

Grupo de Avaliação de Modelos da DIMNT e Grupo de avaliação de modelos da DIPTC
30 de agosto e 2024

Avaliação do MONAN para o período das chuvas no RS

Breve histórico

Entre o final do mês de abril (27) e começo de maio (02) de 2024 o Rio Grande do Sul (RS) registrou o pior evento meteorológico de sua história. A sucessão de dias de instabilidade atmosférica com chuvas constantes e intensas resultou em acentuada elevação do nível dos rios, especialmente da Bacia Hidrográfica do Guaíba. Como resultado, o Estado teve 478 de seus 497 municípios afetados, com mais de 500.000 desalojados/desabrigados e quase 200 óbitos. Os acumulados de chuva em apenas 3 dias superaram 600 mm em alguns municípios e uma ampla área do Estado registrou precipitações superiores a 400 mm. Embora a chuva tenha continuado após o dia 02/05, os maiores volumes foram registrados entre os dias 29/04 e 02/05 na Bacia do Rio Guaíba.

Avaliação Global da Altura Geopotencial em 500 hPa e de Precipitação

Em comparação com as previsões do GFS, o MONAN apresenta uma queda acentuada no *skill* preditivo a partir de 144h de previsão para o Hemisfério Sul (HS), enquanto o *skill* do GFS cai em torno de 230h de previsão. Para o Hemisfério Norte, não se observa diferença importante entre os modelos. Em relação às séries temporais das correlações de anomalias (Figuras b e c), as diferenças entre as previsões do GFS e MONAN são pequenas, porém, para os trópicos (painel central das Figuras b e c), as diferenças são importantes. O MONAN tem desempenho inferior ao GFS ao longo do período analisado tanto nas previsões de 5 dias (Figura b) quanto de 8 dias (Figura c).

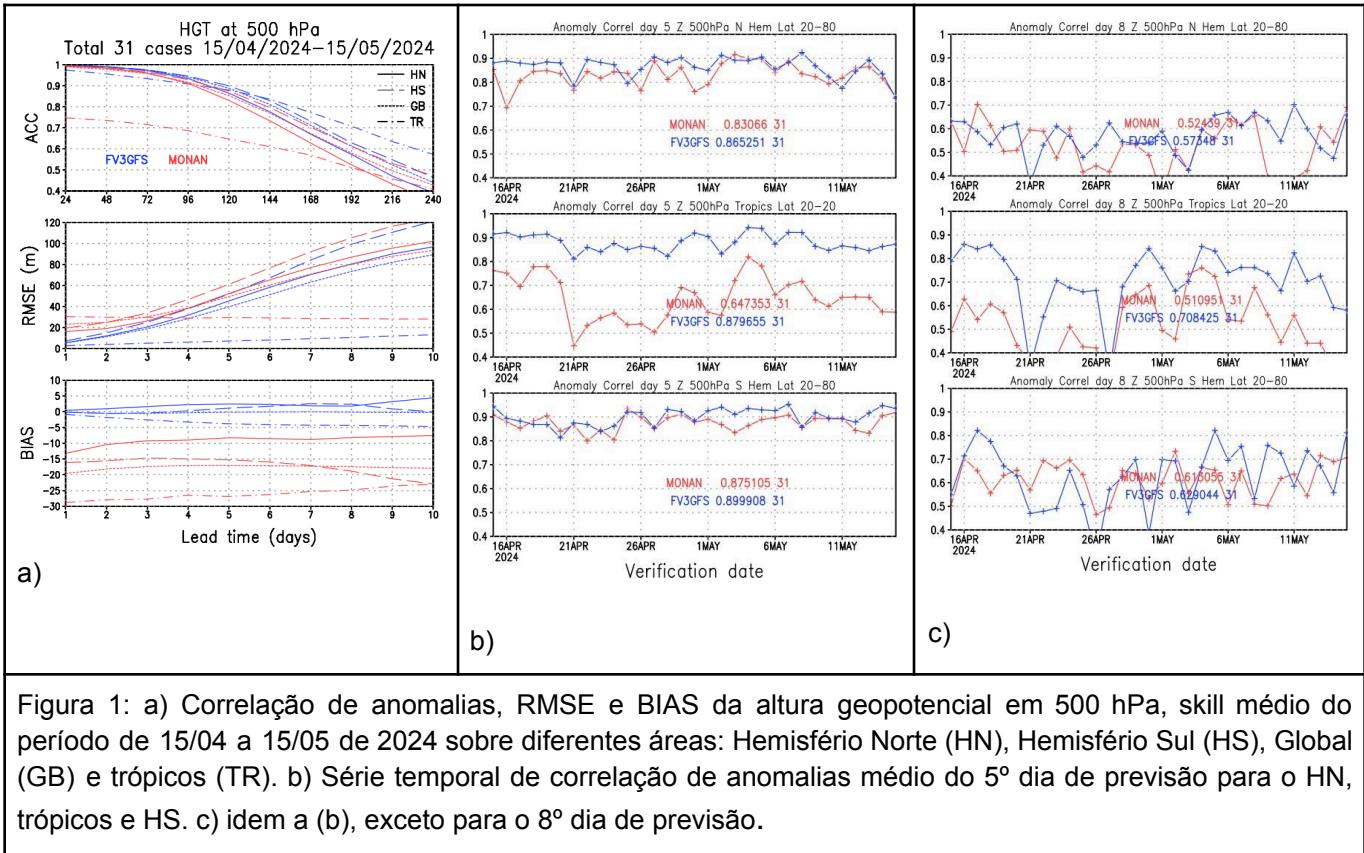


Figura 1: a) Correlação de anomalias, RMSE e BIAS da altura geopotencial em 500 hPa, skill médio do período de 15/04 a 15/05 de 2024 sobre diferentes áreas: Hemisfério Norte (HN), Hemisfério Sul (HS), Global (GB) e trópicos (TR). b) Série temporal de correlação de anomalias médio do 5º dia de previsão para o HN, trópicos e HS. c) idem a (b), exceto para o 8º dia de previsão.

