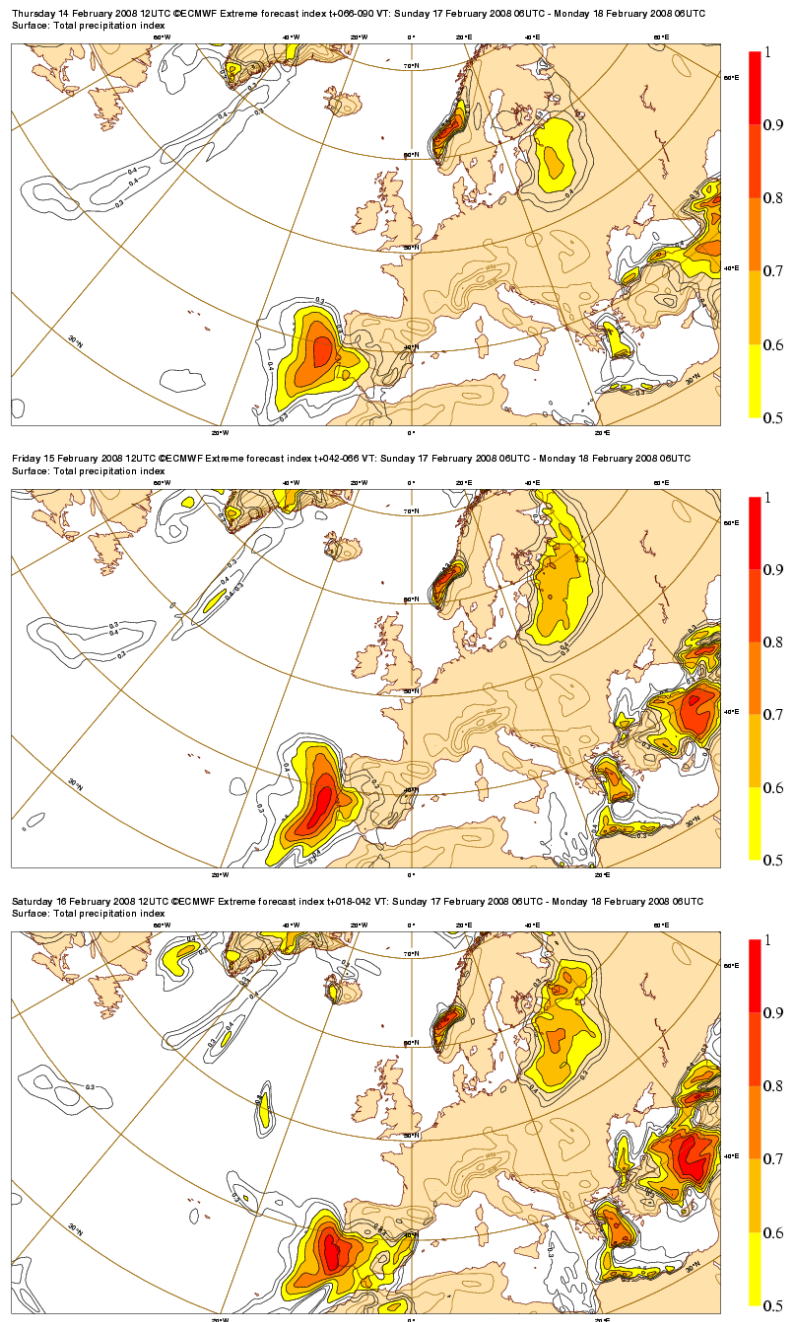


Figura IV.2.3.1 – *Extreme Forecast Index* (EFI) para o período entre as 06 UTC do dia 17 e as 06 UTC do dia 18, obtido a partir das análises dos dias 14 (em cima), 15 (ao meio) e 16 (em baixo) de Fevereiro de 2008.



V Análise operacional

V.1 Turno noite (20-08h)

Às 20:00 UTC de dia 17 de Fevereiro de 2008, entrou ao serviço na Divisão de Vigilância e Previsão Meteorológica (DVIP) o turno constituído pelas meteorologistas Maria João Frada e Elvira Palma, o qual teria o seu término às 08:00 UTC de dia 18 do referido mês.

De acordo com o traçado das análises objectivas efectuadas no Centro durante o dia 17, o fluxo sobre o território do Continente era de leste, devido à acção de um anticiclone localizado sobre a Europa Central, embora, sobre o mar, existisse uma depressão complexa com vários núcleos em deslocamento para nordeste, advectando a partir do final de dia 17 uma massa de ar tropical, relativamente quente e húmido sobre as regiões a sul do sistema montanhoso Montejusto-Estrela.

De acordo com o Sistema de Avisos Meteorológicos (SAM) do IM (Tabela V.1.1), estavam em vigor no início do turno os seguintes avisos (válidos entre as 19:00 UTC de dia 17 e as 19:00 UTC de dia 18):

- Aviso amarelo de agitação marítima forte no distrito de Faro: ondas de sueste com 2 a 2,5 metros.
- Aviso amarelo de velocidade média e rajada máxima nas terras altas nos distritos de Viseu, Guarda, Castelo Branco, Coimbra, Leiria, Setúbal e Portalegre: direcção de sueste com 60 km/h, com rajadas da ordem dos 90 km/h.

Por volta das 20:10 UTC, logo após a passagem do turno, depois de visualizarem as observações da bóia de Faro, as meteorologistas constatarem a existência de valores de agitação marítima superiores ao previsto, pelo que actualizam de imediato o aviso de Faro, passando-o de amarelo a laranja: ondas de sueste com 3 a 4 metros na costa sul do Algarve. É de salientar que esta situação era gravosa, uma vez que o Levante forte persistia há já vários dias. Havia inclusive estragos consideráveis nos apoios de praia algarvios, que estavam prestes a ruir devido ao arrastamento de areias.

Já no dia 16, as meteorologistas, depois de analisarem as previsões do modelo do ECMWF com base no RUN das 12:00 UTC de dia 15 e das 00:00 UTC de dia 16, estavam conscientes que a situação entre a noite de dia 17 e o dia 18, era susceptível de dar origem a precipitação forte nas regiões Centro e Sul. A depressão complexa que iria afectar o estado do tempo no Continente na referida noite, tinha dado origem a instabilidade com precipitação forte e trovoadas no dia 16 e início de dia 17 no Arquipélago da Madeira.

Na noite de dia 17, depois de analisarem os prognósticos do modelo do ECMWF H+24 e H+36, válidos para o dia 18, com base no RUN das 12:00 UTC de dia 17, o turno constata as suspeitas que tinha desde o dia anterior e, às 22:07 UTC, emite aviso amarelo de precipitação para os distritos de Lisboa, Setúbal, Beja e Faro no período compreendido entre as 00:00 e as 12:00 UTC de dia 18.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Tabela V.1.1 – Critérios de emissão do Sistema de Avisos Meteorológicos (SAM) válidos para o Continente e Madeira (em vigor nos dias 17 e 18 de Fevereiro de 2008).

Aviso	Parâmetro	Amarelo	Laranja	Vermelho	Unidade	Notas
Vento	Velocidade Média do Vento	50 - 70	70 - 90	> 90	km/h	
	Rajada Máxima do Vento	70 - 90	90 - 130	> 130	km/h	
Precipitação	Chuva/Aguaceiros	10 - 20	20 - 40	> 40	mm/1h	Milímetros numa hora
		30 - 40	40 - 60	> 60	mm/6h	Milímetros em 6 horas
Neve	Queda de Neve	5 - 10	10 - 100	> 100	cm	Cota (altitude >1000 m)
		1 - 5	5 - 30	> 30	cm	Cota (altitude <1000 m)
Trovoada	Descargas Eléctricas	a)	b)	c)		a) Frequentes e Dispersas. b) Frequentes e Concentradas c) Muito Frequentes e excessivamente concentradas
Nevoeiro	Visibilidade	* \geq 48h	* \geq 72h	* \geq 96h		*-duração
Tempo Quente	Temperatura Máxima	# - # *	# - # *	> # *	°C	*-duração \geq 48 horas
Tempo Frio	Temperatura Mínima	# - # *	# - # *	< # *	°C	*-duração \geq 48 horas
Agitação Marítima	Altura Significativa das Ondas	4 - 5	5 - 7	> 7	m	
		2 - 3	3 - 5	> 5	m	Com ondulação de Sueste na costa Sul do Algarve

Temperaturas Máximas				Temperaturas Mínimas			
Distrito	Amarelo	Laranja	Vermelho	Distrito	Amarelo	Laranja	Vermelho
Viana do Castelo	30 a 34	35 a 38	> 38	Viana do Castelo	-1 a -3	-4 a -5	< -5
Braga	32 a 35	36 a 38	> 38	Braga	-1 a -3	-4 a -5	< -5
Porto	30 a 34	35 a 38	> 38	Porto	0 a -2	-3 a -4	< -4
Vila Real	32 a 36	37 a 40	> 40	Vila Real	-1 a -3	-4 a -5	< -5
Bragança	32 a 35	36 a 38	> 38	Bragança	-4 a -7	-8 a -10	< -10
Viseu	33 a 36	37 a 39	> 39	Viseu	-2 a -5	-6 a -8	< -8
Guarda	28 a 31	32 a 37	> 37	Guarda	-2 a -6	-7 a -10	< -10
Castelo Branco	35 a 38	39 a 40	> 40	Castelo Branco	1 a -1	-2 a -4	< -4
Aveiro	30 a 35	36 a 39	> 39	Aveiro	3 a 1	0 a -1	< -1
Coimbra	34 a 38	39 a 40	> 40	Coimbra	-1 a -3	-4 a -5	< -5
Leiria	29 a 34	35 a 41	> 41	Leiria	-1 a -4	-5 a -6	< -6
Lisboa	32 a 35	36 a 40	> 40	Lisboa	4 a 1	0 a -1	< -1
Setúbal	33 a 37	38 a 42	> 42	Setúbal	2 a -2	-3 a -4	< -4
Santarém	35 a 39	40 a 43	> 43	Santarém	1 a -2	-3 a -4	< -4
Portalegre	34 a 37	38 a 42	> 42	Portalegre	1 a -1	-2 a -5	< -5
Évora	34 a 37	38 a 41	> 41	Évora	2 a 0	-1 a -4	< -4
Beja	36 a 40	41 a 44	> 44	Beja	1 a -1	-1 a -3	< -3
Faro	32 a 35	36 a 42	> 42	Faro	4 a 1	0 a -1	< -1
Funchal	28 a 34	35 a 38	> 38	Funchal	4 a 2	1 a 0	< 0

As meteorologistas analisaram as observações de superfície, as imagens de satélite, incluindo produtos RGB (em particular a diferença WV6.2-IR10.8), os produtos da SAF Nowcasting (nomeadamente os produtos CRR e RDT), as imagens dos radares meteorológicos e as de descargas eléctricas. Com base nas referidas observações, constatou-se a formação de células convectivas sobre a região da Grande Lisboa.

Cerca das 03:15 UTC, tem-se conhecimento da ocorrência de valores de precipitação de 18 mm e 15 mm, entre as 02:00 e as 03:00 UTC, nas estações de Lisboa Gago Coutinho e Lisboa Geofísico, respectivamente. Verificou-se que estes valores não excediam os limiares do aviso amarelo emitido anteriormente. Na hora seguinte, os valores de precipitação diminuíram para 5mm e 3mm nas referidas estações.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

As meteorologistas continuam o seu trabalho, elaborando as tarefas de rotina que é suposto efectuarem, assim como a vigilância meteorológica, através dos meios de nowcasting disponíveis no Centro já referidos anteriormente.

Foi analisado o *run* das 12:00 UTC dos modelos ALADIN e ECMWF. Face ao que se estava a observar na região da Grande Lisboa, verificou-se que ambos definiam relativamente bem a zona mais afectada pela precipitação entre as 00 e as 03 UTC de dia 18. No entanto, para as horas seguintes, no modelo ALADIN os maiores valores de precipitação deslocavam-se para norte, enquanto no modelo do ECMWF as regiões a sul do sistema montanhoso Montejunto-Estrela eram as mais afectadas.

Às 05:04 UTC, antes de terem conhecimento dos valores mais elevados da precipitação na região da Grande Lisboa, foi actualizado o SAM, estendendo agora o aviso amarelo de precipitação também ao distrito de Santarém.

É de salientar que os avisos meteorológicos não se resumiam apenas a precipitação forte, sendo necessário decidir sobre outros parâmetros. Os avisos incluíam: ondas de sueste superiores a 2 metros no Algarve, rajadas de vento da ordem dos 70 km/h nesta região, trovoadas bastante frequentes a sul do Tejo e vento forte com rajadas nas terras altas da região Centro (ver Anexo A).

Nesta altura, os vários telefones existentes no DVIP tocavam ininterruptamente, solicitando às meteorologistas de serviço gravações para diversas rádios e informação do tempo a particulares alarmados e à agência Lusa. A partir desta altura e até final do turno o ambiente tornou-se caótico, não permitindo efectuar qualquer tipo de trabalho com a concentração necessária, em particular no que respeita à vigilância meteorológica.

Às 05:15 UTC, quando tiveram conhecimento dos valores de precipitação de 30 mm e 36 mm nas estações de Lisboa Gago Coutinho e Lisboa Geofísico, respectivamente, as meteorologistas ponderam a emissão de aviso laranja de precipitação na região da Grande Lisboa. No entanto, face aos valores extraordinariamente elevados, considerou-se que os maiores valores de precipitação teriam já ocorrido, tanto mais que não havia suporte dos modelos de previsão numérica do estado do tempo que sustentasse quer os valores elevados de precipitação que tinham sido observados, quer a sua persistência.

Tendo em atenção a excepcionalidade dos valores de precipitação atrás referidos na zona da Grande Lisboa, seria de esperar padrões mais alarmantes nos produtos de *nowcasting*. No entanto, tal não ocorreu porque a situação não foi consistente com os modelos conceptuais habitualmente considerados.

O facto de o turno se encontrar reduzido a dois meteorologistas não permitiu acompanhar com a máxima eficácia a situação, em particular no que diz respeito à vigilância meteorológica, de forma a otimizar a emissão de avisos. Considera-se que com apenas 2 meteorologistas, teria sido mais útil fazer apenas vigilância meteorológica, para uma rápida elaboração do sistema de avisos. De qualquer modo, no presente caso, uma vez que os modelos de previsão não apontavam para quantidades de precipitação superiores ao aviso amarelo, a emissão de avisos mais gravosos teria sempre sido feita a posteriori.



V.2 Turno dia (08-20h)

A partir das 08:00 UTC de dia 18 de Fevereiro de 2008, a situação passou a ser acompanhada pelo turno de dia. Para além, dos elementos do turno Madalena Leitão e José Duarte, e do contratado de avença em *training job* Pedro Gomes, colaboraram nas tarefas do turno o meteorologista Nuno Moreira e a coordenadora do DVIP Clara Freitas.

Às 09:29 UTC é efectuada uma actualização dos avisos. Para além dos avisos amarelos para agitação marítima, trovoadas e vento forte nas terras altas, incluíam-se avisos amarelos de precipitação para os distritos de Leiria, Lisboa, Setúbal, Santarém, Beja e Faro. Em comparação com o aviso anterior (05:04 UTC), nesta actualização, o aviso de amarelo de precipitação foi estendido ao distrito de Leiria.

Entretanto, era discutida a divergência entre os modelos ALADIN e ECMWF para aquele período do dia. Por um lado, a precipitação prevista pelo ALADIN entre as 06:00 e 12:00 UTC concentrava-se no litoral Norte e Centro, com valores máximos entre 30 e 50 mm em 6 horas. Por outro lado, o modelo do ECMWF, embora com valores entre 10 e 15 mm nas mesmas 6 horas, concentrava a precipitação na região da grande Lisboa.

A comparação em tempo real destas previsões com os dados que iam sendo observados (remotos e de superfície) permitia ter a noção que:

- o ALADIN estava a produzir precipitações intensas em regiões que não estavam a ser afectadas;
- as precipitações mais intensas estavam a ocorrer na região da Grande Lisboa. Esta região era identificada pelo modelo do ECMWF como a zona mais afectada, mas os valores observados tinham superado largamente os valores de precipitação previstos por este modelo.

Para a tarde de dia 18, e como já identificado durante a noite, os modelos ALADIN e ECMWF continuavam a divergir – o modelo ALADIN dava indicação de maiores valores de precipitação nas regiões Norte e Centro, enquanto que o modelo do ECMWF apresentava valores mais elevados na região Sul, sendo a ordem de grandeza semelhante à relativa ao período da manhã.

Desta forma, a meio da manhã de dia 18, considerou-se que o modelo do ECMWF deveria ser seguido em termos da localização das regiões mais afectadas, mas que estaria a subestimar largamente os valores de precipitação. Assim, os valores de precipitação que se poderiam assumir para as próximas horas seriam mais elevados, estando mais próximos dos previstos pelo modelo ALADIN.

Deste modo, às 09:54 UTC é efectuada uma actualização dos avisos meteorológicos. Para além de manter os avisos amarelos relativos a agitação marítima, trovoadas e vento forte nas terras altas, são emitidos avisos laranja de precipitação para Lisboa, Setúbal e Santarém.

Às 12:30 UTC é efectuada uma nova actualização dos avisos. Tendo em conta o desagravamento do estado do tempo na região de Lisboa, reduz-se o aviso para amarelo neste distrito. Contudo, mantém-se o aviso laranja na região de Setúbal e Santarém e passa-se



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

também os distritos de Évora e Portalegre para aviso laranja, tendo em conta a evolução dos sistemas convectivos que iam sendo identificados através das imagens de Radar e de satélite. Por este motivo, também os distritos de Castelo Branco, Beja e Faro passam a ter aviso amarelo de precipitação. De notar que o aviso contempla o nível laranja de precipitação até às 15 UTC e o nível amarelo até às 18 UTC.

