

## **AVALIAÇÃO DOS PROGNÓSTICOS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO PARA PELOTAS-RS APRESENTADOS EM UMA SESSÃO DO PROJETO BJERKNES**

DIULIO PATRICK PEREIRA MACHADO<sup>1</sup>; VITOR CUSTÓDIO CASTILHO<sup>2</sup>; ENZO FERNANDES GADDO<sup>3</sup>; BEN HUR JR DA CRUZ FLORES<sup>4</sup>; LUCIANA BARROS PINTO<sup>5</sup>; LEONARDO CALVETTI<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – diuliosigne10@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – vitorcustodiocastilho42@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – enzofg249@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – benhur.junior@gmail.com

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas – luciana.pinto@ufpel.edu.br

<sup>6</sup>Universidade Federal de Pelotas – icalvetti@gmail.com

### **1. INTRODUÇÃO**

Em homenagem ao físico e meteorologista noruegues Vilhelm Bjerknes, responsável por introduzir o sistema de análise e previsão do tempo utilizado até hoje, o projeto Bjerknes tem como objetivo realizar a análise, discussão e previsão do tempo para o Sul do Brasil, com ênfase maior ao Rio Grande do Sul e a região de Pelotas e, promover a prática da previsão do tempo semanal, proporcionando aos alunos de graduação uma experiência operacional.

Na elaboração de um prognóstico das condições do tempo previstas, são avaliadas diferentes saídas e modelos numéricos de previsão do tempo, sendo de responsabilidade do profissional meteorologista, entender e interpretar esses resultados dos modelos e a condição atual da atmosfera, para elaboração de um prognóstico (previsão) confiável. Variáveis como precipitação, temperatura e velocidade do vento, estão entre as variáveis de maior importância em uma previsão do tempo, sendo de grande importância para o planejamento diário de vários setores da sociedade (WETTERDIENST, 2014; YANG, 2006; PEIXOTO, 2013).

Na atividade operacional de previsão do tempo, observa-se que os prognósticos apresentam incertezas, sendo de extrema importância a realização de avaliações destes modelos através de comparações das previsões com os dados observados (LEIVAS 2011).

Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar os impactos e o desempenho de modelos de previsão do tempo utilizados na apresentação do projeto Bjerknes.

### **2. METODOLOGIA**

Retornando as atividades presenciais desde setembro de 2022, o projeto Bjerknes deixou de realizar suas seções de modo remoto, passando a ter as análises e previsões todas as segundas-feiras às 13h da tarde na Faculdade de Meteorologia FaMet-UFPEL, sendo analisado para as previsões os modelos ECMWF *European Centre for Medium Range Weather Forecasts* (WETTERDIENST, 2014), GFS *Global Forecast System* (YANG, 2006) e ICON *Icosaedric Non-Hydrostatic* (PEIXOTO, 2013).

Para comparação dos prognósticos dos modelos de previsão do tempo com os dados observados, foram utilizados dados de temperatura mínima, máxima e

precipitação dos modelos ECMWF, GFS e ICON, referente a saída das 00:00 UTC do dia 03 de julho de 2023, gerando um prognóstico para 5 dias a frente, do qual foi apresentado na sessão do projeto no dia 03 de julho de 2023 para o município de Pelotas-RS (31.7569° S, 52.3344° W). A análise foi inicializada no dia 1, correspondendo à segunda-feira, dia 03, e finalizado no dia 5, correspondendo a sexta-feira dia 07 de julho. A comparação, foi realizada utilizando dados observados da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, localizada no Campus de Capão do Leão da Universidade Federal de Pelotas - UFPel (31.80° S, 52.41° W), para os mesmos dias do prognóstico dos modelos.

Foram avaliadas as variáveis de temperatura mínima, temperatura máxima e precipitação acumulada em 24h, sendo empregados índices estatísticos para comparação e avaliação de desempenho, sendo:

O erro médio absoluto (MAE) que foi empregado para a verificação das previsões de temperatura e precipitação, descrito pela equação (A).

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N \left( Y_K - O_K \right) \quad (A)$$

Onde  $Y_K$  e  $O_K$  o k-ésimo de N pares de previsões e observações.