A avaliação da precipitação utilizando o *bias score* e ETS considerando a remoção do viés (ETSa) é mostrada na Figura 2. De acordo com o *bias score*, o MONAN superestima os eventos de precipitação, até a categoria de até 5 mm, enquanto que subestima os limiares superiores a 15 mm. Entretanto, observa-se consistência em termos de subestimativa ou superestimativa entre os prazos de previsão. Previsões perfeitas são observadas para o limiar de 10 mm em todos os prazos de previsão, ou seja, não ocorre super ou subestimativa dos eventos de precipitação de até 10 mm. Os resultados observados nos gráficos de *bias score* refletem o desempenho do modelo para o ET Sa (Figura 2b). Observam-se valores de ET Sa de até 0.35 para precipitações de até 5 mm. Isto ocorre pois o modelo tende a superestimar o referido limiar, inflando os valores de ET Sa. Como é esperado, o ET Sa diminui com o avanço no prazo de integração, sendo os eventos de precipitação mais elevados os mais difíceis de prever devido ao menor número de eventos, como também é esperado.

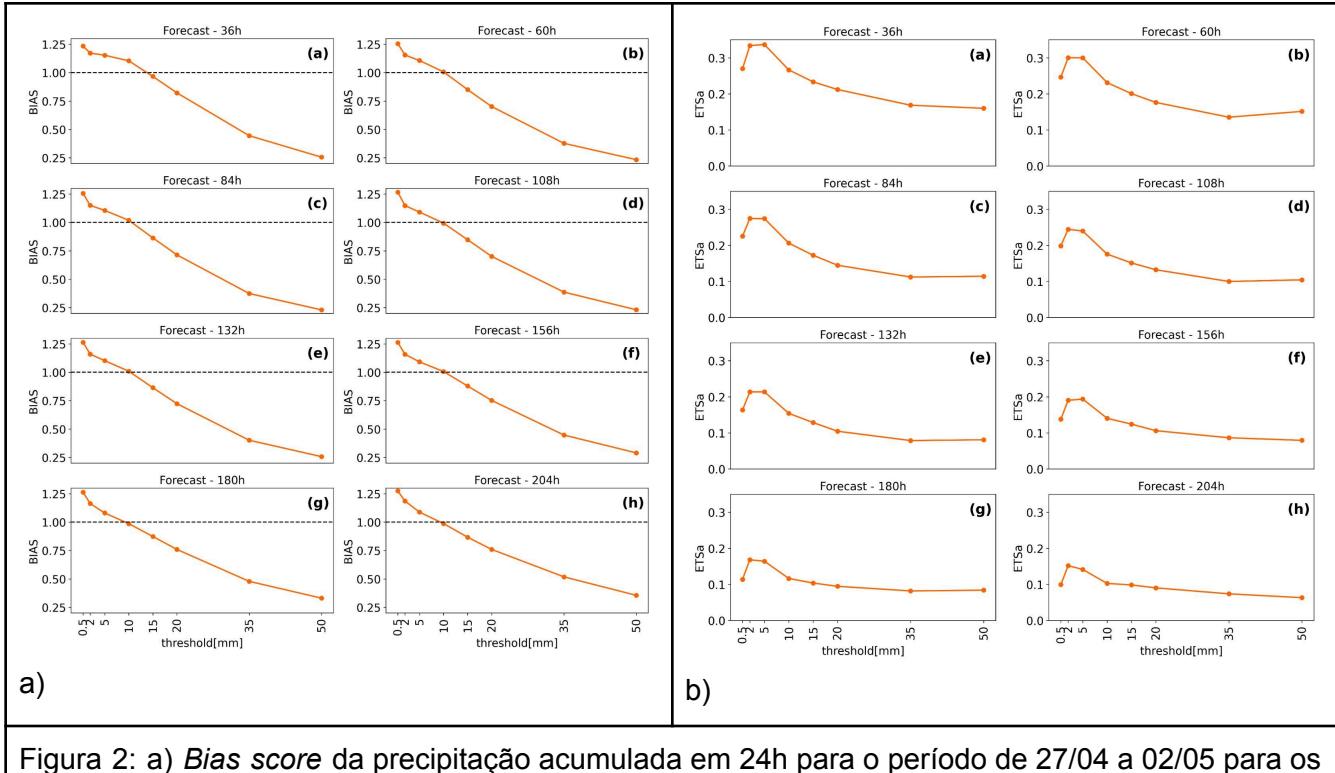
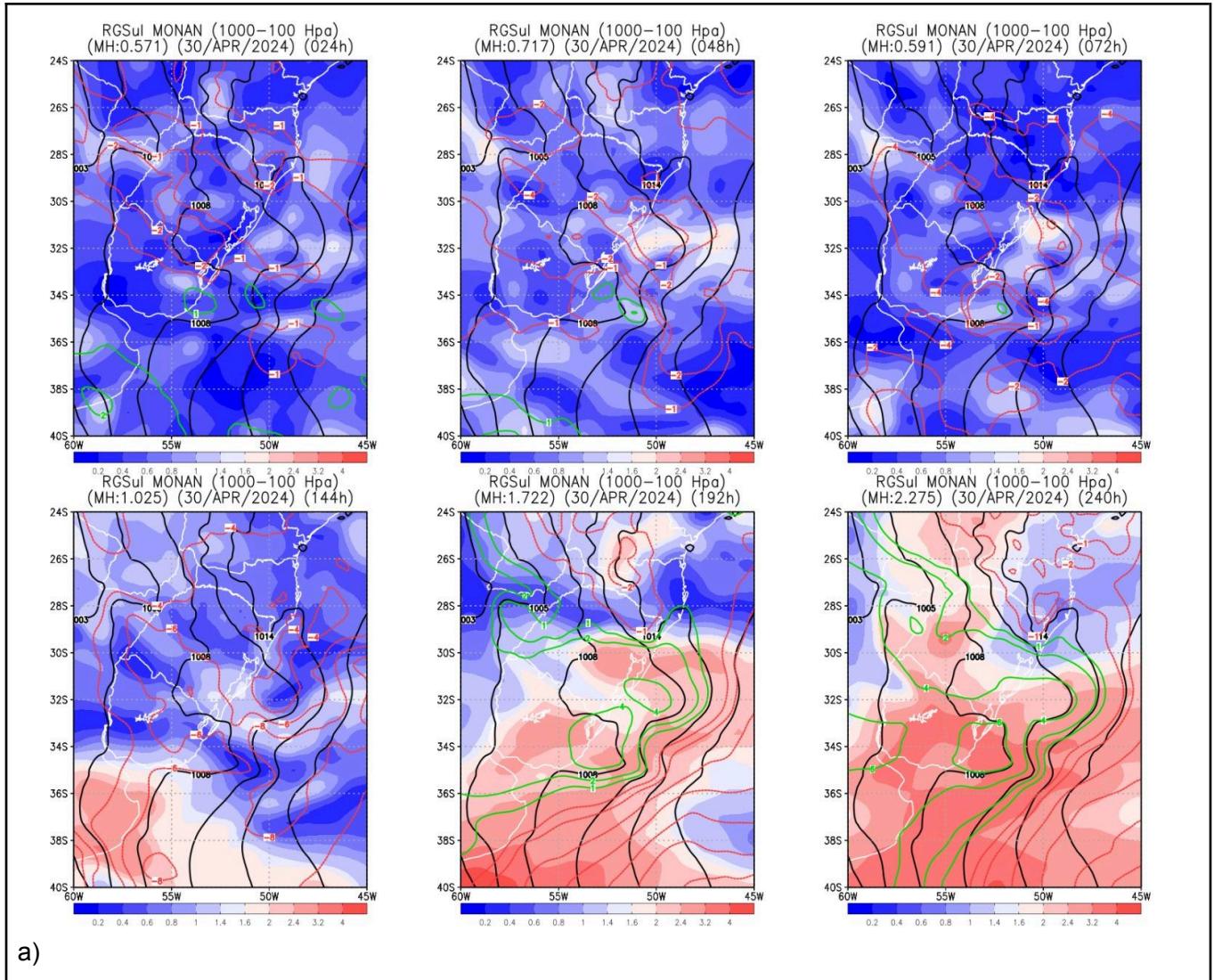
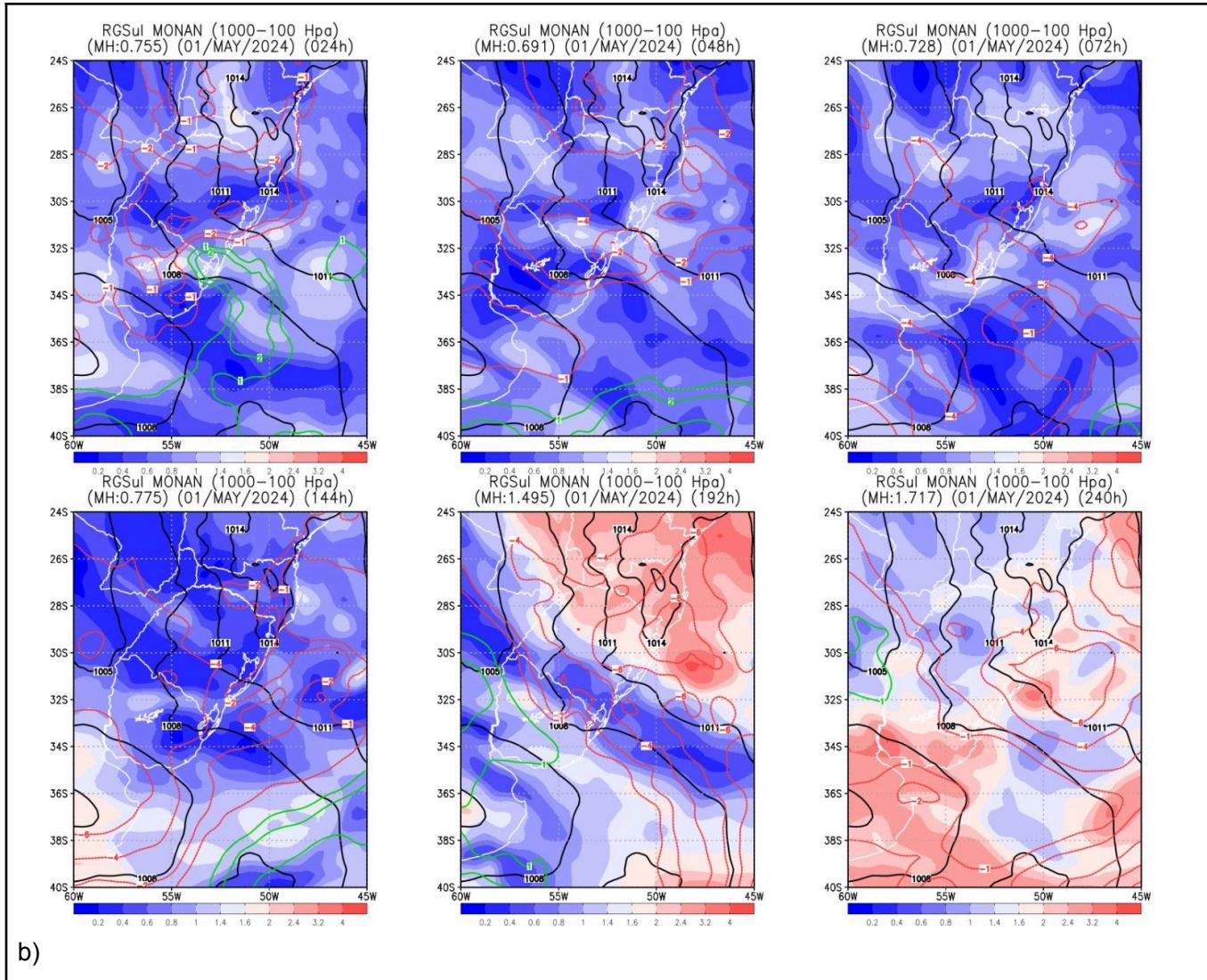