De referir também que nesta altura, é retirado o aviso de agitação marítima e de vento forte nas terras altas (que de acordo com as observações não se verificavam) e que os distritos com aviso laranja de precipitação passaram também a ter aviso laranja de trovoadas (trovoadas frequentes e concentradas).

No aviso emitido às 14:15 UTC, para além da extensão do período com aviso laranja até às 17:00 UTC, é também de salientar:

- a inclusão do distrito de Beja no nível laranja de precipitação,
- a redução para aviso amarelo de precipitação no distrito de Santarém,
- a exclusão do distrito de Lisboa dos avisos.

Continuando a ter em conta a vigilância efectuada com as imagens de Radar e de satélite e com as observações de superfície, foi feita uma nova actualização dos avisos às 15:31 UTC. Esta actualização contempla uma extensão do período de aviso laranja de precipitação até às 19:00 UTC e do aviso amarelo até às 20:00 UTC. Salienta-se ainda:

- a inclusão do distrito de Faro no nível laranja de precipitação,
- a exclusão do distrito de Santarém dos avisos,
- a redução dos avisos de trovoadas para o nível amarelo.

Tendo em conta o aparecimento de células convectivas sobre o mar em deslocamento para terra, é finalmente emitido um 6º aviso meteorológico pelo turno do dia, para os distritos de Lisboa, Setúbal e Faro, situação que não veio a ser confirmada pelas observações de precipitação nas estações de superfície.

No capítulo seguinte serão avaliados os avisos emitidos referidos neste capítulo e no capítulo anterior.



V.3 Verificação dos Avisos

A Tabela V.3.1 representa em conjunto os avisos meteorológicos para precipitação emitidos pelo IM no âmbito do SAM e os “avisos meteorológicos observados” de precipitação nas EMA do IM e do INAG. De notar que a informação das EMA do IM que pertencem à Rede Urbana e as EMA do INAG não se encontrava disponível em tempo real. Os “avisos meteorológicos observados” de precipitação em cada distrito correspondem ao valor máximo de precipitação observada (em 1 hora e 6 horas) nas estações pertencentes ao distrito e obtidos a partir de **dados em 10 minutos**.

Se o aviso de precipitação tem início às 00:00 UTC então o aviso é apenas representado à 01:00 UTC, visto que a precipitação que ocorre após as 00:00 UTC apenas é contabilizada à 01:00 UTC.

Os quadrados a cheio representam os períodos dentro dos quais foi emitido/actualizado um aviso de precipitação (a hora encontra-se na última linha). Para cada aviso emitido são representados os períodos posteriores cobertos pelo aviso até à altura de emissão de um novo aviso. Ou seja, se um segundo aviso altera o prazo de validade (ou o nível de aviso) de um aviso anterior, nas tabelas apenas se encontra representado o segundo prazo de validade (ou nível de aviso). Por exemplo, se um aviso amarelo cobre o período 00-12UTC, mas às 09:30 UTC é emitido um aviso laranja para o período 10-13UTC, então os avisos representados são: amarelo 00-10UTC e laranja 11-13UTC.

São analisados os distritos para os quais foram efectuados avisos meteorológicos de precipitação ou os distritos para os quais a precipitação observada nas EMA ultrapassou os limiares de precipitação em 1 hora ou em 6 horas. De notar que o facto de os limiares não terem sido atingidos nos dados de observação das EMA não significa que o aviso tenha sido um falso alarme. Na realidade, o mesmo se passa para as diferentes escalas de aviso - o facto de ter sido apenas observado um nível amarelo de precipitação não significa que, na realidade, não se tenha verificado um nível laranja ou vermelho. Este facto entende-se pela sub-amostragem obtida com as estações de superfície do padrão espacial da precipitação (que um instrumento como o radar meteorológico tende a mitigar).

Na Tabela V.3.2 apresenta-se um resumo dos avisos por distrito, quer em termos da sua emissão quer em termos da sua verificação através das observações de superfície.

Numa análise global conclui-se que foram emitidos avisos amarelos com 1.5 a 3 horas de antecedência para os seguintes distritos: Lisboa, Santarém, Setúbal e Beja. Foram emitidos avisos laranja com meia hora a 45 minutos de antecedência para os distritos de Évora e Beja. Para Castelo Branco o aviso apenas foi emitido após o evento ter ocorrido. Para Leiria e Faro houve emissão de avisos sem ter havido dados de observação que os tenham confirmado. O mesmo sucedeu com o aviso emitido para Beja para o período da noite e início da manhã.

Para os casos mais gravosos, os níveis de aviso emitidos foram inferiores aos correspondentes valores observados nas estações meteorológicas. Para Lisboa e Setúbal, foram emitidos avisos de nível amarelo e laranja, tendo-se verificado o nível vermelho.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Contudo foram também emitidos avisos laranja onde apenas se verificou o aviso amarelo (Portalegre e Santarém). Para Évora e Beja, o aviso para início de episódio durante a tarde e os níveis de aviso foram adequados, contudo os avisos foram terminados cerca de 2 horas antes do final do evento.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Tabela V.3.1 – Comparação por distrito entre avisos de precipitação (1 e 6 horas) emitidos pelo IM e valores observados (estações IM e INAG)

LEIRIA																								19												
Dia	17											18																								
Hora	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0					
Aviso RR1h/RR6h																																				
Critério RR1h Obs																																				
Critério RR6h Obs																																				
Hora de emissão						22:07						05:04						9:29, 9:54						12:30						14:15 15:31						19:11

CASTELO BRANCO																								19												
Dia	17											18																								
Hora	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0					
Aviso RR1h/RR6h																																				
Critério RR1h Obs																																				
Critério RR6h Obs																																				
Hora de emissão						22:07						05:04						9:29, 9:54						12:30						14:15 15:31						19:11

LISBOA																								19												
Dia	17											18																								
Hora	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0					
Aviso RR1h/RR6h																																				
Critério RR1h Obs																																				
Critério RR6h Obs																																				
Hora de emissão						22:07						05:04						9:29, 9:54						12:30						14:15 15:31						19:11

emissão/actualização de aviso meteorológico durante a hora precedente (instante referido na última linha)



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Tabela V.3.1 – Continuação

ÉVORA																															
Dia	17											18											19								
Hora	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0
Aviso RR1h/RR6h																															
Critério RR1h Obs																															
Critério RR6h Obs																															
Hora de emissão						22:07							05:04						9:29, 9:54												

BEJA																															
Dia	17											18											19								
Hora	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0
Aviso RR1h/RR6h																															
Critério RR1h Obs																															
Critério RR6h Obs																															
Hora de emissão						22:07							05:04							9:29, 9:54											

FARO																															
Dia	17											18											19								
Hora	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0
Aviso RR1h/RR6h																															
Critério RR1h Obs																															
Critério RR6h Obs																															
Hora de emissão						22:07							05:04							9:29, 9:54											

emissão/actualização de aviso meteorológico durante a hora precedente (instante referido na última linha)



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Tabela V.3.2 – Resumo por distrito dos avisos emitidos e observados

LEIRIA	Durante a manhã de dia 18 foi emitido aviso amarelo de precipitação, mas que não foi confirmado pelas observações de superfície.
CASTELO BRANCO	O aviso amarelo foi emitido ao início da tarde de dia 18, apenas após a situação já ter ocorrido naquele distrito.
LISBOA	O aviso amarelo foi emitido com cerca de 3 horas de antecedência em relação ao início do limiar amarelo para precipitação de 1 hora. Contudo, os limiares de laranja (a partir das 03UTC para 1h e 6h) e vermelho (a partir das 05UTC para 6 horas) não foram previstos. Foi emitido um aviso laranja de precipitação para o período entre as 11UTC e 13 UTC. Após a subida do nível de aviso, verificou-se o limiar amarelo para a precipitação em 1 hora e o limiar vermelho para a precipitação em 6 horas, mas é de referir que esta subida do limiar de aviso ocorreu no final do episódio em Lisboa. Um novo agravamento previsto para o final do dia não foi observado nas estações meteorológicas.
SANTARÉM	O aviso amarelo para Santarém foi emitido às 05:04 UTC com 3 horas de antecipação em relação aos valores observados. A subida de aviso para o nível laranja no início da manhã de dia 18 não se verificou.
PORTALEGRE	Foi emitido às 12:30 UTC de dia 18 um aviso laranja para Portalegre com meia hora de antecedência, mas apenas se verificou o nível amarelo. Contudo o período de ocorrência do evento foi bem delimitado no tempo.
SETÚBAL	O aviso amarelo foi emitido às 22:07 de dia 17, com cerca de 2 horas de antecedência em relação ao início do limiar amarelo para precipitação de 1 hora. Contudo, o limiar de vermelho para 1h às 5 UTC (Costa da Caparica) não foi previsto, bem como o limiar de vermelho para 6h que se registou entre as 5 e 17 UTC de dia 18. Para o episódio do final da manhã na região de Setúbal, foi emitido um aviso laranja às 9:54 UTC que teve cerca de 1 hora de antecedência para a precipitação em 1 hora, mas continuou abaixo da realidade para a precipitação em 6 horas (que se manteve no vermelho). Um novo agravamento previsto para o final do dia não foi observado nas estações meteorológicas.
ÉVORA	O nível de amarelo para a precipitação observada em 1 e 6 horas durante a manhã de dia 18 não foi previsto. O nível laranja foi previsto às 12:30 UTC, o que se traduziu em cerca de meia hora de antecedência. O nível amarelo foi ainda observado 2 horas após o final da validade do aviso emitido.
BEJA	O aviso amarelo emitido para o período entre as 00 e 10 UTC de dia 18 não foi verificado. O aviso amarelo emitido às 12:30 UTC teve uma antecedência de 1.5 horas em relação ao episódio observado nas estações. O aviso laranja emitido às 14:15 UTC teve uma antecedência de 45 minutos em relação ao episódio observado nas estações. Os níveis de aviso ainda se prolongaram durante 2 horas após o final da validade do aviso emitido.
FARO	Foram emitidos avisos amarelo e laranja para precipitação, mas que não foram verificados pelas observações das estações meteorológicas.



V.4 Comparação com modelos de previsão numérica

A Figura V.4.1 apresenta uma comparação da precipitação em 6 horas. Esta representação é semelhante à da Figura IV.2.1.13, mas é efectuada na escala dos avisos meteorológicos para precipitação em 6 horas (Tabela V.1.1).

Verifica-se que os modelos ECMWF, ALADIN-ECMWF e os *ensembles* ENSEMBLE-ALADIN e PEPS não identificam valores de aviso para a precipitação em 6 horas.

O modelo ALADIN operacional não atinge nenhum limiar de aviso na região de Lisboa e Setúbal. Contudo identifica valores de aviso (amarelo e laranja) nos períodos 06:00-12:00 e 12:00-18:00 UTC de dia 18 nos distritos de Leiria, Coimbra, Viseu e Aveiro. Assim, a localização não é a correcta, em especial no período 12:00-18:00, correspondendo a sobrestima da precipitação naqueles locais. Na realidade, nestes dois períodos, apenas se observou o nível vermelho no período 06:00-12:00 em Lisboa e Setúbal. De referir que também se observou o nível vermelho entre as 00:00 e 06:00 UTC nestes locais, mas o modelo não identifica qualquer nível de aviso neste período.

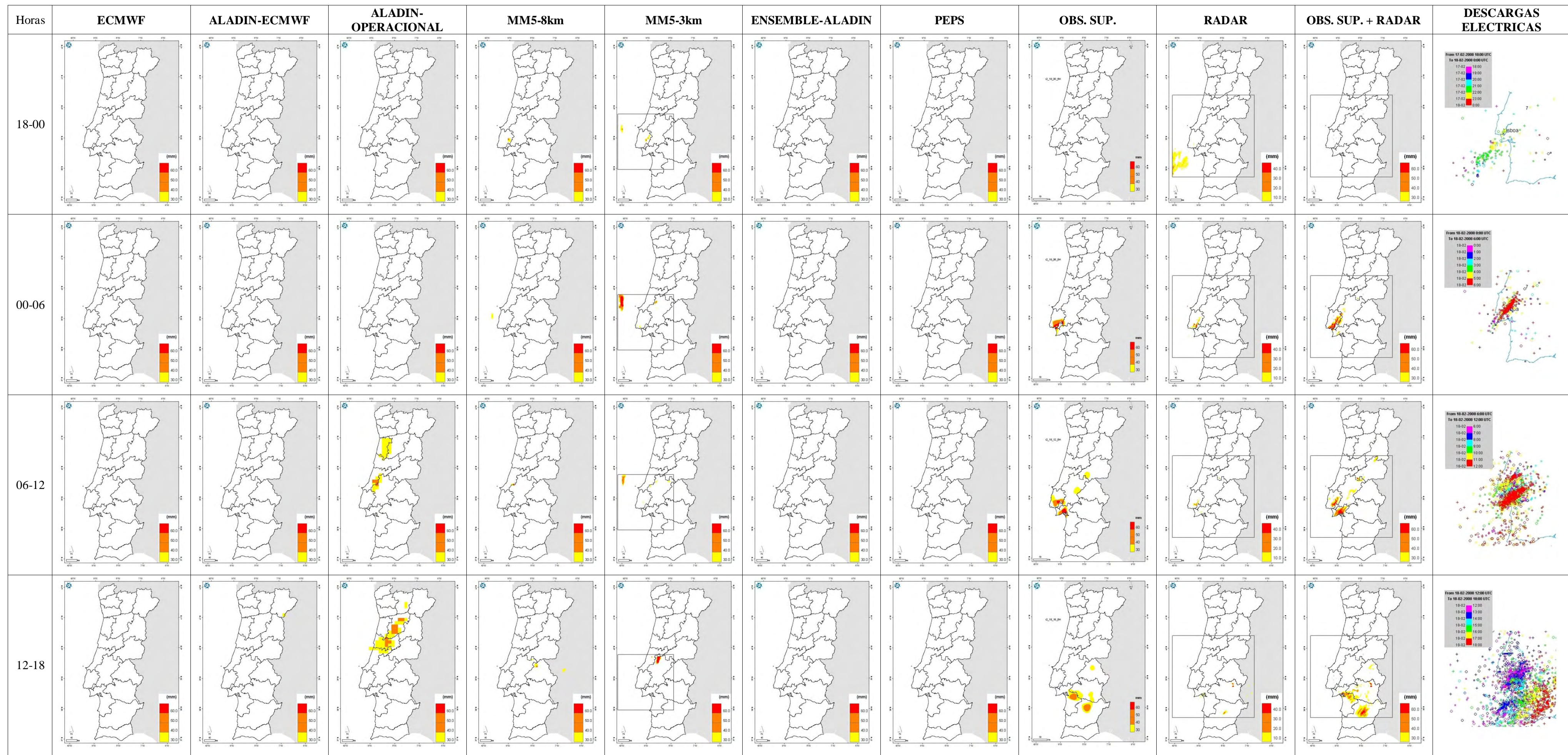
O modelo ALADIN-ECMWF dá um pequeno falso alarme de aviso amarelo em Trás-os-Montes entre as 12:00 e 18:00 de dia 18.

O modelo não operacional MM5 nas duas resoluções (8km e 3km) identifica valores de aviso nos 4 períodos considerados. Notar, contudo, que no período 18:00-00:00 não se observou qualquer nível de aviso sobre o território.

Na resolução de 8 km do MM5, é atingido o nível laranja nos períodos 18:00-00:00 UTC (distrito de Lisboa), 06:00-12:00 UTC (distritos de Leiria e Santarém) e 12:00-18:00 UTC (distrito de Portalegre) e o nível amarelo no período 00:00-06:00 (sobre o mar a sudoeste do Cabo Carvoeiro). As zonas em que se verificam os níveis de aviso são muito pequenas e não coincidem com as regiões em que de facto ocorreram.

Na resolução de 3 km do MM5 é atingido o nível vermelho nos períodos 00:00-06:00 UTC (sobre o mar a oeste do Cabo Carvoeiro) e 12:00-18:00 UTC (no distrito de Santarém). Contudo, também não existe uma coincidência temporal/espacial entre os valores mais elevados de precipitação prevista e observada. Na realidade, no período 00:00-06:00 UTC o modelo identifica o nível de aviso **110 km** a noroeste da região de Lisboa. No período 12:00-18:00 UTC, a distância entre a região com aviso previsto e as regiões com avisos observados é de **130 km** para a região de Alcácer do Sal e de **170 km** para a região de Beja.

Figura V.4.1 – Comparação da precipitação de 6 horas para 4 períodos com tabela de cores dos avisos meteorológicos de precipitação em 6 horas: i) das 18:00 UTC de dia 17 até às 00:00 UTC de dia 18; ii) das 00:00 às 06:00 UTC de dia 18; iii) das 06:00 às 12:00 UTC de dia 18; iv) das 12:00 às 18:00 UTC de dia 18. Previsões dos modelos: ECMWF, ALADIN-ECMWF, ALADIN, MM5 a 8km, MM5 a 3 km, Ensemble ALADIN, PEPS. Observações: Estações automáticas de superfície, Radar, combinação observações de superfície e RADAR. Última coluna com descargas eléctricas. [\[Página Seguinte\]](#)





VI Análise Climatológica

No presente capítulo utilizaram-se valores de precipitação diários (das 9 UTC do dia anterior às 9 UTC do dia actual) para analisar os máximos absolutos (capítulo VI.1) e os períodos de retorno (capítulo VI.4). Nos restantes capítulos são utilizados valores de precipitação em 10 minutos, para analisar a precipitação em períodos deslizantes de 1, 3, 6 e 24 horas.

VI.1 Máximos Absolutos

Os valores da quantidade de precipitação registados no dia 18 de Fevereiro de 2008 (das 09 UTC do dia 17 às 09 UTC do dia 18) nas estações meteorológicas de Lisboa/Geofísico (Lisboa/I.G.) e Lisboa/Gago Coutinho (Lisboa/G.C.), ultrapassaram os anteriores maiores valores diários (Tabela VI.1.1) o que demonstra o carácter excepcional da precipitação. Na estação meteorológica de Lisboa/I.G. o valor registado no dia 18, 118 mm, constitui um novo extremo absoluto desta estação (os anteriores máximos 110.7 mm e 101.2 foram observados em Dezembro de 1876 e Janeiro 2004, respectivamente).