Diferente do MAE, o erro médio quadrático (MSE) também é empregado na verificação de acurácia de modelos numéricos de previsão do tempo, sendo sensível a grandes erros (HALLAK e FILHO, 2011). Descrito pela equação (B), o MSE também foi usado para verificar a acurácia das previsões de temperatura e precipitação.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N \left( Y_K - O_K \right)^2 \quad (B)$$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os dias 01 e 02, os modelos previam tempo aberto sem possibilidade de chuva em Pelotas, o que acabou se confirmando. Com isso, tanto o MAE, quanto o MSE foram de 0, implicando em uma boa acurácia dos três modelos de previsão do tempo a curto prazo. Já no dia 03, o modelo ECMWF previa chuva fraca com acumulados de 1.5 mm, o modelo ICON também chuva fraca de 0.5 mm e o modelo GFS ainda previa tempo aberto em Pelotas, sem possibilidade de chuva, o que acabou não ocorrendo, onde foram observados 1,4 mm de chuva, implicando em um MAE e MSE quase perfeitos para o modelo ECMWF, embora o erro dos outros modelos fossem também pequenos, isso porque o acumulado de chuva foi bastante baixo, do qual pode ser observado na Figura 1.

Já o prognóstico referentes aos dias 4 e 5, correspondentes a quinta-feira e sexta-feira, 06 e 07 de julho de 2023, respectivamente, foi de precipitação mais significativa, onde foi observado 17,8 mm no dia 04 e 1,4 mm no dia 05,

implicando em uma previsão quase perfeita do modelo ICON, do qual previa para este dia 17 mm de chuva. Já os modelos ECMWF e GFS tiveram maiores erros, prevendo menos chuva do que o previsto, 7 mm e 5mm, respectivamente. Em contrapartida, no dia 05 o modelo ICON foi o que teve o maior erro, do qual previa 29 mm de chuva, e foram observados apenas 1.4 mm, implicando em valores altos de MAE e MSE, indicando uma acurácia ruim do modelo para esse dia. Já o modelo GFS teve melhor acurácia para o dia 05, do qual previu chuva de 6 mm, implicando em valores de MAE e MSE menores, como podem ser observados na Figura 1.

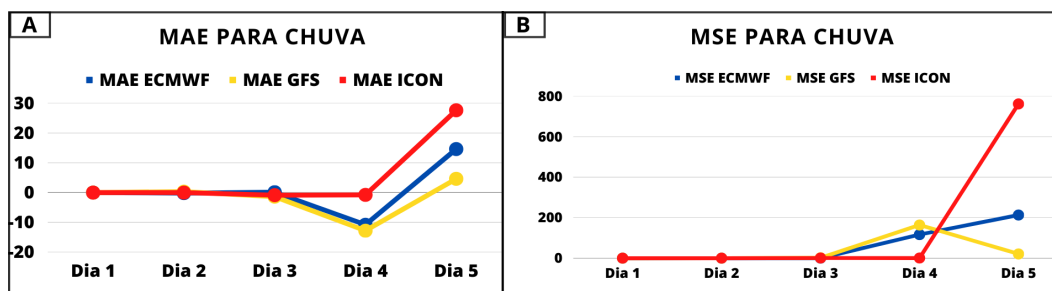


Figura 1: Em (A), Erro médio absoluto (MAE) da temperatura mínima e em (C) da temperatura máxima e em (B), Erro médio quadrático (MSE) da temperatura mínima e em (D) da temperatura máxima dos modelos ECMWF, GFS e ICON.

Quando observado o MAE e o MSE para a temperatura mínima e máxima (Figura 2), observa-se que os erros são de menor magnitude, quando comparado aos erros observados na precipitação, indicando uma acurácia melhor dos modelos para temperatura do que para precipitação. Fica bastante evidente nessa comparação que os modelos em grande parte dos dias de previsão superestimam a temperatura mínima, prevendo valores levemente maiores dos que são observados, embora no 5º dia de previsão o modelo GFS subestimou a temperatura mínima, prevendo valores menores dos quais foram observados.