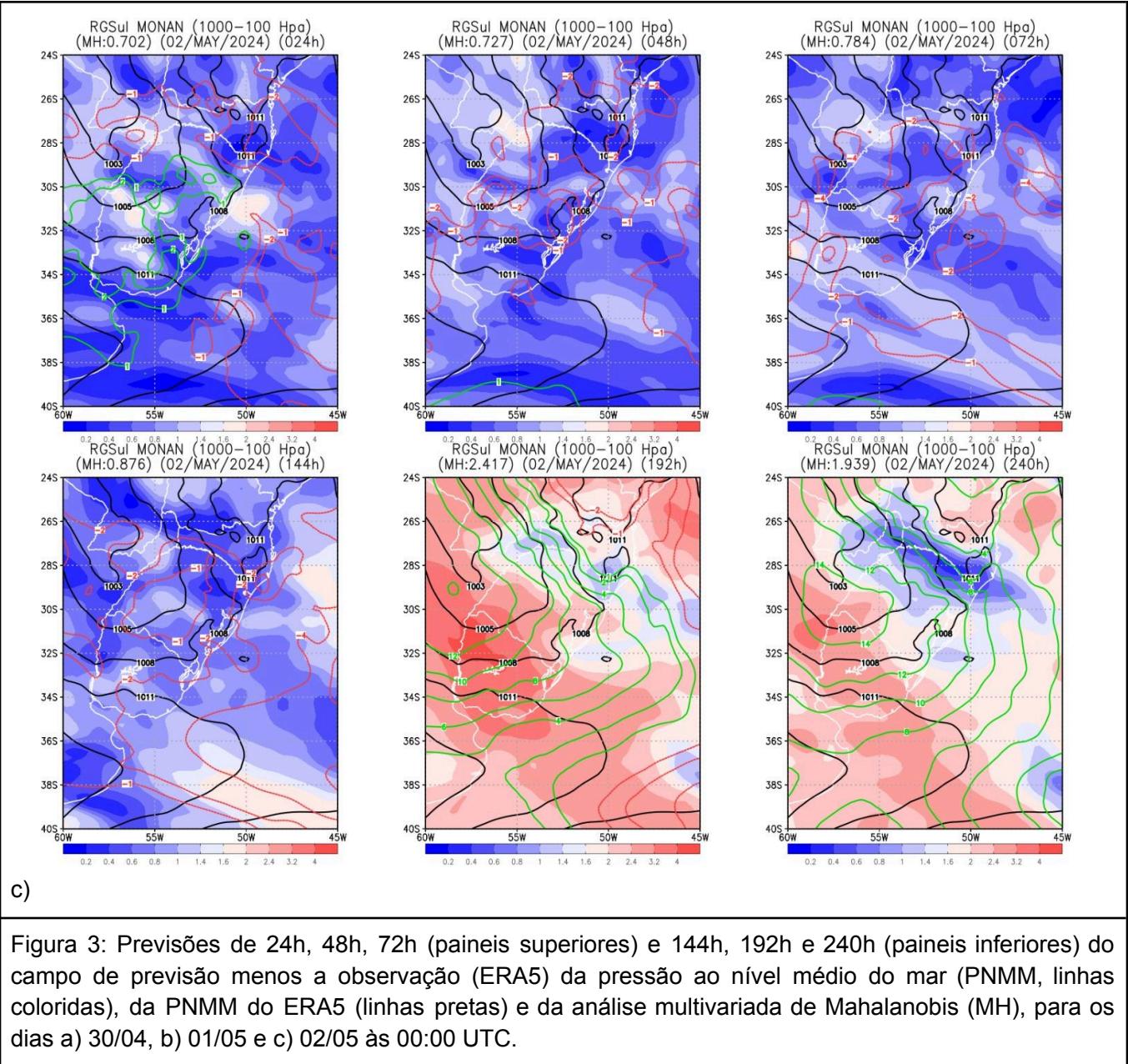
Figura 2: a) *Bias score* da precipitação acumulada em 24h para o período de 27/04 a 02/05 para os prazos de previsão de 36h a 204h. b) Idem que (a), exceto que para o *ETSa*. Os limiares considerados são de 0,5mm, 2mm, 5mm, 10mm, 15mm, 35mm e 50mm.