Tabela VI.1.1 - Maiores valores da quantidade de precipitação em 24 horas em Lisboa (das 09 às 09 UTC) em Fevereiro 2008

Local	Fevereiro 2008		Anterior máximo	
	Dia	Máx. diário (mm)	diário (mm) mês/ano	
Lisboa/I.G. (início 1836)	18	118	110.7	12/1876
Lisboa/G.C. (início 1982)	18	129	126.6	11/1983

VI.2 Precipitação Horária

Em termos sinópticos, foram registados em Lisboa/I.G. 35.3 mm de quantidade de precipitação em 60 minutos no período compreendido entre as 04:00 UTC e as 05:00 UTC de dia 18 de Fevereiro, valor que não ultrapassou os anteriores máximos (53 mm em 19/11/1983, 52mm em 18/10/1997).

Em Lisboa/G.C. foram registados, no período das 04:00 UTC e as 05:00 UTC de dia 18 de Fevereiro, 30 mm. Na estação de Setúbal foram igualmente registados 40 mm em 60 minutos, no período compreendido entre as 11:00 UTC e as 12:00 UTC de dia 18 de Fevereiro.

Na Tabela VI.2.1 apresentam-se os máximos de precipitação registados entre os dias 17 e 19 de Fevereiro em 1 hora, 3 horas, 6 horas e 24 horas (tendo em conta os valores de precipitação em 10 minutos) nas estações meteorológicas que apresentaram valores de precipitação mais elevados nos períodos considerados. Nesta tabela são realçados os valores que atingiram o critério vermelho do sistema de avisos meteorológicos: superior a 40mm em 1 hora e a 60mm em 6 horas.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Apresenta-se no Anexo B (Tabelas B.1 e B.2) os valores máximos de precipitação em 24 horas (de dia 17 às 18:00 UTC até dia 18 às 18:00 UTC) para as estações EMA da rede IM e INAG. Na Figura VI.2.1, apresenta-se a sua representação espacial para 1 e 6 horas.

Tabela VI.2.1 Máximos da quantidade de precipitação (mm) registados em vários períodos
A vermelho valores superiores a 40mm/1h e 60 mm/6h

Local	1h	3h	6h	24h (09/09)
Covilhã / Aer.	7.4	16.9	24.9	50.1
Proença-à-Nova	9.8	18.8	34.0	90.1
Alvega	7.9	18.7	34.9	57.3
Sacavém/INT	24.0	50.9	95.5	153.6
Lisboa/G.C.	30.0	52.4	83.9	129.0
Lisboa/I.G.	35.3	54.1	68.5	118.0
Almada/ P.R.	17.0	23.6	34.8	52.0
Cabo Raso	5.1	12.3	19.9	51.3
Setúbal	39.1	64.6	79.4	89.0+
Alcácer do Sal	24.7	42.5	48.3	58.4
Beja	20.5	40.9	44.9	45.0
Lisboa / Alvalade	29.8	53.3	79.2	134.7
Lisboa / Estefânia	29.6	47.4	63.7	102.5
Lisboa / Baixa	19.6	32.9	45.6	76.2
Lisboa / Benfica	30	52.6	99.7	150.3
Loures	15.6	40.3	76.6	137.6
Amadora	13.5	32.2	60.3	97.3
Barreiro	12.0	14.8	17.0	31.6
*Caneças	17.8	33.2	57.0	116.1
*S. Julião Tojal	26.2	60.0	84.8	54.2
*Monte da caparica	53.1	67.1	89.1	127.3
*Chouto	11.2	24.8	35.7	54.2
*Sobral da Abelheira	10.0	23.4	38.1	58.9
*Vale do Peso	10.4	26.6	38.9	50.1
*V. Velha de Azeitão	22.8	35.5	41.4	88.7
*Vila Velha de Rodão	5.7	13.2	24.8	52.0
*Moinhola	15.1	30.4	43.2	53.6

+ falha 3 horas

* estações do INAG

Os valores máximos da quantidade de precipitação registados em 1 hora ocorreram na zona da Grande Lisboa essencialmente no período entre as 04 e as 05 UTC, na zona de Proença-à-Nova entre as 07 e as 08 UTC, na região de Setúbal entre as 11 e as 12 UTC e na região de Beja entre as 15 e as 16UTC.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

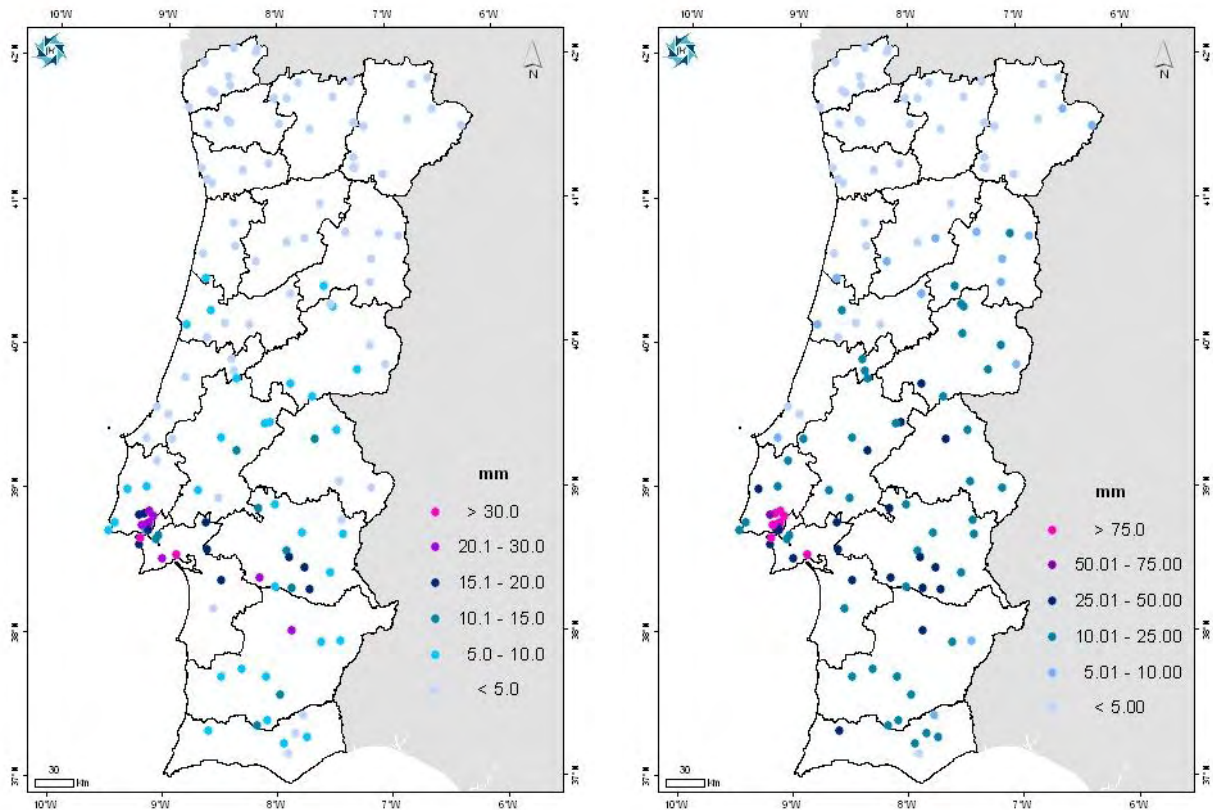


Figura VI.2.1 - Valores máximos de quantidade de precipitação em 1 hora (à esquerda) e em 6 horas (à direita) entre as 18:00 UTC de dia 17 e as 18:00 UTC de dia 18 de Fevereiro de 2008.

Na Figura VI.2.2, apresenta-se a hora de ocorrência da quantidade máxima de precipitação em 1 hora. Verifica-se que o período de maior incidência da quantidade de precipitação ocorreu entre as 04:00 e as 09:00 UTC na região de Lisboa, enquanto que em Setúbal a maior concentração ocorreu entre as 11:00 e as 13:00 UTC (ver também Anexos B (Tabelas B3 a B6), C e D). De salientar que em Beja a precipitação observada, ocorreu essencialmente em 3 horas.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

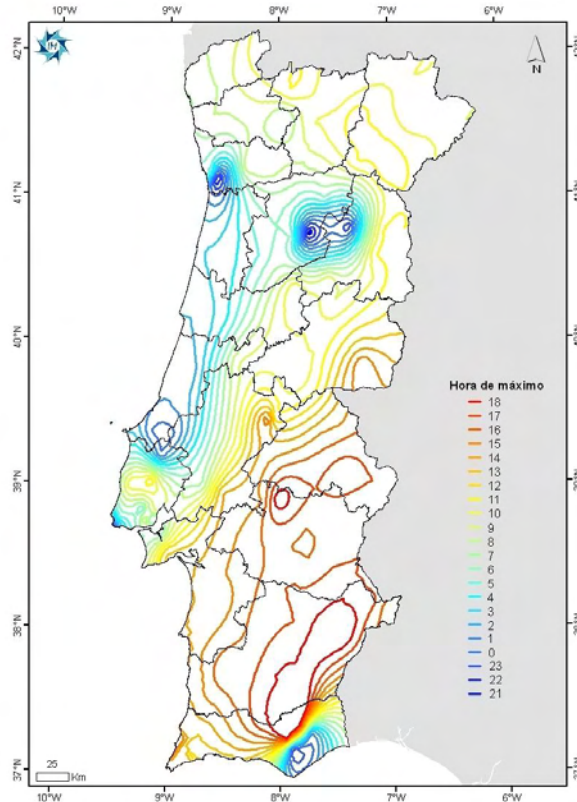


Figura VI.2.2 – Representação da hora de ocorrência da quantidade máxima de precipitação em 1 hora (entre as 18:00 UTC de dia 17 e as 18:00 UTC de dia 18).

VI.3 Precipitação Diária

Foi efectuado o cálculo para as observações diárias dos máximos da quantidade de precipitação em 10 minutos, 1 hora, 3 horas, 6 horas, 24 horas e 36 horas nas estações de Lisboa/I.G. e Lisboa/G.C.

A partir dos máximos da quantidade de precipitação observados nos vários períodos pode-se deduzir a percentagem quantidade-duração em relação a 24 horas. Desta forma, obtém-se um valor médio para cada duração que dá a forma como, em média, a precipitação se distribui ao longo do tempo. Na Tabela VI.3.1, é apresentada a fracção de precipitação em 24 horas para vários períodos.

Tabela VI.3.1 - Relação entre a quantidade de precipitação nos vários períodos e a precipitação em 24h (Duração: minutos ou horas)

Local	10 min	1 h	3h	6h	24h	36h
Lisboa/I.G.	0.08	0.29	0.46	0.58	1	-
Lisboa/G.C.	-	0.23	0.41	0.65	1	1.07



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Verifica-se que em 6 horas já tinha ocorrido mais de metade da precipitação correspondente a 24 horas.

Na Figura VI.3.1 apresentam-se para as estações de Lisboa/Gago Coutinho, Lisboa/Instituto Geofísico, Sacavém/Instituto Tecnológico Nuclear, Setúbal, Beja e Proença-a-Nova, os valores da quantidade de precipitação horária entre as 9 UTC do dia 17 e as 9 UTC do dia 19, o acumulado durante esse período e o valor médio de 1961-90 do mês de Fevereiro (Sacavém e Proença-a-Nova não apresentam normal 1961-90).

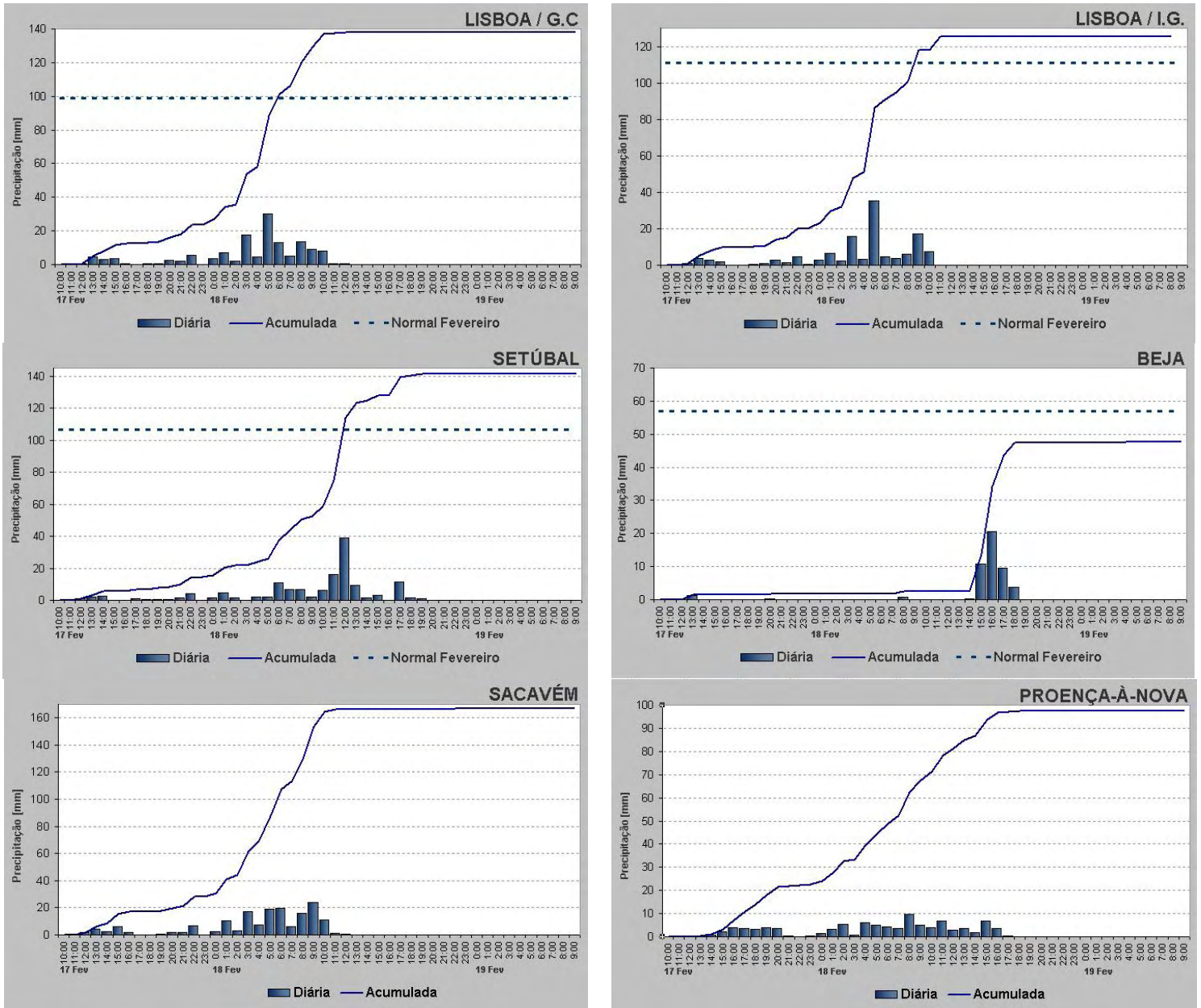


Figura VI.3.1 – Precipitação acumulada entre as 9 UTC do dia 17 e as 9 UTC do dia 19 de Fevereiro de 2008.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

De salientar que os valores da quantidade de precipitação observados apenas no dia 18 em Lisboa/I.G. e Lisboa/G.C., ultrapassaram o valor médio mensal de Fevereiro (110.8mm e 99.1mm respectivamente). Também em Setúbal em apenas 2 dias (18 e 19) foi ultrapassado o valor médio mensal (106.4mm). Na Tabela VI.3.2 apresentam-se os valores da quantidade de precipitação em 24 horas (09-09 UTC) nos dias 17, 18, 19. A vermelho destacam-se os valores de precipitação diários superiores a 50 mm.

Tabela VI.3.2 - Valores da quantidade de precipitação em 24 horas entre os dias 17 e 19 de Fevereiro de 2008 e precipitação acumulada nesses 3 dias. Valores superiores a 80 mm a **vermelho**

Local	Dia 17	Dia 18	Dia 19	Acumulada 48 horas
Covilhã	0.0	38.3	22.1	60.4
Proença-à-Nova	0.0	67.0	30.0	97.0
Castelo Branco	0.0	37.0	30.0	67.0
Alvega	0.0	25.0	37.1 ^a	62.1a
Sacavém/INT	<i>Falha</i> ⁺	153.6	13.4	167.0 ⁺
Lisboa/G.C.	0.0	128.9	9.0	138.0
Lisboa/I.G.	0.0	118.4	7.0	125.0
Almada/ P.R.	<i>Falha</i> ⁺	52.0	3.9	55.9 ⁺
Cabo Raso	0	48.7	3.5	52.2
Setúbal/E.E	0.0	52.0	89.2 ^b	141.2
Alcácer	0.0	9.3	51.8 ^c	61.1
Beja	0.0	3.0	44.0	47.0
Portimão	8.0	14.0	18.0	40.0
Faro	6.0	3.0	14.0	23.0
Lisboa / Alvalade	0.0	126.9	8.7	135.6
Lisboa / Estefânia	0	95.8	6.8	102.6
Lisboa / Baixa	0	72.2	4.5	76.7
Lisboa / Benfica	0	144.6	6.3	150.9
Loures	0	115.5	28.3	139.8
Amadora	0	91.2	7.9	99.1
Barreiro	0	31.0	4.2	35.2
*Caneças	<i>nd</i>	98.7	18.8	117.5
*S. Julião Tojal	<i>nd</i>	140.9	9.4	150.3
*Monte da caparica	<i>nd</i>	124.0	3.3	127.3
*Chouto	<i>nd</i>	27.9	32.4	60.3
*Sobral da Abelheira	<i>nd</i>	46.5	13.3	59.8
*Vale do Peso	<i>nd</i>	15.4	43.4	58.8
*V. Velha de Azeitão	<i>nd</i>	55.1	38.7	93.8
*Vila Velha de Rodão	<i>nd</i>	31.4	28.8	60.2
*Moinhola	<i>nd</i>	9.6	49.6	59.2

^a falha a partir das 04:30 do dia 19

^b falha das 3 horas dia 18

^c falha das 05:30 às 08:20 do dia 19

nd – valor não disponível

* estações do INAG



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

De realçar também, os valores da quantidade de precipitação em 24 horas (das 09UTC dia 17 às 09 UTC dia 18) nas estações meteorológicas de Sacavém e S. Julião do Tojal com 153.6mm e140.9mm respectivamente.