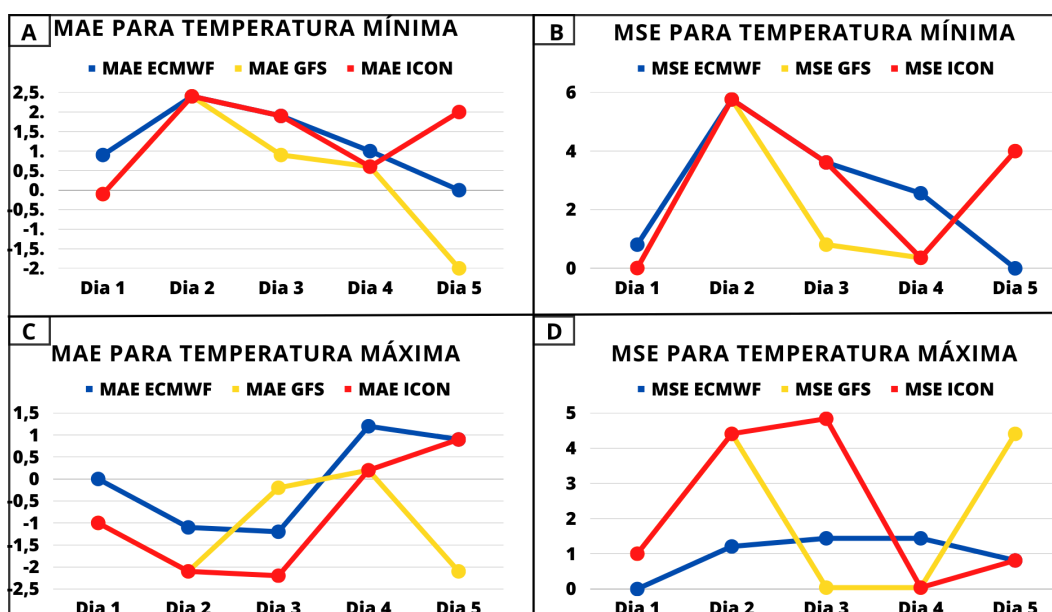


Figura 2: Em (A), Erro médio absoluto (MAE) da temperatura mínima e em (C) da temperatura máxima e em (B), Erro médio quadrático (MSE) da temperatura mínima e em (D) da temperatura máxima dos modelos ECMWF, GFS e ICON.

Já quando observa-se a temperatura máxima, é notório o contrário, onde os modelos subestimam a temperatura máxima em boa parte do período de previsão, prevendo valores menores dos quais foram observados.

Comparando-se os modelos, é notório que o modelo ECMWF tem uma variação de erro menor do que os outros modelos, que fica bastante evidente principalmente quando se observa o MSE para temperatura máxima, onde os valores variam de 0 a 1,5 para o modelo, mostrando uma acurácia relativamente boa, embora que, em alguns dias da previsão, o modelo GFS se mostrou melhor, tendo uma previsão de temperatura máxima quase perfeita entre o 3º e 4º dia de previsão.

#### 4. CONCLUSÕES

Conclui-se desta forma, que tanto o erro médio absoluto (MAE), quanto o erro médio quadrático (MSE), aumentam quanto mais afastado do dia da simulação inicial, apresentando maior acurácia dos modelos, principalmente nos três (03) primeiros dias de previsão. Para o prognóstico de chuva, observa-se que o modelo ICON teve melhor acurácia nos primeiros 4 dias de previsão, embora no 5º dia, tivesse a menor acurácia entre os modelos comparados. Já em relação a temperatura, destaca-se o modelo ECMWF do qual teve menor variação do MSE, principalmente para temperatura máxima. Fica evidente também na comparação, que os modelos de previsão costumam superestimar a temperatura mínima e subestimar a temperatura máxima.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HALLAK, R; PEREIRA F.J. Metodologia para análise de desempenho de simulações de sistemas convectivos na região metropolitana de São Paulo com o modelo ARPS: sensibilidade a variações com os esquemas de advecção e assimilação de dados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, p. 591-608, 2011.

PEIXOTO, P.S. Análise de discretizações e interpolações em malhas icosaédricas e aplicações em modelos de transporte semi-lagrangianos. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LEIVAS, J.F.; et al. Avaliação dos prognósticos de precipitação simulada pelo modelo BRAMS na Amazônia Ocidental na estação chuvosa. **Acta Amazônia**, Manaus, v.41, n.3, p. 347-354, 2011.

WETTERDIENST, D. ECMWF-European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. Berlin, Germany: Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure Retrieved, v. 29, 2014.

YANG, Fanglin et al. Evaluation of the NCEP Global Forecast System at the ARM SGP site. **Monthly Weather Review**, v. 134, n. 12, p. 3668-3690, 2006.