Análise Multivariada de Ordem 5 de Mahalanobis (MH) para o evento do RS

Na Figura 3 são mostradas as previsões de 24, 48, 72 (paineis superiores) e 144, 192 e 240h (paineis inferiores) do campo de previsão menos a observação (ERA5) da pressão ao nível médio do mar (PNMM, linhas coloridas), da PNMM do ERA5 (linhas pretas) e da análise multivariada de Mahalanobis (MH), sendo esta executada com cinco variáveis (Ordem 5), a citar: Altura geopotencial, vento zonal e meridional, temperatura e umidade específica; entre os níveis de 1000 a 100 hPa e para os dias 30/04, 01 e 02/05 às 00:00 UTC. A distância de MH indica o quanto o MONAN se distancia da observação, sendo que 0 é o ideal e quanto maior for este, pior é a qualidade da previsão. A distância MH não é normalizada e é sempre positiva.







Na Fig. 3b, em 00:00 UTC observa-se que na região de maior volume de chuva (regiões centrais do RS, não mostrado), a distância MH se manteve abaixo de 0,4, o que nesta situação indica uma ótima qualidade de previsão. Valores maiores são observados no extremo sul e no norte do Estado ($>0,8$). Com a evolução no tempo, gradualmente o MH aumentou, chegando a valores acima de 1 nestes mesmos setores (144h de previsão). No limite de previsão (acima de 192h), a distância aumentou expressivamente, principalmente no norte do RS, onde os valores de 2 já indicavam um grande erro na previsão.

Na Fig. 3c, observa-se o mesmo campo, porém para o dia 02 às 00:00 UTC quando a precipitação sobre o Estado estava no seu auge e concentrada no setor norte do RS. Na