VI.4 Períodos de Retorno

Nesta análise foram utilizados os máximos de precipitação em 24 horas (das 09 UTC do dia anterior ao registo do máximo às 09 UTC do próprio dia do registo do máximo) para um total de 145 anos (Janeiro de 1864 a Setembro de 2008), sendo que para cada ano se extraiu o valor máximo de precipitação.

A análise estatística foi realizada utilizando a distribuição de probabilidade de Gumbel e o teste de Kolmogorov-Smirnov. A distribuição de probabilidade Gumbel é a que melhor se ajusta aos eventos extremos ocorridos na natureza. É conhecida também como distribuição de valores extremos ou distribuição tipo I de Fisher-Tippett, cujos detalhes estão explicados em WMO (1994), Haan (1983) e Rocha Faria (1973).

Máximos de precipitação em 24 horas

Na estação meteorológica de Lisboa/Geofísico o valor registado no dia 18, 118.4 mm, constitui, como já foi referido anteriormente, um novo extremo absoluto desta estação. Na Figura VI.4.1 apresenta-se a evolução dos máximos anuais de precipitação em 24 horas para o período de Janeiro de 1864 a Setembro de 2008 e na Tabela VI.4.1 são apresentados os 10 maiores máximos.

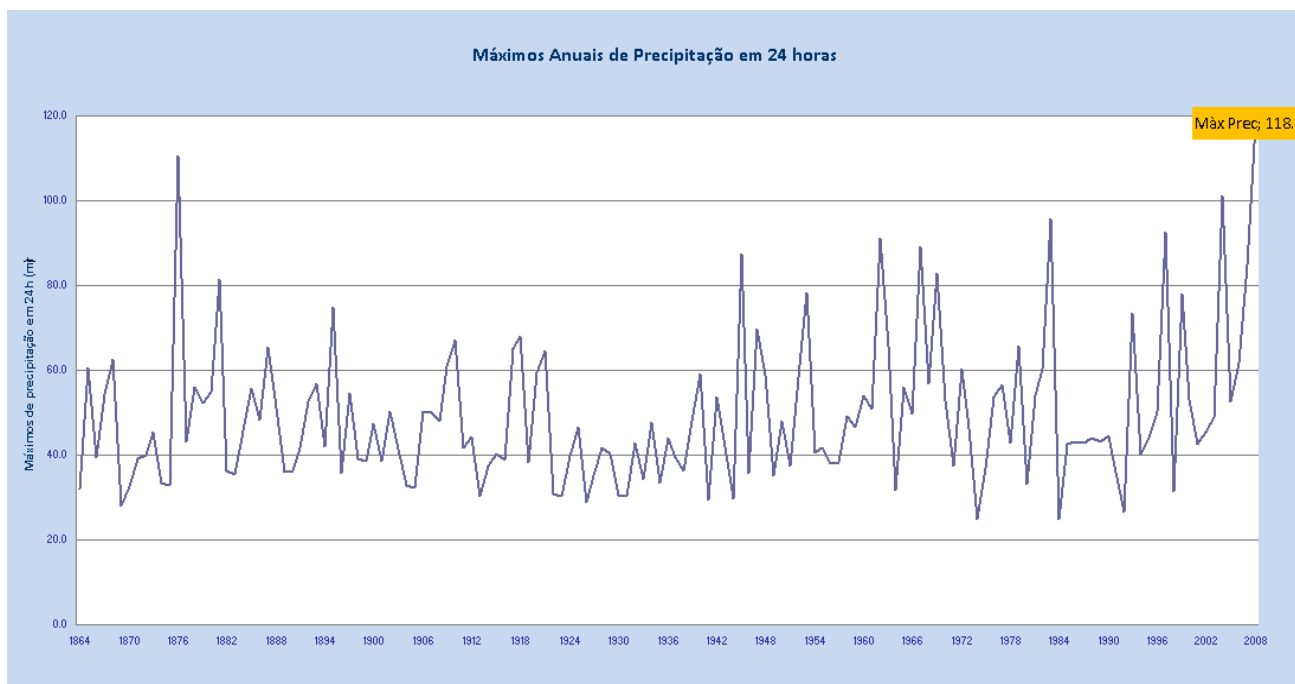


Figura VI.4.1- Máximos anuais de precipitação em 24 horas para a estação de Lisboa/Instituto Geofísico (1 de Janeiro de 1864 a 30 de Setembro de 2008)



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Tabela VI.4.1 - Ano e mês de ocorrência dos 10 máximos mais elevados de precipitação em 24 horas (Janeiro de 1864 a Setembro de 2008)

Ano	Mês	Máximos de precipitação em 24 horas (mm)
2008	Fevereiro	118.4
1876	Dezembro	110.7
2004	Janeiro	101.2
1983	Novembro	95.6
1997	Outubro	92.6
1962	Outubro	91.2
1967	Novembro	89.2
1945	Novembro	87.5
2007	Novembro	84.9
1969	Março	82.9
1881	Janeiro	81.3

Períodos de Retorno

Para os períodos de retorno considerados (2, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 225 e 250 anos) obtiveram-se os correspondentes valores da variável X, determinados pelo método de Gumbel, e foram ainda calculados os intervalos de confiança (I.C.) de 95% (Tabela VI.4.2).

O novo extremo absoluto desta estação (118.4 mm), ocorrido no dia 18 de Fevereiro de 2008, tem um período de retorno correspondente de cerca de 225 anos, tendo-se utilizado a série de 145 anos (1864 a 2008).

Tabela VI.4.2 - Períodos de retorno (T), respectivos valores de precipitação (método de Gumbel) e I.C. (95%) para a série (145 anos) de máximos de precipitação em 24 horas

Período Retorno (T)	Método de Gumbel X (T)	I.C. (95%)
2	46.6	2.6
5	62.7	4.5
10	73.3	6.1
20	83.5	7.7
30	89.4	8.7
40	93.5	9.4
50	96.7	9.9
60	99.3	10.3
70	101.5	10.7
80	103.4	11.0
90	105.1	11.3
100	106.6	11.5
125	109.8	12.1
150	112.4	12.5
175	114.6	12.9
200	116.5	13.2
225	118.1	13.5
250	119.6	13.7



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Para os máximos de precipitação em 24 horas ocorridos antes de 18 de Fevereiro de 2008 e ordenados por ordem decrescente até ao valor de 89.2 mm registado em Novembro de 1967, foi utilizada a série desde 1 de Janeiro de 1864 até 31 de Dezembro de 2007 e determinados os respectivos períodos de retorno, agora para uma amostra de 144 anos (Tabela VI.4.3).

Tabela VI 4.3 - Ano e mês de ocorrência dos 6 anteriores máximos de precipitação em 24 horas e correspondentes períodos de retorno, para a amostra com 145 anos (1864-2008) e com 144 anos (1864-2007)

Ano/Mês	Máximos de precipitação em 24 horas (mm)	Período Retorno (anos) N=145 anos (1864-2008)	Período Retorno (anos) N=144 anos (1864-2007)
2008/Fev.*	118.4	225	-
1876/Dez.	110.7	125	175
2004/Jan.	101.2	70	90
1983/Nov.	95.6	50	60
1997/Out.	92.6	40	50
1962/Out.	91.2	35	40
1967/Nov.	89.2	30	35



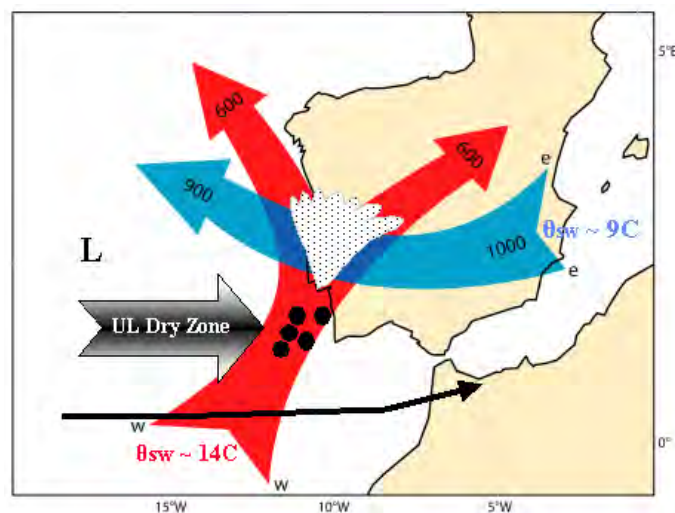
VII Linhas de orientação para construção de modelo conceptual

No capítulo III.2.1.3 foram referidos os modelos conceptuais identificados neste evento através do produto ASII (identificação automática e objectiva) e através de análise SATREP (identificação manual e subjectiva). Nos períodos de maior precipitação, o produto ASII identificou o modelo conceptual de *enhanced cumulus* (EC) na região de Lisboa (entre 04:00 e 05:00 UTC de dia 18) e os modelos EC e *cluster* de cumulonimbos (Cb *cluster*) na região de Setúbal (11:00 e 11:45 UTC). Por outro lado, a análise SATREP identifica o modelo conceptual Cb *cluster* às 06 e 12 UTC de dia 18, sobre o território.

De acordo com ZAMG (2007b), o modelo conceptual Cb *cluster* define-se como um grupo de células convectivas em ambiente instável. Pode ocorrer numa região de crista térmica, numa região frontal ou no ar pós-frontal frio. Neste último caso, o modelo conceptual é designado por EC (referido em cima). A identificação de EC na presente situação surge apenas no produto ASII, mas esta pode considerar-se desajustada visto que a convecção não ocorre numa massa de ar pós-frontal frio.

Para identificar o modelo conceptual Cb *cluster* sobre uma crista térmica, com base em modelos numéricos de previsão, são sugeridos em ZAMG (2007b) parâmetros que permitam identificar: i) crista térmica (campo da espessura e temperatura potencial do termómetro molhado), ii) convergência nos níveis baixos (campo da divergência) e iii) instabilidade (índices de estabilidade Boyden, Showalter ou K).

Por outro lado, no trabalho desenvolvido no ECMWF na sequência do presente episódio (Prates *et al*, 2008), sugere-se um modelo conceptual que inclui a sobreposição (neste caso sobre a região de Lisboa e Setúbal) de uma corrente de ar frio junto à superfície e de uma corrente de ar quente ascendente que inicia o percurso a sudoeste de Sagres nos níveis baixos (800 hPa) e termina com uma corrente em bifurcação acima dos 600 hPa, em linha com os resultados obtidos com um modelo de trajectórias (Figura VII.1). Neste modelo, representa-se também a corrente de jacto a sudoeste da Península Ibérica, com a associada intrusão de ar seco estratosférico à esquerda do eixo.





Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Figure VII.1 – Modelo conceptual retirado de Prates *et al* (2008) para o fenómeno ocorrido em 18 de Fevereiro de 2008 na região de Lisboa.

No presente estudo foram ainda identificados dois factores termodinâmicos que se entende terem desempenhado um papel fundamental na ocorrência dos elevados valores de precipitação acumulada neste episódio: a elevada eficiência do processo de precipitação e a natureza da propagação da perturbação, identificada como *training*.

De acordo com Junker *et al* (1992) e com o projecto COMET (*Activities at Saint Louis University, Heavy Precipitation Group*), os seguintes factores favorecem uma elevada eficiência da precipitação: espessura da massa nebulosa com temperatura positiva, valor de *wind shear* vertical fraco a moderado na camada 850hPa-tropopausa, humidade relativa elevada na massa de ar, baixa altitude da base das nuvens, valores de água precipitável elevados e índice K também elevado.

Por outro lado, de acordo com as mesmas fontes, o mecanismo de *training* é favorecido pelos factores:

- i) máximos da CAPE a montante e ao longo da perturbação;
- ii) crista de θ_{sw} elevado, aos 850hPa, a montante e ao longo da perturbação;
- iii) vento médio fraco na camada (850-300)hPa;
- iv) LLJ situado a montante da perturbação e paralelo ao vento médio (850-300)hPa;
- v) padrão de difluência na espessura (850-300)hPa, sobre a perturbação;
- vi) crista em altitude sobre a perturbação;
- vii) *veering* na camada superfície-850hPa, sem gradientes verticais significativos na intensidade do vento;
- viii) convergência de humidade a montante da perturbação.

Contudo, verificou-se que as orientações contidas nos diversos modelos conceptuais já referidos, não permitem exprimir adequadamente a fenomenologia ocorrida sobre o território do Continente (dia 18) e área atlântica adjacente a sudoeste (Arquipélago da Madeira, dias 16 e 17), por forma a sustentarem uma previsão meteorológica consistente.

Em particular, a informação ASII/SATREP corresponde a identificações instantâneas que, embora possam ser efectuadas sobre imagens sucessivas, não têm carácter evolutivo. O modelo conceptual de Prates *et al* (2008) procura explicar o mecanismo com base em fenómenos de escala sinóptica, sendo que as observações disponíveis sugerem que os fenómenos relevantes tenham ocorrido como resultado de interacção entre aquela escala e escalas sub-sinópticas.

Por outro lado, os modelos conceptuais que abordam a eficiência do processo de precipitação e o mecanismo de tipo *training* (que se reconhece terem estado presentes), incluem diversos ingredientes verificáveis com radar e modelos numéricos. No entanto, o facto de os modelos não terem expresso o evento de modo adequado, não permite a sua utilização de uma forma integral; por outro lado, os sistemas de radar cobrem uma área bastante mais reduzida do que a área de interesse, o que impede a sua utilização extensiva.



No sentido de ultrapassar algumas das limitações referidas e de acordo com o que sugerem análises observacionais efectuadas com satélite e radar sobre a área atlântica adjacente, propõe-se uma abordagem baseada na identificação de padrões associáveis ao mecanismo de propagação referido. Em particular, refere-se a identificação repetida de assinaturas de *training* em dias anteriores aos do evento, tal como ocorreu no presente episódio.

Assim, tendo também em conta informação proveniente de modelos numéricos, referem-se seguidamente algumas características que poderão constituir elementos orientadores, caso sejam confirmadas noutros casos de estudo:

1. O mecanismo de interesse deverá ocorrer numa perturbação de escala sinóptica que os modelos NWP tipicamente identificarem (por exemplo, depressão com expressão em altitude);
2. A zona de interesse deverá situar-se na área de advecção positiva de vorticidade (PVA), tipicamente no bordo sueste da perturbação sinóptica e para a esquerda da corrente de jacto, na zona da saída;
3. Em imagens de satélite (MSG, IR10.8 e/ou Produto Cloud Type), procurar assinaturas consistentes com o mecanismo de *training*, isto é, em animação de imagens sucessivas (15/15 min) do MSG, visualização do seguinte padrão: i) formação de célula convectiva num local; ii) advecção da célula de acordo com o escoamento; iii) num período de 1 a 3 horas identificação de nova célula convectiva sobre a área inicial ou áreas vizinhas (Figura VII.2).

Este padrão de convecção poderá ter um aspecto do tipo “fumarola”, ou seja, neste caso as células convectivas que se formam sucessivamente parecem provir de um ponto.

Não deverá confundir-se o padrão referido com o correspondente ao modelo conceptual de sistema convectivo de mesoscala (MCS). Neste padrão não é possível identificar, na imagem de satélite, a formação de células convectivas individualizadas, independentemente da intensidade da advecção, ao longo de um ciclo de vida de várias horas (e.g., 10 horas).

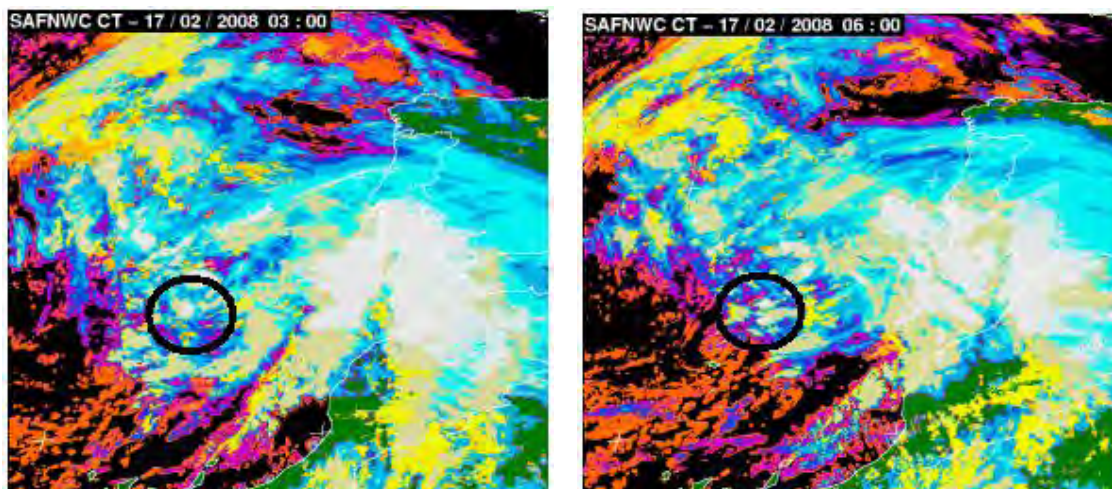


Figura VII.2 – Produto Tipo de Nuvens (*cloud type*) da SAF Nowcasting para as 03 UTC (à esquerda) e 06 UTC (à direita) no dia 17 de Fevereiro de 2008. Células convectivas formam-se no mesmo local (circunferência a preto) numa região a nordeste da Madeira com um intervalo de 3 horas.



4. Considerando que o padrão identificado em 3. constitui uma nova perturbação, neste caso sub-sinóptica, verificar se os mecanismos descritos em 3. se voltam a repetir na região descrita em 2., desta vez em relação à nova perturbação (constituirá um mecanismo de tipo “cascata”, Figura VII.3).

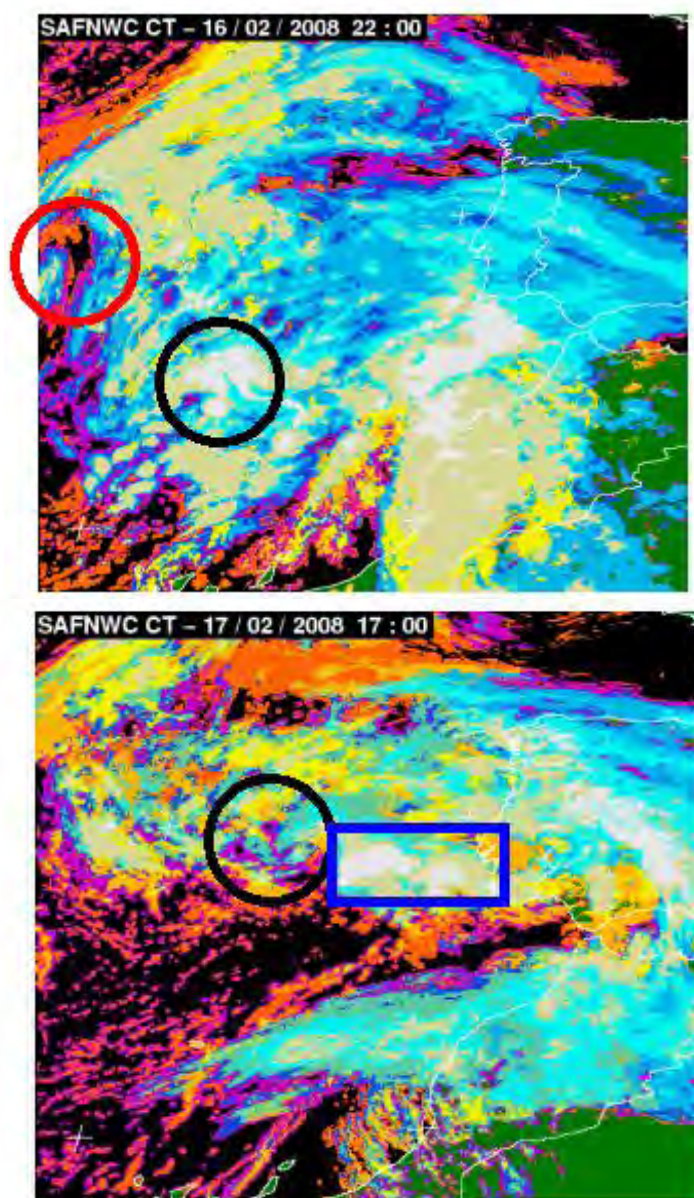


Figura VII.3 – Produto Tipo de Nuvens (*cloud type*) da SAF Nowcasting às 22 UTC de dia 16 (em cima) e às 17 UTC de dia 17 de Fevereiro de 2008 (em baixo). Representação do mecanismo de tipo “cascata”. Circunferência a vermelho representa o núcleo da perturbação sinóptica; circunferência a preto representa assinatura de *training* (em cima) e, algumas horas mais tarde, a nova perturbação sub-sinóptica (em baixo); rectângulo a azul representa uma nova assinatura de *training* (em relação à nova perturbação sub-sinóptica).



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

5. Verificar se há indicação dos modelos numéricos de advecção de ar quente na região a SE das zonas onde o fenómeno de *training* já tenha ocorrido (Figura VII.4).

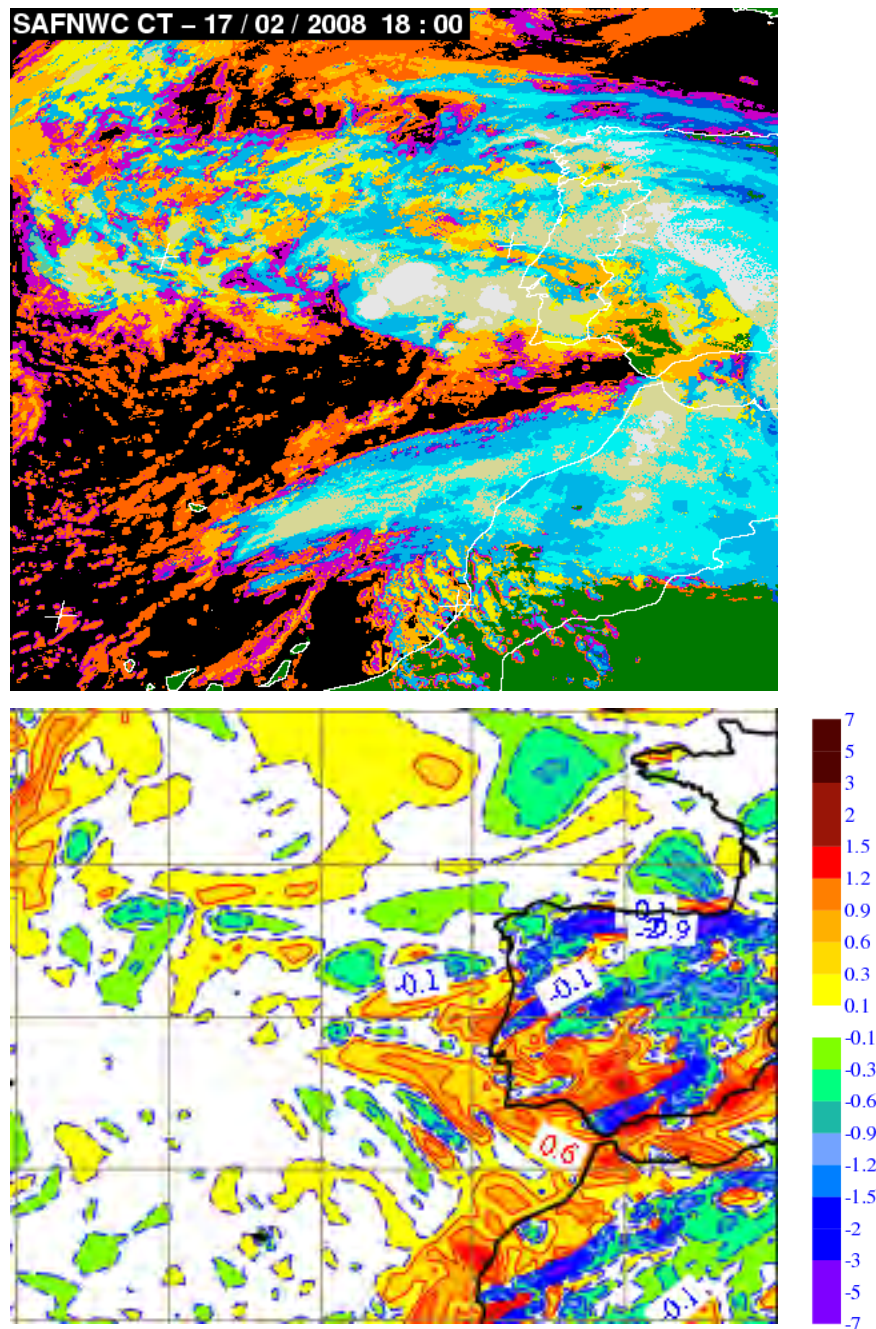


Figura VII.4 – Produto Tipo de Nuvens (*cloud type*) da SAF Nowcasting para as 18:00 UTC de dia 17 (em cima) e advecção de temperatura aos 850 hPa para a análise do ECMWF das 18 UTC de dia 17 de Fevereiro de 2008 (em baixo).



6. Utilizar, na área de cobertura do radar meteorológico, a animação de imagens do tipo MAXZ, para uma identificação dos padrões já referidos na observação de satélite. A grande semelhança entre os padrões visualizados em MAXZ, correspondentes a observações realizadas com um intervalo de, por exemplo, 3 horas, é sugestiva do mecanismo de *training* ocorrido (Figura VII.5).

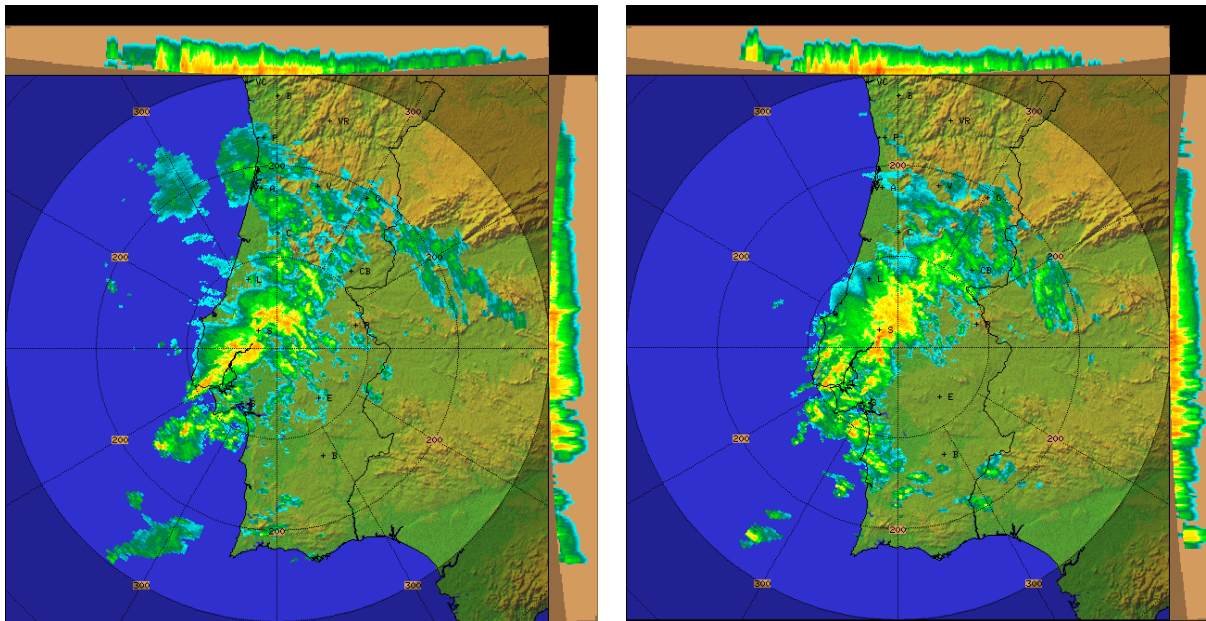


Figura VII.5 – Campo de MAXZ observado às 03:10 UTC (à esquerda) e 06:10 UTC (à direita), de 18 de Fevereiro de 2008.

7. Analisar o perfil vertical obtido com radar (VVP) que poderá possibilitar a identificação de dois dos factores referidos a propósito do mecanismo de *training*: o LLJ situado a montante da perturbação e a ocorrência de *veering* na camada superfície-850hPa. No presente caso, foram observados próximo de Lisboa (radar de C/CL) um perfil de *veering* no período de interesse e um LLJ aos 850hPa, aproximadamente; com o radar de L/CC nenhum destes factores foi observado, facto que parece consistente com a ausência de *training* sobre a região algarvia.

No entanto, há que salientar a discrepância entre a presente observação de LLJ a jusante da perturbação e não a montante, como sugerido pelo COMET; este facto deverá ser oportunamente investigado, quando mais casos de estudo estiverem disponíveis.



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

A melhoria da capacidade observacional e de análise com modelos numéricos poderá passar, no futuro, pela utilização de ferramentas actualmente indisponíveis para a previsão do estado do tempo:

- 1) Estimativas de precipitação sobre o mar efectuadas com sensores a bordo de satélites (por exemplo, SSMI), para procurar quantificar a actividade das perturbações já identificadas;
- 2) Estimativas de perfis verticais do vento obtidas sobre os aeroportos nacionais, a partir de dados AMDAR, para procurar identificar a presença de LLJ.
- 3) Produtos do modelo MM5 no sistema de visualização MESSIR, disponível nos centros operacionais
- 4) Campos considerados como referência em modelos conceptuais de fenómenos de mesoscala (*Cluster de Cbs, MCS, Enhanced cumuli*):
 - a. Espessura
 - b. Advecção de temperatura aos 700 hPa (para além dos 850 hPa)
 - c. Advecção de vorticidade aos 300 hPa (para além dos 500 hPa)
 - d. K-Index (para além dos índices Jefferson e Total-Totals)

Faz-se notar que embora a concretização dos dois primeiros pontos dependa de desenvolvimentos da comunidade internacional, os restantes dependem apenas de capacidade de realização instalada no IM.



VIII Considerações Finais

O episódio de precipitação intensa que ocorreu entre os dias 17 e 18 de Fevereiro de 2008 apresentou os valores mais elevados de precipitação na região de Lisboa e Setúbal, onde se verificaram cheias com graves impactos na população, incluindo 2 óbitos. Nas restantes regiões do vale do Tejo, em particular na região de Proença-a-Nova, também se verificou a ocorrência de precipitação intensa.

O fenómeno foi acompanhado recorrendo aos meios observacionais disponíveis, mas a sua previsão a partir de modelos numéricos foi deficiente. Nenhum dos modelos determinísticos operacionais deu indicação dos valores que se registaram. De entre os dois modelos numéricos de referência - ECMWF e ALADIN – o comportamento foi distinto, com um pior desempenho do modelo do ECMWF na quantidade de precipitação e do modelo ALADIN na localização. O modelo não operacional MM5-3 km apresentou valores mais aproximados dos valores reais (podendo ser visto como uma indicação da gravidade da situação), mas com falsos alarmes em termos de localização.

Em geral, a previsão probabilística também não deu indicações dos valores de precipitação que viriam a ocorrer na região de Lisboa e Setúbal. Considerando os valores máximos de precipitação entre os membros dos *ensembles* para Lisboa, os valores previstos em 24 horas estão entre cerca de 1/6 e 1/3 dos valores ocorridos. É de referir que a probabilidade da precipitação acumulada em 24 horas ser superior a 20 mm apenas excede 80% no dia 16, situando-se abaixo dos 40% nos dias anteriores. O produto probabilístico EFI (*Extreme Forecast Index*) terá sido o produto que melhor traduziu qualitativamente a excepcionalidade do episódio em análise. Na previsão dos dias 15 e 16, o EFI atinge valores entre +0.9 e +1 ao largo da costa do Continente, e no dia 16, valores entre +0.8 e +0.9 nas regiões Centro e Sul.

Os valores diários de precipitação nas estações de Lisboa/I.G. e Lisboa/G.C. (118.4 e 128.9mm, respectivamente) ultrapassaram os anteriores máximos diários, tendo sido estimado um período de retorno de 225 anos para o valor registado em Lisboa/I.G., estação em que são efectuadas observações desde 1864.

A configuração sinóptica em que este episódio extremo de precipitação ocorreu caracterizou-se pela presença de um anticiclone sobre a Europa Central e de uma depressão complexa, pouco cavada e com expressão em altitude, a oeste da Península Ibérica. Em particular, sobre o território do continente situava-se uma região de transição entre massas de ar: tropical marítimo a sudoeste e polar marítimo a nordeste. O conteúdo total em vapor água, observado e previsto, foi caracterizado por valores inferiores a 30 mm, abaixo de limiares de episódios anteriores. A sudoeste do território posicionava-se uma corrente de jacto com orientação aproximada de sudoeste-nordeste.

A análise da dinâmica da convecção envolvida na área e período de interesse, baseada nas observações disponíveis e na aplicação de modelos conceptuais, revelou um regime de convecção pouco habitual, verticalmente extensa mas pouco vigorosa, embebida num fluxo de sudoeste de natureza relativamente estratificada. De facto, tratou-se de convecção profunda, não obstante não terem sido observadas nuvens de desenvolvimento vertical com



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

cores de granizo no seu interior, facto consistente com a presença de *updrafts* pouco vigorosas.

Em termos operacionais, a emissão de avisos por parte do IM resultou, no dia 17, da orientação dos modelos numéricos. Tendo em conta a previsão deficiente dos modelos numéricos neste evento, as quantidades de precipitação previstas de véspera foram inferiores aos valores observados. Durante a fase mais crítica do evento, no dia 18, a emissão de avisos resultou da aplicação das técnicas de *nowcasting* por combinação das orientações dos modelos numéricos com as observações existentes. Tendo também em conta a natureza excepcional do evento, em particular a persistência da precipitação, nem sempre a subida do limiar de aviso por parte do IM foi a adequada.

Assim, o IM emitiu um primeiro aviso de precipitação (amarelo) no dia 17 às 22:07 UTC para os distritos de Lisboa, Setúbal, Beja e Faro, tendo na realidade sido atingido o limiar vermelho nos distritos de Lisboa e Setúbal durante a madrugada de dia 18. Durante a manhã de dia 18, a subida para o nível laranja de aviso por parte do IM foi adequada para os distritos de Évora e Beja, insuficiente para o distrito de Setúbal (que voltou a atingir vermelho) e excessiva para os distritos de Santarém e Portalegre, onde se atingiu apenas limiar amarelo, e também para Faro, onde não foi possível confirmar o limiar amarelo.