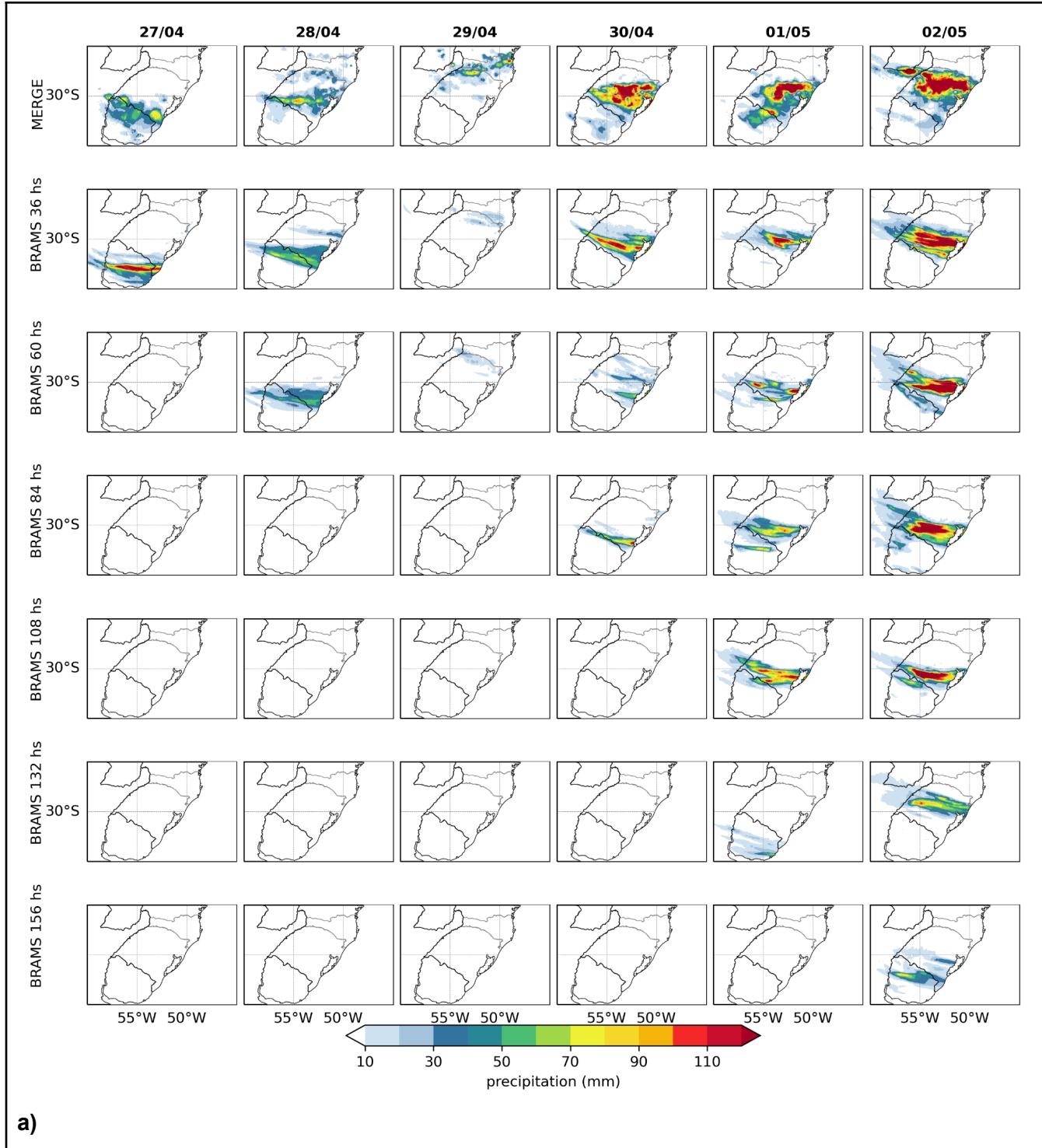
previsão de 00:00 UTC, observa-se um alto valor de MH (> 1) em alguns pontos do Estado, mas em especial no centro-norte, onde justamente havia mais chuva (não mostrado). Este valor reduziu em 48h e 72h, com valores em torno de 0, 4, indicando que a previsão estaria melhor se comparada à previsão de 24h. Esta tendência se reverteu e em 144h apresentou valores altos (> 1) novamente. Esta tendência manteve-se nos horários finais de previsão, onde o MH ficou acima de 1,4, com valores de até 4 em algumas partes do RS.

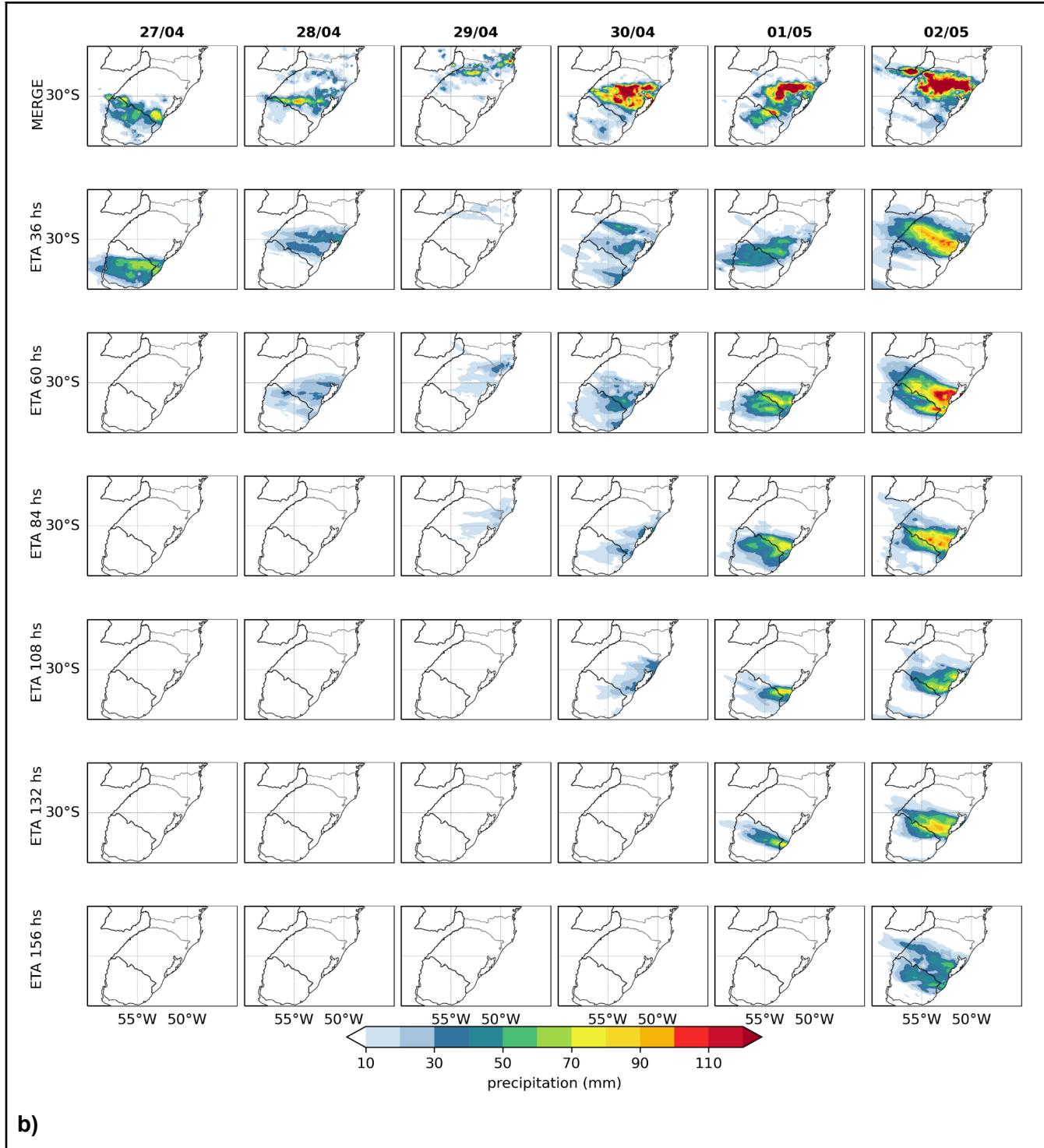
Em resumo, no dia anterior à chuva forte, o modelo teve uma boa qualidade da previsão, pelo menos até 144h. Porém, no dia seguinte, houve uma queda na qualidade desta, principalmente nos horários finais de previsão.