Para procurar aumentar a capacidade do IM na previsão desde tipo de fenómenos extremos e tendo conta as limitações já identificadas nos modelos numéricos, propuseram-se linhas de orientação para a construção de um modelo conceptual que abranja este tipo de episódios. As linhas de orientação procuram complementar modelos conceptuais existentes, dando especial atenção às análises observacionais efectuadas com satélite e radar sobre a área atlântica adjacente, em particular, à identificação repetida de assinaturas de *training* em dias anteriores aos do evento.

Finalmente sugerem-se campos de modelos numéricos que poderão vir a ser operacionais no IM para uma melhor identificação de alguns modelos conceptuais de mesoscala (espessura, advecções de temperatura e vorticidade em novos níveis e índice K), bem como ferramentas que poderão incrementar a capacidade observacional caso, no futuro, venham a estar operacionais em tempo real para a previsão do estado do tempo (dados do SSMI e de AMDAR).

Independentemente da existência destes produtos, a construção de um modelo conceptual que exprima de forma adequada este episódio, deverá passar pela análise de outros episódios semelhantes, em especial os relativos às cheias mais graves em Portugal ocorridas no passado.



IX Referências

AMS, 2000: The glossary of Meteorology. second Ed.

<http://amsglossary.allenpress.com/glossary/browse?s=w&p=4>

Belo Pereira, M., 2003: Ferramentas de diagnóstico. Aplicação aos modelos ALADIN e ECMWF - Parte 1. Nota técnica N°VPN1/2003. Instituto de Meteorologia

COMET, 1999: COMET activities at St. Louis University. The Heavy Precipitation Group. www.eas.slu.edu/Comet/precip.html

Costa, V. , 1997: Distribuição da água precipitável nas estações aerológicas portuguesas. Nota Técnica n°4/97. VPN, DVM, IM.

Dobesch, H., Dumolard, P. e Dyras, I., 2007: Spatial Interpolation for Climate Data, ISTE, Londres.

Davison, M., 1999: Shallow/Deep convection. NOAA, 1999.

<http://www.hpc.ncep.noaa.gov/international/training/deep/index.htm>

Fankhauser, J.C., 1988: Estimates of thunderstorm precipitation efficiency from field measurements in CCOPE. *Mon. Wea. Rev.*, **116**, 663-684

Fabry, F., and I. Zawadzki, 1995: Long-term radar observations of the melting layer of precipitation and their interpretation. *J. Atmos. Sci.*, **52**, 838–851

Fort Bragg -

<http://www.bragg.army.mil/www-wx/Training/The%20Precipitation%20Proces%202.ppt#1>

Goovaerts, P.G., 2000: Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall, *Journal of Hydrology*, no. 228, pp. 113-129.

Haan, C.T., 1983: Statistical Methods in Hydrology, Iowa State University Press, USA.

Instituto de Meteorologia, 2008: Recortes da Imprensa – Fev 2008. Instituto de Meteorologia.

Jensen, M. P. e A. D. Del Genio, 2003: Limiting Factors for Convective Cloud Top Height in the Tropics. National Aeronautics and Space Administration, Goddard Institute for Space Studies Columbia University New York, New York

Junker, W., Sullivanm H., Brill e Hughs, 1992: Seasonal and Geographic Variations in Quantitative Precipitation Predictions by NMC's Nested-Grid Model and Medium-Range Forecast Model. *Wea. Forecasting*, 7 , 410-429

Lopes, M. J., 2005: Episódios de precipitação intensa em Portugal Continental: diagnóstico de modelos conceptuais e avaliação do modelo ALADIN/Portugal". Tese de Mestrado em Ciências e Engenharia da Terra, FCUL/IM.



Market, P. S., S. Allen, R. Scofield, R. Kuligowski, e A. Gruber, Precipitation efficiency of warm-season midwestern mesoscale convective systems, *Weather and Forecasting*, 18(6):1273-1285, December 2003

Marwitz, 1972: Precipitation efficiency of thunderstorms on the High Plains. *J. Res. Atmos.*, 6, 367-370

Medaglia, C. M., Adamo, C., Formenton, M. e Piccolo, F., 2005: Nowcasting of convective cells over Italian Peninsula. *Advances in Geosciences*, 2, 173-176

Prates, F., Forbes, R., Balsamo, G., Cardinali, C. e Garcia-Mendez, A., 2008: Synoptic studies – Heavy precipitation Portugal, 17-18 February 2008. ECMWF - Member state visit May 2008.

Rocha Faria, J.M., 1973: Análise Estatística de Valores Extremos de Grandezas Hidrometeorológicas. *Hidrometeorologia Dinâmica*, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Lisboa.

Smith, R. B., 1979: The influence of mountains on the atmosphere. *Advances in Geophysics*, 21, 87-230

Sousa, A., 1988: Análise de Dados e Geoestatística Multivariada. Aplicação à tipologia de minérios. Dissertação de Doutoramento. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

WMO, 1994: Guide to Hydrological Practices. Fifth Edition, WMO N°168, Geneva.

Zajac e Weaver, 2002: Lightning Meteorology I. Preprints, Symposium of the Advanced Weather Interactive Processing System (AWIPS), Orlando, FL, AMS

ZAMG, 2007a: Software user manual for “Automatic Satellite Image Interpretation”: Scientific Part (ASII-PGE10 v2.1). SAF-NWC-CDOP-ZAMG-SCI-SUM-10 V2.1. 16 Novembro 2007.

ZAMG, 2007b: Manual of synoptic satellite meteorology: Conceptual models. Version 6.5. <http://www.zamg.ac.at/docu/Manual/SatManu/main.htm>.

Zsoter, E., 2006: Recent developments in extreme weather forecasting. ECMWF newsletter. No.107 – Primavera 2006.

**X Lista de Acrónimos**

θ_{sw}	Pseudo-temperatura potencial do termómetro molhado
AE	Actividade eléctrica observada
AMDAR	<i>Aircraft Meteorological Data Relay</i>
AMS	American Meteorological Society
ALADIN	<i>Aire Limitée Adaptation dynamique Développement InterNational</i>
ARPEGE	<i>Action de Reserche Petite Echelle Grande Echelle</i>
ASII	<i>Automatic Satellite Image Interpretation</i>
CAC	<i>Cold Air Cloudiness</i>
Cb	Cúmulo-nimbo
C/CL	Radar de Coruche/Cruz do Leão
CIME	Centro de Investigação em Meteorologia
CIN	<i>Convective Inibition</i>
CLW	<i>Cloud Liquid Water</i> (conteúdo em água líquida da nuvem)
COMET	<i>Cooperative Program for Operational Meteorology, Education and Training</i>
CONV q	Campo da convergência de humidade na baixa troposfera
CPPN	Centro de Processamento e Previsão Numérica
CRR	<i>Convective Rainfall Rate</i>
CTTH	<i>Cloud Top Temperature and Height</i> (Temperatura/altitude do topo das nuvens)
DEA	Descargas eléctricas atmosféricas
DMC	Departamento de Meteorologia e Clima
DOMC	Divisão de Observação Meteorológica e Clima
DORE	Divisão de Observação Remota
DVIP	Divisão de Vigilância e Previsão Meteorológica
EC	Cúmulos desenvolvidos
ECMWF	Centro Europeu da Previsão do Tempo a Médio Prazo
EMA	Estação Meteorológica Automática
EP	Eficiência da precipitação
EUA	Estados Unidos da América
IM	Instituto de Meteorologia, IP
INAG	Instituto da Água, IP
LLJ	<i>Low Level Jet</i> (jacto a baixa altitude)
MAXZ	Maximum reflectivity (valores máximos de reflectividade)
MCS	Sistema convectivo de mesoscala
MCS	Sistema convectivo de mesoscala
MM5	<i>Mesoscale Model version 5</i>
PEPS	<i>“Poor man’s” Ensemble Prediction System</i>
Rain1	Precipitação acumulada em 1 hora
RDT	<i>Rapid Developing Thunderstorms</i>
SAFNWC	<i>SAF Nowcasting</i>
SAM	Sistema de Avisos Meteorológicos
SATREP	<i>Satellite Report</i>
SRI	<i>Surface Rainfall Intensity</i> (intensidade da precipitação em nível próximo da superfície)
SSM/I	<i>Special Sensor Microwave/Imager</i>
TTP	<i>Total Precipitation Probability</i> (Probabilidade de precipitação acumulada)
VIL	<i>Vertically Integrated Liquid water content</i> (conteúdo em água líquida e sólida integrado na vertical)
VVP	<i>Volume Velocity Processing</i> (perfil vertical do vento obtido com radar)
Z	Reflectividade radar
ω	Vento vertical (sistema p)



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

ANEXO A

Avisos meteorológicos emitidos pelo IM
no âmbito do Sistema de Avisos Meteorológicos (SAM)



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

WWPO65 LPMG 171855

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

+----- INSTITUTO DE METEOROLOGIA -----+
:
: Departamento de Observação e Vigilância Meteorológica :
: Centro de Análise e Previsão do Tempo :
+-----+

AVISO METEOROLÓGICO - CONTINENTE

COMUNICADO Nº. 74/2008

Para os Distritos de:

FARO,

Aviso AMARELO para:

AGITAÇÃO MARÍTIMA referente a Altura Significativa das Ondas

No período entre as 19UTC de 17-02-2008 e as 19UTC de 18-02-2008

Na costa Sul: ondas de sueste com 2 a 2,5 m.

Para os Distritos de:

VISEU, GUARDA, CASTELO BRANCO, COIMBRA, LEIRIA,

SETUBAL, PORTALEGRE,

Aviso AMARELO para:

VENTO referente a Velocidade Média e Rajada Máxima

No período entre as 19UTC de 17-02-2008 e as 19UTC de 18-02-2008

Direcção de sueste até 60 km/h e rajadas da ordem dos 90 km/h.

LISBOA, 17-02-08 às 18:54 UTC

O Meteorologista: JOSÉ DA COSTA TÊSO



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

WWPO65 LPMG 172026
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

+----- INSTITUTO DE METEOROLOGIA -----+
: :
: Departamento de Observação e Vigilância Meteorológica :
: Centro de Análise e Previsão do Tempo :
+-----+

AVISO METEOROLÓGICO - CONTINENTE

COMUNICADO Nº. 75/2008

Na sequência do comunicado anterior, emite-se:

Para os Distritos de:
VISEU, GUARDA, CASTELO BRANCO, COIMBRA, LEIRIA,
SETUBAL, PORTALEGRE,
Aviso AMARELO para:
VENTO referente a Velocidade Média e Rajada Máxima
No período entre as 19UTC de 17-02-2008 e as 19UTC de 18-02-2008
Direcção de sueste até 60 km/h e rajadas da ordem dos 90 km/h.

Para o Distrito de:
FARO,
Aviso LARANJA para:
AGITAÇÃO MARÍTIMA referente a Altura Significativa das Ondas
No período entre as 21UTC de 17-02-2008 e as 09UTC de 18-02-2008
Na costa Sul: Ondas de sueste com 3 a 4 metros.

LISBOA, 17-02-08 às 20:24 UTC

O Meteorologista: Elvira Palma e Maria João Frada



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

WWPO65 LPMG 172207

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

+----- INSTITUTO DE METEOROLOGIA -----+
: :
: Departamento de Observação e Vigilância Meteorológica :
: Centro de Análise e Previsão do Tempo :
+-----+

AVISO METEOROLÓGICO - CONTINENTE

COMUNICADO Nº. 76/2008

Actualiza-se o comunicado anterior:

Para o Distrito de:

FARO,

Aviso LARANJA para:

AGITAÇÃO MARÍTIMA referente a Altura Significativa das Ondas

No período entre as 22UTC de 17-02-2008 e as 10UTC de 18-02-2008

Na costa Sul: Ondas de sueste com 3 a 4,5 m.

Para o Distrito de:

FARO,

Aviso AMARELO para:

VENTO referente a Rajada Máxima

No período entre as 22UTC de 17-02-2008 e as 10UTC de 18-02-2008

Vento de sueste com rajadas da ordem dos 70 km/h.

Para os Distritos de:

LISBOA, SETUBAL, BEJA, FARO,

Aviso AMARELO para:

PRECIPITAÇÃO

No período entre as 00UTC de 18-02-2008 e as 12UTC de 18-02-2008

Períodos de chuva ou aguaceiros, por vezes fortes.

Para os Distritos de:

VISEU, GUARDA, CASTELO BRANCO, AVEIRO, COIMBRA,

LEIRIA, PORTALEGRE,

Aviso AMARELO para:

VENTO referente a Velocidade Média e Rajada Máxima

No período entre as 23UTC de 17-02-2008 e as 15UTC de 18-02-2008

Nas terras altas: Vento de sueste forte até 60 km/h, com rajadas da ordem dos 90 km/h.

LISBOA, 17-02-08 às 22:04 UTC

O Meteorologista: Elvira Palma e Maria João Frada



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

WWPO65 LPMG 180504

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

+----- INSTITUTO DE METEOROLOGIA -----+
:
: Departamento de Observação e Vigilância Meteorológica :
: Centro de Análise e Previsão do Tempo :
+-----+

AVISO METEOROLÓGICO - CONTINENTE

COMUNICADO N.º 77/2008

Na sequência do comunicado anterior, emite-se:

Para o Distrito de:

FARO,

Aviso AMARELO para:

AGITAÇÃO MARÍTIMA referente a Altura Significativa das Ondas

No período entre as 05UTC de 18-02-2008 e as 15UTC de 18-02-2008

Na costa Sul: Ondas de sueste com 2 a 3 metros.

Para os Distritos de:

LISBOA, SETUBAL, SANTAREM, BEJA, FARO,

Aviso AMARELO para:

PRECIPITAÇÃO

No período entre as 05UTC de 18-02-2008 e as 13UTC de 18-02-2008

Períodos de chuva ou aguaceiros, por vezes fortes.

Para os Distritos de:

LISBOA, SETUBAL, SANTAREM, BEJA, FARO,

Aviso AMARELO para:

TROVOADA

No período entre as 05UTC de 18-02-2008 e as 13UTC de 18-02-2008

Frequentes e dispersas.

Para os Distritos de:

VISEU, GUARDA, CASTELO BRANCO,

Aviso AMARELO para:

VENTO referente a Velocidade Média e Rajada Máxima

No período entre as 05UTC de 18-02-2008 e as 15UTC de 18-02-2008

Nas terras altas: Vento de sueste forte até 60 km/h, com rajadas da ordem dos 90 km/h.

LISBOA, 18-02-08 às 05:03 UTC

O Meteorologista: Maria João Frada/Elvira Palma



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

WWPO65 LPMG 180929

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

+----- INSTITUTO DE METEOROLOGIA -----+
:
: Departamento de Observação e Vigilância Meteorológica :
: Centro de Análise e Previsão do Tempo :
+-----+

AVISO METEOROLÓGICO - CONTINENTE

COMUNICADO N.º 78/2008

Na sequência do comunicado anterior, emite-se:

Para o Distrito de:

FARO,

Aviso AMARELO para:

AGITAÇÃO MARÍTIMA referente a Altura Significativa das Ondas
No período entre as 05UTC de 18-02-2008 e as 15UTC de 18-02-2008
Na costa Sul: Ondas de sueste com 2 a 3 metros.

Para os Distritos de:

LISBOA, SETUBAL, SANTAREM, BEJA, FARO,

Aviso AMARELO para:

PRECIPITAÇÃO

No período entre as 05UTC de 18-02-2008 e as 13UTC de 18-02-2008
Períodos de chuva ou aguaceiros, por vezes fortes.

Para os Distritos de:

LISBOA, SETUBAL, SANTAREM, BEJA, FARO,

Aviso AMARELO para:

TROVOADA

No período entre as 05UTC de 18-02-2008 e as 13UTC de 18-02-2008
Frequentes e dispersas.

Para os Distritos de:

UIXEU, GUARDA, CASTELO BRANCO,

Aviso AMARELO para:

VENTO referente a Velocidade Média e Rajada Máxima

No período entre as 05UTC de 18-02-2008 e as 15UTC de 18-02-2008
Nas terras altas: Vento de sueste forte até 60 km/h, com rajadas
da ordem dos 90 km/h.

Para o Distrito de:

LEIRIA,

Aviso AMARELO para:

PRECIPITAÇÃO

No período entre as 10UTC de 18-02-2008 e as 13UTC de 18-02-2008
Períodos de chuva ou aguaceiros, por vezes fortes.

LISBOA, 18-02-08 às 09:13 UTC

O Meteorologista: Maria João Frada/ Elvira Palma/ Madalena Rodrigues



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

WWPO65 LPMG 180954

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

+----- INSTITUTO DE METEOROLOGIA -----+
:
: Departamento de Observação e Vigilância Meteorológica :
: Centro de Análise e Previsão do Tempo :
+-----+

AVISO METEOROLÓGICO - CONTINENTE

COMUNICADO Nº. 79/2008

Na sequência do comunicado anterior, emite-se:

Para o Distrito de:

FARO,

Aviso AMARELO para:

AGITAÇÃO MARÍTIMA referente a Altura Significativa das Ondas

No período entre as 05UTC de 18-02-2008 e as 15UTC de 18-02-2008

Na costa Sul: Ondas de sueste com 2 a 3 metros.

Para os Distritos de:

LISBOA, SETUBAL, SANTAREM, BEJA, FARO,

Aviso AMARELO para:

PRECIPITAÇÃO

No período entre as 05UTC de 18-02-2008 e as 13UTC de 18-02-2008

Períodos de chuva ou aguaceiros, por vezes fortes.

Para os Distritos de:

LISBOA, SETUBAL, SANTAREM, BEJA, FARO,

Aviso AMARELO para:

TROVOADA

No período entre as 05UTC de 18-02-2008 e as 13UTC de 18-02-2008

Frequentes e dispersas.

Para os Distritos de:

VISEU, GUARDA, CASTELO BRANCO,

Aviso AMARELO para:

VENTO referente a Velocidade Média e Rajada Máxima

No período entre as 05UTC de 18-02-2008 e as 15UTC de 18-02-2008

Nas terras altas: Vento de sueste forte até 60 km/h, com rajadas

da ordem dos 90 km/h.