Previsões de precipitação dos modelos regionais do CPTEC para o evento do RS

Na Figura 4, são apresentadas as previsões de 36h até 156h dos modelos BRAMS (a) ETA (b) e WRF (c), executados operacionalmente no CPTEC. De modo geral, os modelos regionais subestimaram os volumes de precipitação, especialmente entre os dias 30/04 e 01/05. Entretanto, altos volumes de precipitação foram previstos pelo modelo BRAMS (Fig. 4a) em algumas áreas do RS, valores estes consistentes com os volumes de precipitação estimados pelo MERGE. Porém, o BRAMS deslocou os máximos de precipitação para o sul em relação ao posicionamento destes volumes observados. O modelo BRAMS manteve previsão de altos volumes de precipitação sobre o sul do RS até a previsão de 108h.

O modelo ETA (Fig. 4b) manteve uma tendência em subestimar a precipitação no período, especialmente nos dias de ocorrência dos maiores volumes de precipitação (entre 30/04 a 02/05). Somente em 60h de previsão, o ETA indicou volumes elevados (acima de 100mm) sobre o sul do RS. Embora também tenha subestimado a precipitação, o modelo WRF (Fig. 4c) indicou previsões de altos volumes de precipitação para os dias 01 e 02/05. A maior aderência entre a previsão do WRF e a precipitação estimada pelo MERGE em termos de localização dos máximos foi observada nas previsões para o dia 02/05. A previsão de 60h para o dia 02/05, apesar de pouco deslocada para sul, indicou altos volumes de precipitação. O modelo manteve a consistência em termos de localização ao longo do tempo de integração e indicou a localização dos máximos de precipitação ocorridos no dia 02/05 até 156h de previsão.





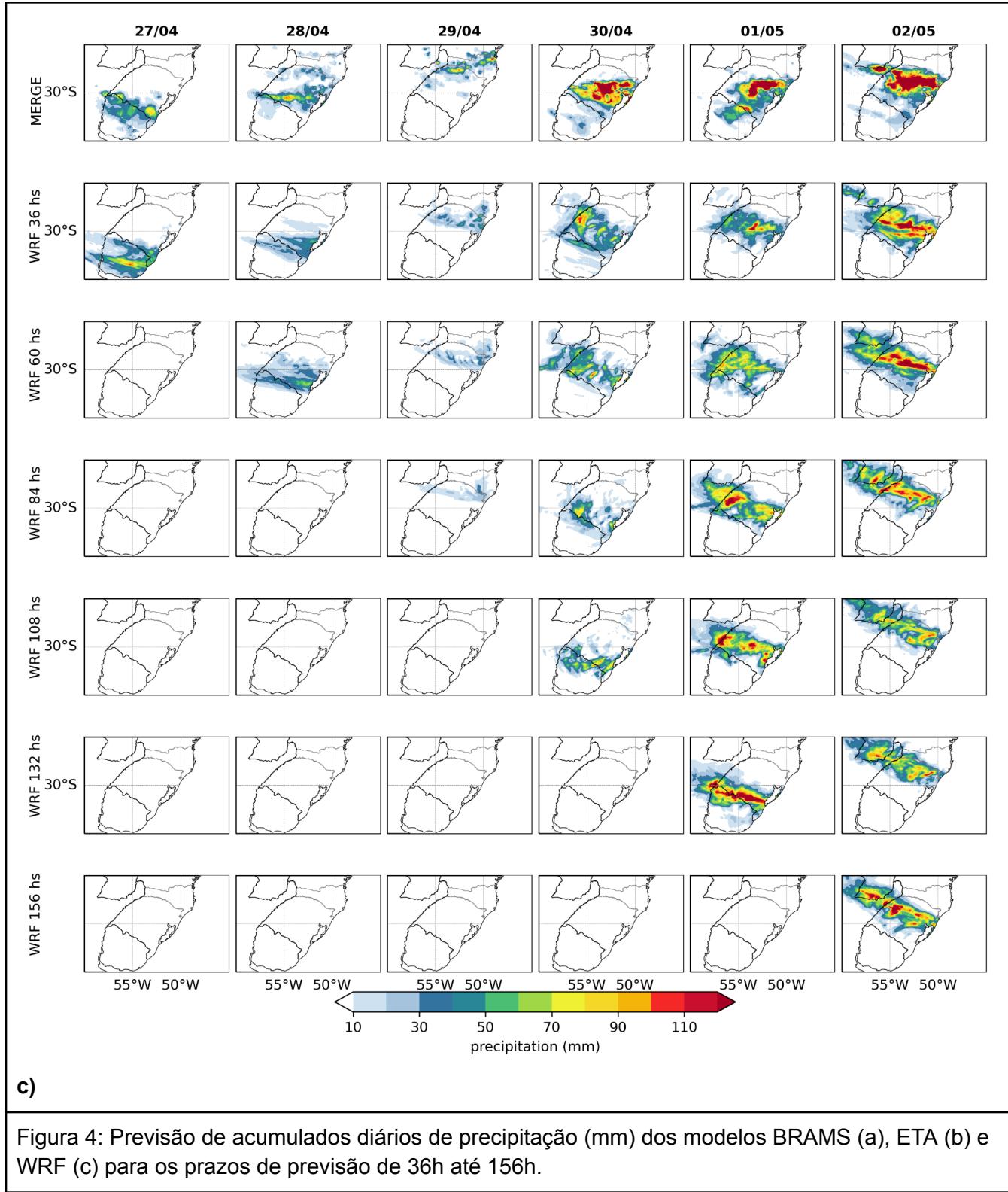


Figura 4: Previsão de acumulados diários de precipitação (mm) dos modelos BRAMS (a), ETA (b) e WRF (c) para os prazos de previsão de 36h até 156h.

Previsões de Precipitação do MONAN e ECMWF/IFS para o RS

Na Figura 5, são apresentadas as previsões de precipitação acumulada entre os dias 30/04 a 02/05 para os prazos de previsão de 36h até 84h dos modelos IFS (*Integrated Forecast System*) (Fig. 5a) do ECMWF, com resolução espacial de 4km, e do MONAN (Fig. 5b). O modelo IFS indicou previsões dos máximos de precipitação de até aproximadamente 370 mm. Entretanto, os máximos foram posicionados no oeste do RS, sendo o posicionamento inconsistente com o observado no campo de precipitação do MERGE. Por outro lado, o MONAN previu volumes de precipitação acima de 460 mm nas previsões de 36h, e de até 430 mm nas previsões de 60h e 108h. O posicionamento dos máximos de precipitação previstos pelo MONAN estiveram mais consistentes com o posicionamento indicado pelo MERGE.