Para o Distrito de:

LEIRIA,

Aviso AMARELO para:

PRECIPITAÇÃO

No período entre as 10UTC de 18-02-2008 e as 13UTC de 18-02-2008

Períodos de chuva ou aguaceiros, por vezes fortes.

Para os Distritos de:

LISBOA, SETUBAL, SANTAREM,

Aviso LARANJA para:

PRECIPITAÇÃO

No período entre as 10UTC de 18-02-2008 e as 13UTC de 18-02-2008

Períodos de chuva ou aguaceiros fortes.

Para os Distritos de:

LISBOA, SETUBAL, SANTAREM,

Aviso AMARELO para:

TROVOADA

No período entre as 10UTC de 18-02-2008 e as 13UTC de 18-02-2008

Frequentes e dispersas.

LISBOA, 18-02-08 às 09:50 UTC

O Meteorologista: Madalena Rodrigues

Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior
Instituto de Meteorologia, I. P.

Rua C – Aeroporto de Lisboa
1749-077 Lisboa – Portugal

Tel.: (351) 21 844 7000
Fax: (351) 21 840 2370



e-mail: informacoes@meteo.pt
URL: <http://www.meteo.pt>

123|143



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

WWPO65 LPMG 181230
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

+----- INSTITUTO DE METEOROLOGIA -----+
:
: Departamento de Observação e Vigilância Meteorológica :
: Centro de Análise e Previsão do Tempo :
+-----+

AVISO METEOROLÓGICO - CONTINENTE

COMUNICADO Nº. 80/2008

Na sequência do comunicado anterior, emite-se:

Para os Distritos de:

SETUBAL, SANTAREM, PORTALEGRE, EVORA,
Aviso LARANJA para:
PRECIPITAÇÃO
No período entre as 13UTC de 18-02-2008 e as 15UTC de 18-02-2008
Períodos de chuva ou aguaceiros fortes.

Para os Distritos de:

SETUBAL, SANTAREM, PORTALEGRE, EVORA,
Aviso LARANJA para:
TROVOADA
No período entre as 13UTC de 18-02-2008 e as 15UTC de 18-02-2008
Frequentes e concentradas.

Para os Distritos de:

CASTELO BRANCO, LISBOA, BEJA, FARO,
Aviso AMARELO para:
PRECIPITAÇÃO
No período entre as 13UTC de 18-02-2008 e as 18UTC de 18-02-2008
Períodos de chuva ou aguaceiros por vezes fortes.

Para os Distritos de:

CASTELO BRANCO, LISBOA, BEJA, FARO,
Aviso AMARELO para:
TROVOADA
No período entre as 13UTC de 18-02-2008 e as 18UTC de 18-02-2008
Frequentes e dispersas.

LISBOA, 18-02-08 às 12:24 UTC

O Meteorologista: Madalena Rodrigues



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

WWPO65 LPMG 181415
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

+----- INSTITUTO DE METEOROLOGIA -----+
: :
: Departamento de Observação e Vigilância Meteorológica :
: Centro de Análise e Previsão do Tempo :
+-----+

AVISO METEOROLÓGICO - CONTINENTE

COMUNICADO Nº. 81/2008

Na sequência do comunicado anterior, emite-se:

Para os Distritos de:

SETUBAL, PORTALEGRE, EVORA, BEJA

Aviso LARANJA para:

PRECIPITAÇÃO

No período entre as 14UTC de 18-02-2008 e as 17UTC de 18-02-2008

Períodos de chuva ou aguaceiros fortes.

Para os Distritos de:

SETUBAL, PORTALEGRE, EVORA.

Aviso LARANJA para:

TROVOADA

No período entre as 14UTC de 18-02-2008 e as 17UTC de 18-02-2008

Frequentes e dispersas.

Para os Distritos de:

SANTAREM, CASTELO BRANCO, FARO,

Aviso AMARELO para:

PRECIPITAÇÃO

No período entre as 14UTC de 18-02-2008 e as 18UTC de 18-02-2008

Períodos de chuva ou aguaceiros por vezes fortes.

Para os Distritos de:

SANTAREM, CASTELO BRANCO, BEJA, FARO,

Aviso AMARELO para:

TROVOADA

No período entre as 14UTC de 18-02-2008 e as 17UTC de 18-02-2008

Frequentes e dispersas.

LISBOA, 18-02-08 às 14:06 UTC

O Meteorologista: Madalena Rodrigues/ Pedro Gomes



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

WWPO65 LPMG 181531
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

+----- INSTITUTO DE METEOROLOGIA -----+
:
: Departamento de Observação e Vigilância Meteorológica :
: Centro de Análise e Previsão do Tempo :
+-----+

AVISO METEOROLÓGICO - CONTINENTE

COMUNICADO Nº. 82/2008

Na sequência do comunicado anterior, emite-se:

Para os Distritos de:
SETUBAL, PORTALEGRE, EVORA, BEJA, FARO

Aviso LARANJA para:
PRECIPITAÇÃO
No período entre as 16UTC de 18-02-2008 e as 19UTC de 18-02-2008
Períodos de chuva ou aguaceiros fortes.

Para os Distritos de:
SETUBAL, PORTALEGRE, EVORA, BEJA, FARO,

Aviso AMARELO para:
TROVOADA
No período entre as 16UTC de 18-02-2008 e as 20UTC de 18-02-2008
Frequentes e dispersas.

Para os Distritos de:
CASTELO BRANCO,
Aviso AMARELO para:
PRECIPITAÇÃO
No período entre as 16UTC de 18-02-2008 e as 20UTC de 18-02-2008
Períodos de chuva ou aguaceiros por vezes fortes.

LISBOA, 18-02-08 às 15:27 UTC

O Meteorologista: Madalena Rodrigues / Pedro Gomes



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

WWPO65 LPMG 181912
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

+----- INSTITUTO DE METEOROLOGIA -----+
: :
: Departamento de Observação e Vigilância Meteorológica :
: Centro de Análise e Previsão do Tempo :
+-----+

AVISO METEOROLÓGICO - CONTINENTE

COMUNICADO Nº. 83/2008

Para os Distritos de:

LISBOA, SETUBAL, FARO,

Aviso AMARELO para:

PRECIPITAÇÃO

No período entre as 20UTC de 18-02-2008 e as 23UTC de 18-02-2008

Aguaceiros, por vezes fortes e condições favoráveis à ocorrência de trovoadas.

LISBOA, 18-02-08 às 19:11 UTC

O Meteorologista: José Eduardo Duarte / Madalena Rodrigues



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

ANEXO B

**Valores máximos de quantidade de precipitação - EMA/IM, RUEMA/IM e INAG
(das 18:00 UTC de dia 17 de Fevereiro 2008 às 18:00UTC de dia 18 de Fevereiro 2008)**



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Tabela B.1 – Valores máximos de quantidade de precipitação nas EMA da rede do IM
(das 18:00 UTC de dia 17 de Fevereiro 2008 às 18:00UTC de dia 18 de Fevereiro 2008)

		10 min.	1 hora	3 horas	6 horas	24 horas
545	Porto / Pedras Rubras	0.3	1.3	2.4	2.4	2.4
548	Coimbra / Aeródromo	0.7	1.5	3.4	3.4	6.5
551	Viana do Castelo / Chafé / C. C.	0.6	2.1	3.1	3.1	3.1
557	Évora / Cidade	3.4	12.5	17	18.9	24.6
558	Évora / C. C.	3.5	17.1	24.7	28	32.4
560	Viseu / C. C.	0.3	1	3.8	3.9	
562	Beja	9.8	28.6	42.5	44.8	45.9
568	Penhas Douradas / Observatório	1.5	5.9	12.1	15.3	32
575	Bragança	0.2	0.7	1.5	2.6	3.9
579	Lisboa / Gago Coutinho	11.2	36.3	57.2	86	137.8
604	Vila Nova de Cerveira / Aeródromo	0.7	2.6	4.3	4.3	4.3
605	Monção / Valinha	0.8	2.2	2.7	2.7	2.7
606	Lamas de Mouro / Porto Ribeiro	0.1	0.3	0.4	0.4	0.4
611	Montalegre	0.3	1.2	1.8	2.4	2.7
615	Ponte de Lima / Escola Agrícola	0.6	2.2	2.9	2.9	2.9
616	Chaves / Aeródromo	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
619	Cabril / S. Lourenço	0.9	2.8	4.2	5	5.2
622	Braga / Merelim	0.4	1.6	2.1	2.4	2.4
630	Cabeceiras de Basto	0.5	1	2.4	3.1	3.2
632	Mirandela	0.2	0.6	0.7	1	1
633	Macedo de Cavaleiros / Izeda-Morais	0.5	1.4	2.8	4.3	4.9
635	Miranda do Douro	0.8	2.9	6.4	8.8	11.2
644	Carrazêda de Ansiães	0.2	0.7	1.2	1.5	1.6
654	Moncorvo	0.9	1.8	3.5	4.7	6.9
663	Moimenta da Beira	0.5	2.1	3.3	3.9	5.5
666	Trancoso / Bandarra	0.6	2.9	5.8	9.6	16.6
671	Figueira de Castelo Rodrigo / V.Torpim	0.7	2.5	5.4	8.3	10.4
687	Covilhã / Aeródromo	1.3	7.4	16.9	24.9	50.1
697	Lousã / Aeródromo	1.1	1.7	2.5	3.5	3.6
702	Aveiro / Universidade	0.7	3	3.7	4.1	5.8
713	Figueira da Foz / Vila Verde	1.8	6.2	8.4	8.6	
716	Ansião (Depósito de Água da Ameixeira)	1.8	5	7.5	12.4	28.1
718	Leiria / Aeródromo	0.9	2.3	3.6		
726	Alcobaça / Estação Fruticultura Vieira Natividade	0.9	1.6	2.3	2.7	5.5
729	Rio Maior / E.T.A.R.	1.6	5.2	9.1	15.9	36.3
744	Coruche / Estação de Regadio (I.N.I.A.)	1.7	5.3	10	19.2	28.7
755	Sacavém / Instituto Tecnológico Nuclear	10.9	31.9	53.6	96.4	
765	Cabo Raso / Farol	3.2	7.6	12.6	20.1	51.3
766	Barreiro / Lavradio (Quimigal)	3.9	15.3	20.6	23.6	
770	Setúbal / Estação de Fruticultura	13.1	41.2	67.1	84.2	133.5
773	Almada / Praia da Rainha	8.3	20.5	27.8	35.5	53.5
776	Alcácer do Sal / Barrosinha	6.9	24.7	44.2	48.7	56.8
803	Zebreira	0.5	2.3	4.2	7.7	10.9
806	Proença-a-Nova / Pista Moitas	4.1	9.8	19.6	34.7	90.4
812	Alvega	1.9	8.6	19.8	35.6	57.8



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

848	Portel / Oriola	3.8	10.1	22.3	26.3	27.1
864	Castro Verde / Neves Corvo	8.5	13.6	20.3	21.7	22.7
865	Alcoutim / Martinlongo	1.8	5	7.4	7.4	17.5
868	Almodôvar / Cerro Negro	5	11.5	13.7	15.3	22.6
903	Porto / Massarelos	0.3	1.2	2.3	2.5	2.9
905	Braga / Fajal	0.1	0.2	0.4	0.8	1
920	Lisboa / Estrela	1.3	7	18.3	31	62.1
921	Lisboa / Alvalade	10.2	36.3	56.6	83.4	135
924	Lisboa / Estefânia	8.5	30.3	47.4	64.4	102.5
925	Lisboa / Baixa	6.5	19.9	32.9	46.5	76.2
928	Barreiro	4.9	12	14.8	17.4	31.6
931	Lisboa / Benfica	12.2	31.7	58.9	103.4	150.6
938	Loures	7.3	19.2	41	76.7	138.5



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Tabela B.2 – Valores máximos de quantidade de precipitação nas EMA da rede do INAG
(das 18:00 UTC de dia 17 de Fevereiro 2008 às 18:00UTC de dia 18 de Fevereiro 2008)

		1 hora	3 horas	6 horas	24 horas
17H/01C	ABRANTES	5.6	11.7	22.7	44.5
21M/02UG	ALANDROAL	7.4	16.7	22.3	22.8
19O/02F	ALBUFEIRA DO CAIA	3.4	8.5	12.6	18.3
23I/01C	ALCÁÇOVAS	25.5	31.4	33	36
10O/02UG	ALMEIDINHA	3.1	4.7	6.9	16.8
15G/01UG	ALVAIÁZERE	4.6	10	15.6	26.4
21K/01UG	AZARUJA	7.2	11.3	13.2	18.1
20E/01C	BARRAGEM DE MAGOS	6.6	14.9	21	45.3
17C/08G	BARRAGEM DE ÓBIDOS (HIDRA)	2.2	4	6.2	13
20I/02UG	BROTAS	11.2	18.6	28.8	33.3
21B/11UG	CANEÇAS	17.8	33.2	57	116.1
21F/01UG	CANHA	17.1	23.5	29.4	38.1
17M/01G	CASTELO DE VIDE	8.1	16.4	24.1	30.5
27I/01G	CASTRO VERDE	9.1	15.4	21.3	22
16C/01C	CELA	1.4	2.5	2.8	5.1
17G/02G	CHAMUSCA	5.5	11.7	18.6	37.7
18G/01G	CHOUTO	11.2	24.8	35.7	54.2
12L/03G	COVILHÃ	4.6	12.1	17.8	41.4
11F/02UG	ESTRADA	6.3	9.1	9.6	14
24F/01C	GRÂNDOLA	4.4	9.6	14	21.9
26M/01C	HERDADE DE VALADA	8.7	8.7	8.7	8.8
14O/01UG	IDANHA-A-VELHA	4.4	7.2	11.9	25.4
14N/02UG	LADOEIRO	5.5	9.2	15.9	28.1
21A/12G	MALVEIRA DA SERRA	8.5	13.7	21.1	49.7
22F/03C	MOINHOLA	15.1	30.4	43.2	53.6
19M/01UG	MONFORTE	3.7	9.4	14.5	17.6
22B/01C	MONTE DA CAPARICA	53.1	67.1	89.1	127.3
11J/02C	OLIVEIRA DO HOSPITAL	1.7	4.3	5.5	7
27H/01UG	PANÓIAS	7.6	17.5	24.5	29.2
20I/01G	PAVIA	5.8	10.2	10.5	10.8
11O/01G	PEGA	3	6.3	9.9	17.1
24K/01UG	PORTEL	17	30.3	31.1	31.8
18C/01G	PRAGANÇA	3.4	7	11.5	27.2
15G/02G	REGO DA MURTA	5.1	11.8	20.5	29.8
23L/01G	REGUENGOS	9	18.8	18.9	19.1
27G/01G	RELÍQUIAS	8.3	13.6	14.8	17.8
20C/01C	SÃO JULIÃO DO TOJAL	26.2	60	84.8	149.1
23K/01UG	SÃO MANÇOS	15.6	30.1	33.5	35.4
26L/01UG	SERPA	8.6	17.3	18.6	19
20B/02UG	SOBRAL DA ABELHEIRA	10	23.4	38.1	58.9
19C/01UG	SOBRAL DE MONTE AGRAÇO	6.9	10.7	16.4	41.6
13F/01G	SOURE	1.2	2.7	2.8	6.2
12F/01UG	TENTÚGAL	5.6	10.9	11.7	13.2
17L/02UG	VALE DO PESO	10.4	26.6	38.9	50.1
10H/02G	VARZIELAS	1.9	4.5	9.3	13.2
24I/01C	VIANA DO ALENTEJO	7.5	14.9	19.9	23.1



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

22C/02UG	VILA NOGUEIRA DE AZEITÃO	22.8	35.5	41.4	88.7
16K/01G	VILA VELHA DE RODÃO	5.7	13.2	24.8	52
21M/01UG	VILA VIÇOSA	4.9	11.4	16.2	19.6
06I/01G	AMARANTE	0.9	1.2	2.1	2.4
04F/01C	BARCELOS	1.6	3.6	3.6	3.6
08G/01C	BARRAGEM DE CASTELO BURGÃES	1	1.5	1.8	3.1
30J/01UG	BARRANCO DO VELHO	8.2	12.2	12.3	25
09G/03UG	BOUÇÃ (PESSEGUEIRO DO VOUGA)	1.6	3.5	3.7	7.9
02G/09G	CASAL SOEIRO	1.8	3.5	3.6	3.6
30J/02G	CATRAIA	5	9.7	13.4	29.9
02R/02G	DEILÃO	0.4	1	1.8	2.7
06N/01C	FOLGARES	0.6	1.1	1.7	2
06N/03UG	FONTE LONGA	0.7	1.4	2.4	2.7
04K/03UG	LIXA DO ALVÃO	0.8	1.5	2.4	2.4
30K/01UG	MERCADOR	5.3	10.2	16.3	34.3
30F/01C	MONCHIQUE	8.3	16.2	25.8	45.4
06H/01UG	PENAFIEL	0.8	1.2	2.1	4
04R/02G	PINELO	2.1	4	6.8	8.7
09O/01G	PINHEL	2.8	6.5	12.4	18.4
03G/02C	PONTE DA BARCA	0.9	1.4	1.4	1.4
03F/01G	PONTE DE LIMA	1.8	2.6	2.6	2.6
01H/02G	PORTELINHA	0.3	0.6	0.8	0.8
04N/01C	RIO TORTO	0.5	1.2	1.6	2.1
29I/01UG	SÃO BARNABÉ	10.4	14.7	16.2	20.4
31J/01C	SÃO BRÁS DE ALPORTEL	3.6	3.8	4.9	14.7
09K/01G	SÁTÃO	1.2	7	8.7	10.2
03N/01G	TRAVANCAS	0.4	0.5	0.8	1.1
03J/05G	VILA DA PONTE	0.5	0.8	1.1	1.1



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Tabela B.3 – Hora de ocorrência dos máximos de quantidade de precipitação em 1 e 6 horas para a rede EMA do IM (das 18:00 UTC de dia 17 de Fevereiro 2008 às 18:00UTC de dia 18 de Fevereiro 2008) (por exemplo: 19, 18:00-19:00 de dia 17/02 ou 11, 10:00-11:00 de dia 18/02)

		Hr_Max_1h	Hr_Max_6h
545	Porto / Pedras Rubras	5	6
548	Coimbra / Aeródromo	3	19
551	Viana do Castelo / Chafé / C. C.	6	7
557	Évora / Cidade	15	18
558	Évora / C. C.	15	18
560	Viseu / C. C.	5	19
562	Beja	16	18
568	Penhas Douradas / Observatório	9	10
575	Bragança	9	12
579	Lisboa / Gago Coutinho	5	8
604	Vila Nova de Cerveira / Aeródromo	7	8
605	Monção / Valinha	8	9
606	Lamas de Mouro / Porto Ribeiro	10	11
611	Montalegre	10	12
615	Ponte de Lima / Escola Agrícola	7	7
616	Chaves / Aeródromo	8	10
619	Cabril / S. Lourenço	9	10
622	Braga / Merelim	7	7
630	Cabeceiras de Basto	5	9
632	Mirandela	10	15
633	Macedo de Cavaleiros / Izeda-Morais	8	11
635	Miranda do Douro	8	10
644	Carrazêda de Ansiães	10	11
654	Moncorvo	11	11
663	Moimenta da Beira	5	8
666	Trancoso / Bandarra	21	22
671	Figueira de Castelo Rodrigo / V.Torpim	10	11
687	Covilhã / Aeródromo	8	9
697	Lousã / Aeródromo	6	9
702	Aveiro / Universidade	2	5
713	Figueira da Foz / Vila Verde	1	5
716	Ansião (Depósito de Água da Ameixeira)	7	8
718	Leiria / Aeródromo	0	
726	Alcobaça / Estação Fruticultura Vieira Natividade	0	11
729	Rio Maior / E.T.A.R.	23	4
744	Coruche / Estação de Regadio (I.N.I.A.)	13	13
755	Sacavém / Instituto Tecnológico Nuclear	9	10
765	Cabo Raso / Farol	21	2
766	Barreiro / Lavradio (Quimigal)	5	8



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

770	Setúbal / Estação de Fruticultura	12	12
773	Almada / Praia da Rainha	5	5
776	Alcácer do Sal / Barrosinha	14	16
803	Zebreira	13	17
806	Proença-a-Nova / Pista Moitas	8	11
812	Alvega	10	15
848	Portel / Oriola	16	18
864	Castro Verde / Neves Corvo	17	18
865	Alcoutim / Martinlongo	17	18
868	Almodôvar / Cerro Negro	17	18
903	Porto / Massarelos	4	7
904	V.N.Gaia / Oliveira do Douro	19	19
905	Braga / Fujacal	7	9
920	Lisboa / Estrela	7	11
921	Lisboa / Alvalade	5	8
924	Lisboa / Estefânia	5	6
925	Lisboa / Baixa	5	5
928	Barreiro	5	8
931	Lisboa / Benfica	8	8
938	Loures	7	11



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Tabela B.4 – Hora de ocorrência dos máximos de quantidade de precipitação em 1 e 6 horas para a rede EMA do INAG (das 18:00 UTC de dia 17 de Fevereiro 2008 às 18:00UTC de dia 18 de Fevereiro 2008) (por exemplo: 19, 18:00-19:00 de dia 17/02 ou 11, 10:00-11:00 de dia 18/02)

		Hr_Max_1h	Hr_Max_6h
17H/01C	ABRANTES	15	15
21M/02UG	ALANDROAL	15	18
19O/02F	ALBUFEIRA DO CAIA	16	19
23I/01C	ALCÁÇOVAS	15	17
10O/02UG	ALMEIDINHA	10	10
15G/01UG	ALVAIÁZERE	8	10
21K/01UG	AZARUJA	15	18
20E/01C	BARRAGEM DE MAGOS	6	8
17C/08G	BARRAGEM DE ÓBIDOS (HIDRA)	23	3
20I/02UG	BROTAS	14	15
21B/11UG	CANEÇAS	4	7
21F/01UG	CANHA	12	13
17M/01G	CASTELO DE VIDE	14	16
13M/03G	CASTELO NOVO		22
27I/01G	CASTRO VERDE	17	18
16C/01C	CELA	0	2
17G/02G	CHAMUSCA	7	10
18G/01G	CHOUTO	10	14
12L/03G	COVILHÃ	8	12
11F/02UG	ESTRADA	2	7
24F/01C	GRÂNDOLA	13	16
26M/01C	HERDADE DE VALADA	18	18
14O/01UG	IDANHA-A-VELHA	12	16
14N/02UG	LADOEIRO	15	15
21A/12G	MALVEIRA DA SERRA	4	9
22F/03C	MOINHOLA	13	14
19M/01UG	MONFORTE	17	18
22B/01C	MONTE DA CAPARICA	5	7
11J/02C	OLIVEIRA DO HOSPITAL	10	11
27H/01UG	PANÓIAS	15	17
20I/01G	PAVIA	18	18
11O/01G	PEGA	9	11
24K/01UG	PORTEL	16	18
18C/01G	PRAGANÇA	23	3
15G/02G	REGO DA MURTA	8	10
23L/01G	REGUENGOS	16	18
27G/01G	RELÍQUIAS	16	17
20C/01C	SÃO JULIÃO DO TOJAL	8	9
23K/01UG	SÃO MANÇOS	15	18



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

26L/01UG	SERPA	18	18
20B/02UG	SOBRAL DA ABELHEIRA	10	11
19C/01UG	SOBRAL DE MONTE AGRAÇO	11	4
13F/01G	SOURE	2	3
12F/01UG	TENTÚGAL	2	5
17L/02UG	VALE DO PESO	14	15
10H/02G	VARZIELAS	4	20
24I/01C	VIANA DO ALENTEJO	16	18
22C/02UG	VILA NOGUEIRA DE AZEITÃO	12	12
16K/01G	VILA VELHA DE RODÃO	10	15
21M/01UG	VILA VIÇOSA	15	18
06I/01G	AMARANTE	8	8
04F/01C	BARCELOS	7	7
08G/01C	BARRAGEM DE CASTELO BURGÃES	3	6
30J/01UG	BARRANCO DO VELHO	18	18
09G/03UG	BOUÇÃ (PESSEGUEIRO DO VOUGA)	3	20
02G/09G	CASAL SOEIRO	8	10
30J/02G	CATRAIA	18	6
02R/02G	DEILÃO	9	12
06N/01C	FOLGARES	10	11
06N/03UG	FUNTE LONGA	10	11
04K/03UG	LIXA DO ALVÃO	9	10
30K/01UG	MERCADOR	0	5
30F/01C	MONCHIQUE	13	17
06H/01UG	PENAFIEL	8	8
04R/02G	PINELO	9	12
09O/01G	PINHEL	10	10
03G/02C	PONTE DA BARCA	8	8
03F/01G	PONTE DE LIMA	7	8
01H/02G	PORTELINHA	10	12
04N/01C	RIO TORTO	11	11
29I/01UG	SÃO BARNABÉ	17	18
31J/01C	SÃO BRÁS DE ALPORTEL	21	1
09K/01G	SÁTÃO	19	21
03N/01G	TRAVANCAS	8	13
03J/05G	VILA DA PONTE	10	10



Cheias de 18 Fevereiro de 2008

Tabela B.5 – Hora de início de ocorrência de maiores valores de precipitação para a rede EMA do IM
(das 18:00 UTC de dia 17 de Fevereiro 2008 às 18:00UTC de dia 18 de Fevereiro 2008)

		Hr_início
535	Lisboa / Geofísico	2:00
557	Évora / Cidade	14:00
558	Évora / C. C.	14:10
562	Beja	14:30
571	Portalegre	12:40
579	Lisboa / Gago Coutinho	2:10
724	Tomar / Valdona	3:50
755	Sacavém / Instituto Tecnológico Nuclear	0:30
766	Barreiro / Lavradio (Quimigal)	3:50
770	Setúbal / Estação de Fruticultura	5:20
773	Almada / Praia da Rainha	3:40
776	Alcácer do Sal / Barrosinha	13:20
806	Proença-a-Nova / Pista Moitas	3:20
812	Alvega	8:40
848	Portel / Oriola	15:00
850	Amareleja	16:30
863	Mértola / Vale Formoso	17:10
864	Castro Verde / Neves Corvo	15:30
921	Lisboa / Alvalade	2:00
924	Lisboa / Estefânia	1:50
925	Lisboa / Baixa	1:50
928	Barreiro	4:00
931	Lisboa / Benfica	2:00
938	Loures	2:10

Tabela B.6 – Hora de início de ocorrência de maiores valores de precipitação para a rede EMA do INAG
(das 18:00 UTC de dia 17 de Fevereiro 2008 às 18:00UTC de dia 18 de Fevereiro 2008)

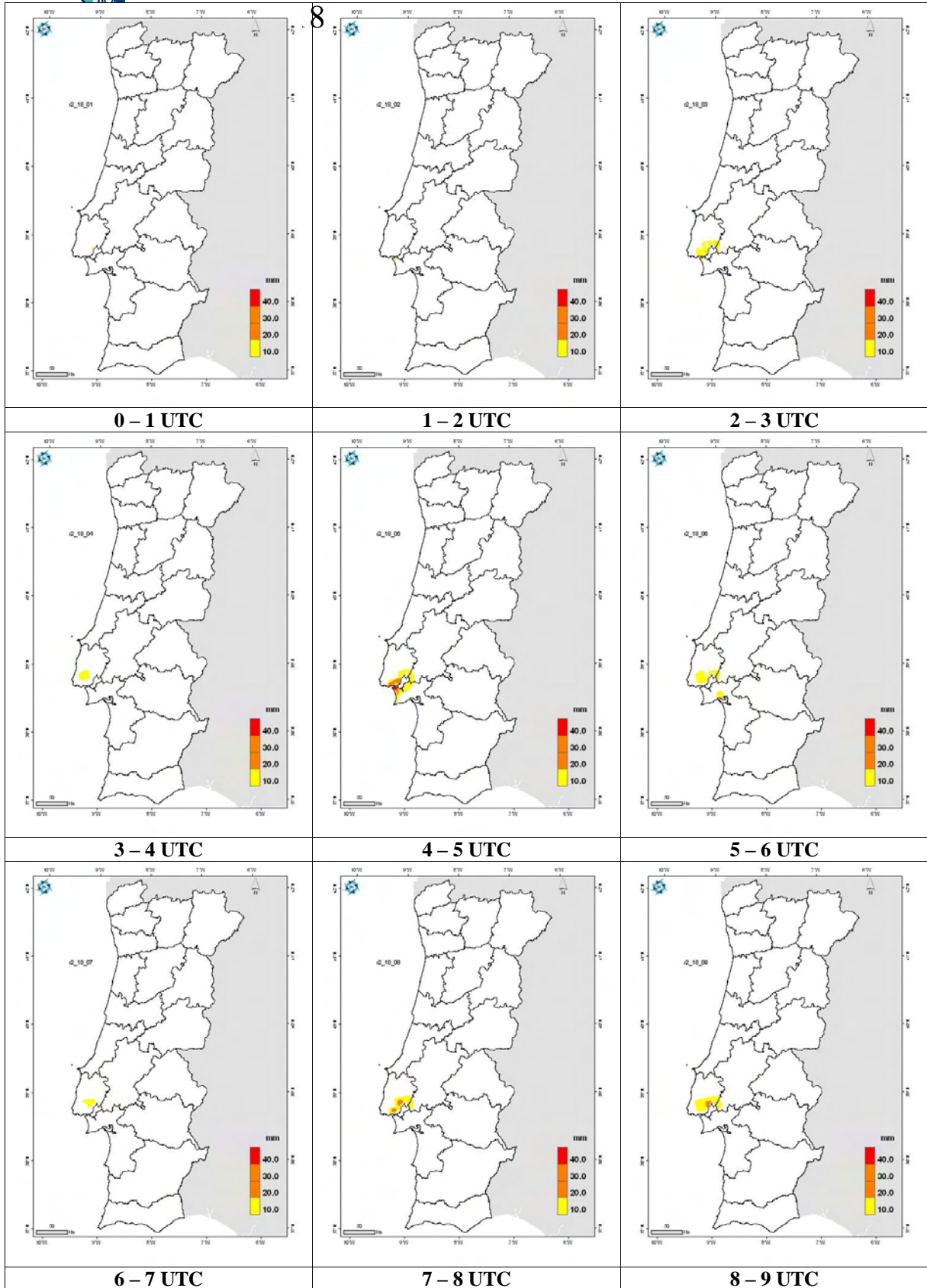
		Hr_início
ALCÁÇOVAS	23I/01C	15:00
BROTAS	20I/02UG	14:00
CANEÇAS	21B/11UG	4:00
CANHA	21F/01UG	12:00
CHOUTO	18G/01G	10:00
MOINHOLA	22F/03C	11:00
MONTE DA CAPARICA	22B/01C	2:00
PORTEL	24K/01UG	16:00
SÃO JULIÃO DO TOJAL	20C/01C	5:00
SÃO MANÇOS	23K/01UG	15:00
SOBRAL DA ABELHEIRA	20B/02UG	10:00
VALE DO PESO	17L/02UG	14:00
VILA NOGUEIRA DE AZEITÃO	22C/02UG	12:00
SÃO BARNABÉ	29I/01UG	17:00

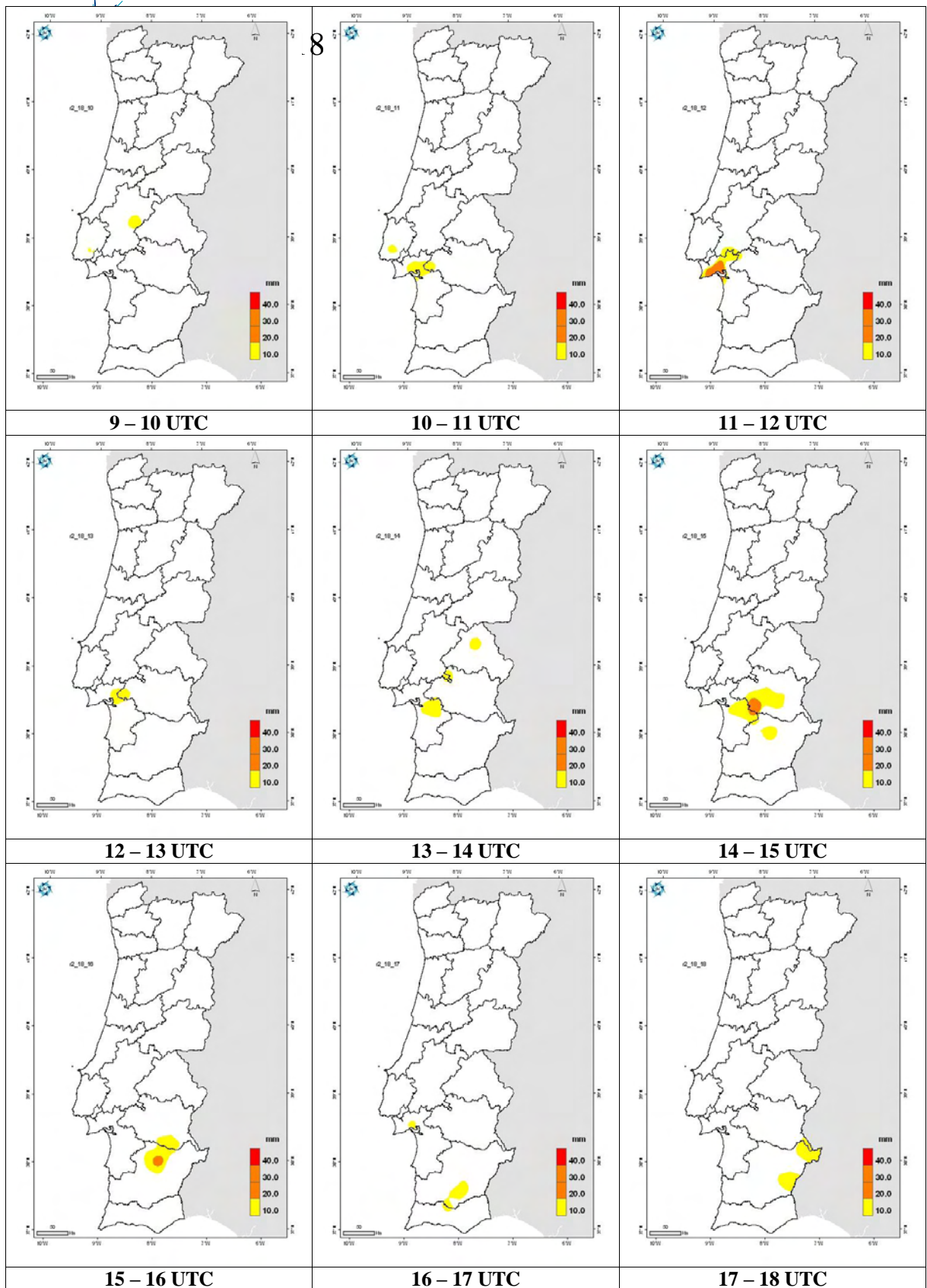


Cheias de 18 Fevereiro de 2008

ANEXO C

**Precipitação acumulada em 1 hora segundo os critérios para emissão de avisos
(das 00:00 UTC às 18:00 UTC do dia 18 de Fevereiro de 2008)**







Cheias de 18 Fevereiro de 2008

ANEXO D

**Precipitação acumulada em 6 horas segundo os critérios para emissão de avisos
(das 21:00 UTC do dia 17 de Fevereiro às 20:00 UTC do dia 18 de Fevereiro de
2008)**