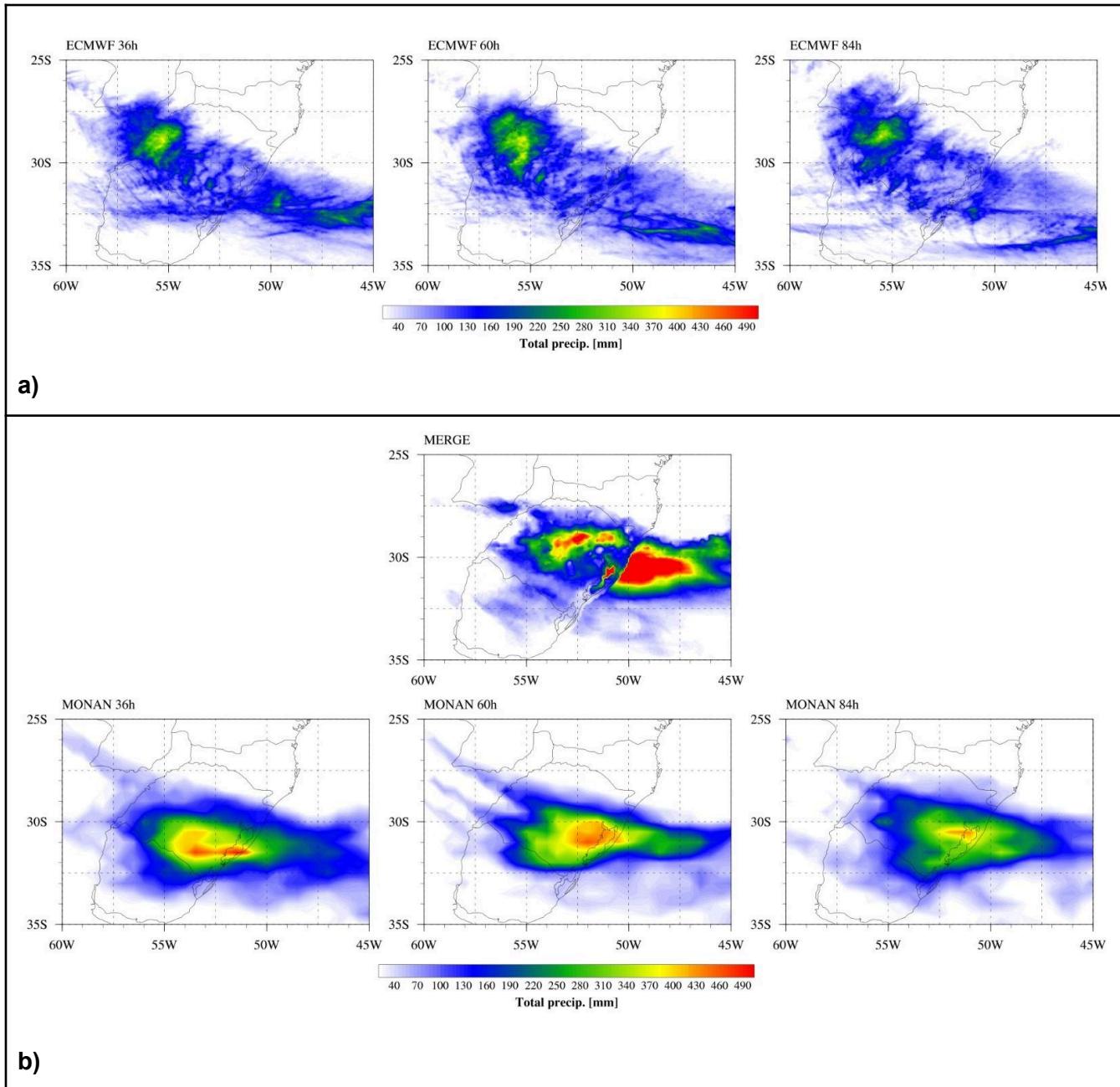
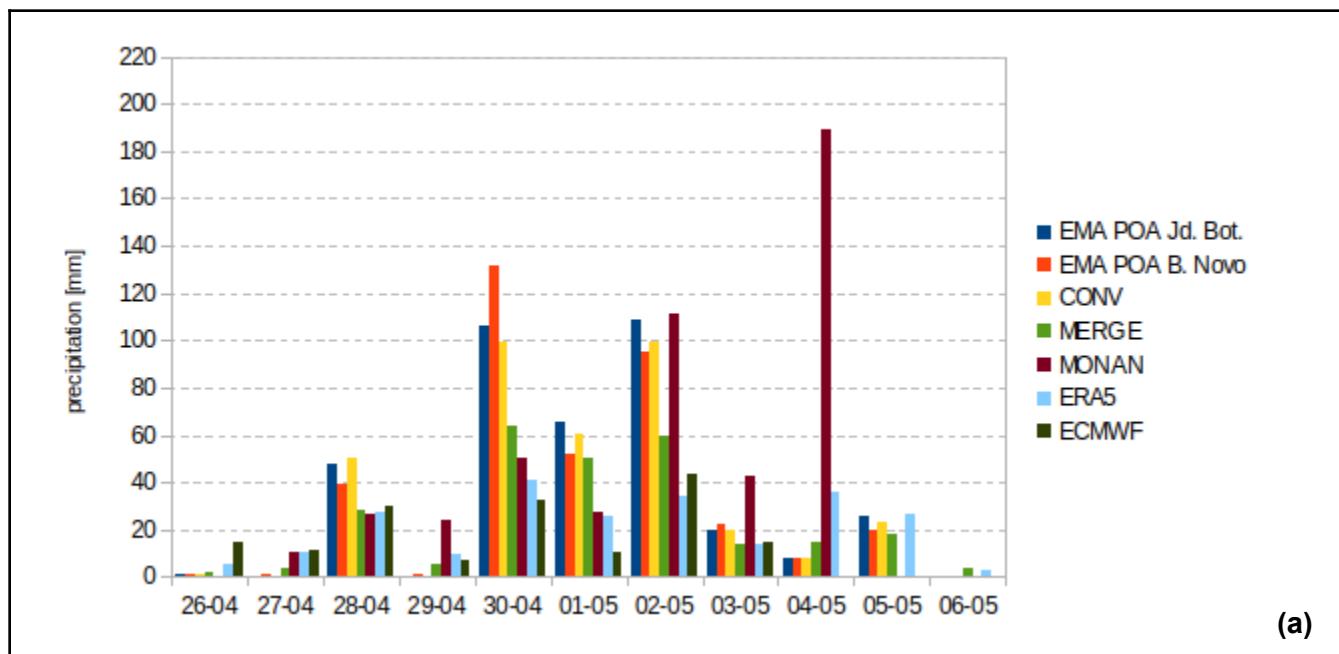


Figura 5: Previsão de acumulados de precipitação (mm) em 36, 60 e 84h dos modelos (a) IFS/ECMWF (4 km) e (b) MONAN (50 Km).

A Figura 6 apresenta os valores acumulados de precipitação observada, para as regiões de Porto Alegre (POA. Fig. 6a)) e Santa Maria (Fig. 6b), versus as análises do ERA5 e do MERGE e a previsão do MONAN de 36h. Em POA observa-se que houve dois máximos de precipitação: um no dia 30/04 e outro no dia 02/05, sendo que no primeiro o valor ficou em torno dos 130 mm (Bairro Belém Novo) e no segundo em torno de 110 mm (Jd. Botânico). Tanto MERGE quanto ERA5 não captaram este sinal forte, talvez por uma questão de resolução. Já o MONAN subestimou o observado (~30 a 60% dependendo do dia), apesar de ter tido uma acumulação expressiva no dia 01/05, muito acima do observado.

Em Santa Maria (Fig. 6b) no dia com máxima precipitação (01/05) o observado ficou bem acima (> 200 mm) em relação aos demais conjuntos de dados.



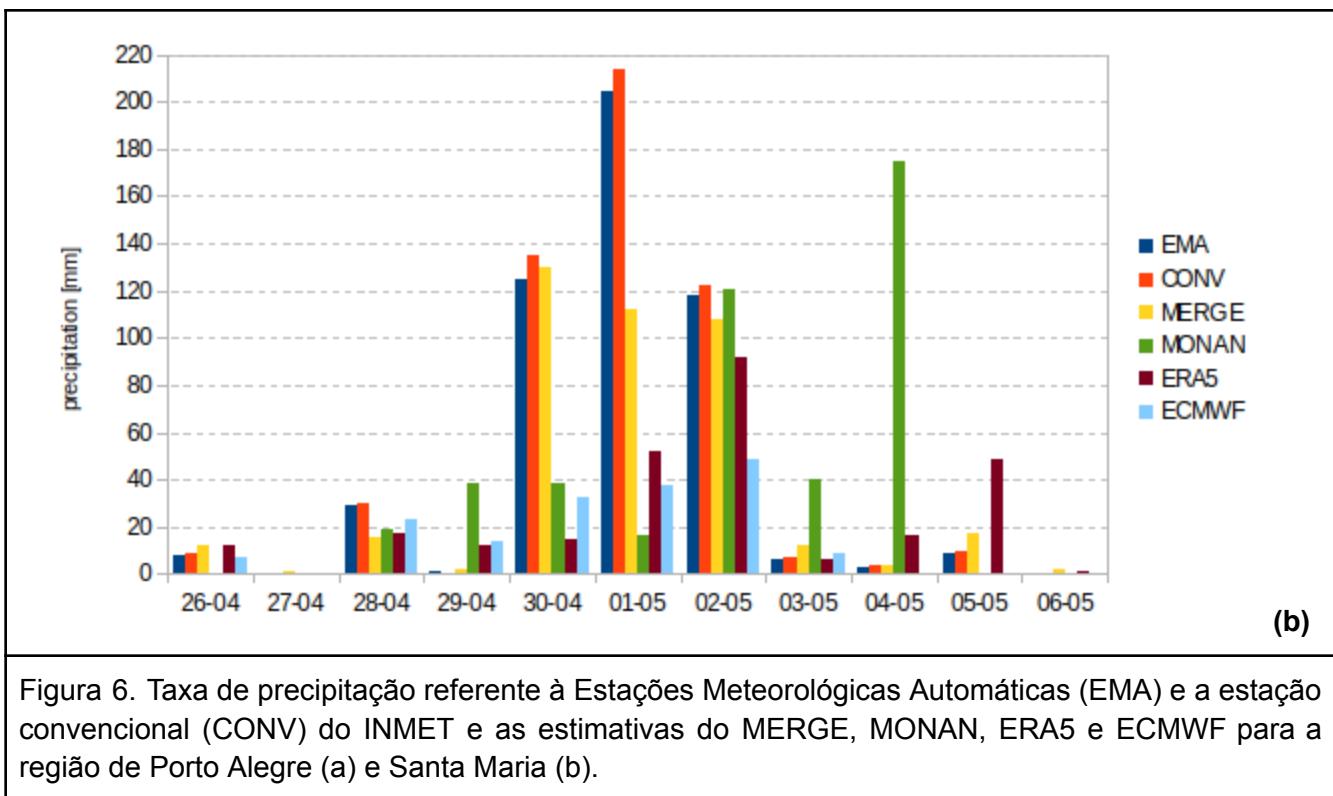


Figura 6. Taxa de precipitação referente à Estações Meteorológicas Automáticas (EMA) e a estação convencional (CONV) do INMET e as estimativas do MERGE, MONAN, ERA5 e ECMWF para a região de Porto Alegre (a) e Santa Maria (b).

Conclusão

No presente relatório foi focado o comportamento do MONAN em escala global, avaliando-se a Altura Geopotencial em 500 hPa e a precipitação. Com relação à primeira variável, há um menor *skill* sobre o Hemisfério Sul e um erro sistemático nas regiões tropicais. Já o campo de precipitação mostrou que o MONAN tende a acumular mais chuva no intervalo de 5 mm e que o ET_{Sa} cai, como esperado, com o avanço no prazo de integração.

Na segunda parte do relatório foi avaliado o desempenho do modelo para o caso extremo ocorrido no estado do Rio Grande do Sul entre os dias 27/04 e 02/05. Todos os modelos apresentaram uma baixa previsibilidade do evento, mostrando uma tendência em deslocar as chuvas para sul do esperado. Entre os modelos apresentados, o MONAN foi o que apresentou acumulados de 5 dias de chuva dentro de uma região próxima ao evento mais severo.

A análise multivariada de MH mostrou que o modelo, até pelo menos 144 h, teve um bom desempenho com valores em torno de 1 ou abaixo, apesar de haver pontualmente regiões onde este valor foi maior. A maior distância se deu em regiões fora do evento, em especial nas latitudes mais austrais.