

## XIII Workshop Brasileiro de Micrometeorologia

# Destreza dos modelos WRF e GFS em contraste com perfis verticais de radiossonda

## Dexterity of WRF and GFS models in contrast with vertical radiosonde profiles

Diego Pereira Bezerra<sup>I</sup> , Julio Tota da Silva<sup>I</sup> , Antonio Marcos Delfino de Andrade<sup>I</sup> , Arthur Wendell Duarte Silva<sup>I</sup> , Ana Vitória Padilha Mendes<sup>I</sup> , Beatriz Freire Mota<sup>II</sup> , Raoni Aquino Silva de Santana<sup>I</sup> , Aurilene Barros dos Santos de Andrade<sup>II</sup> , Theomar Trindade de Araujo Tiburtino Neves<sup>III</sup> , David Roy Fitzjarrald<sup>IV</sup> 

<sup>I</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, PA, Brasil

<sup>II</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Belém, PA, Brasil

<sup>III</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

<sup>IV</sup> University at Albany, Albany, NY, Estados Unidos

## RESUMO

O estudo focou em avaliar a destreza dos modelos de previsão numérica usando dados de radiossondas, que consistem em coletar informações do perfil atmosférico, nas quais são fundamentais para a inicialização dos modelos. Para esta análise foram comparados dois modelos, GFS e WRF, com as observações das radiossondas. As observações utilizadas são das radiossondas lançadas do Aeroporto internacional de Santarém/PA - Maestro Wilson Fonseca. De um modo geral, ambos os modelos subestimaram as medições da temperatura do ar em níveis baixos, mas alinhou-se melhor em altitudes elevadas. Quanto ao vento zonal, o GFS superestimou em alguns níveis, enquanto o WRF teve discrepâncias menores. Os modelos enfrentam desafios em prever a temperatura do ar, sugerindo limitações na física e nas condições de contorno específicas da região. Ambos os modelos tiveram desempenho semelhante na previsão do vento zonal. O estudo destaca a importância de considerar tais discrepâncias na previsão meteorológica e como essas ferramentas podem ser ajustadas para melhorar suas previsões.

**Palavras-chave:** Radiossonda; WRF; Modelo

## ABSTRACT

The study focused on evaluating the dexterity of numerical prediction models using radiosonde data, which consists of collecting information from the atmospheric profile, which is fundamental for the initialization of the models. For this analysis, two models, GFS and WRF, were compared with radiosonde

observations. The observations used are from the radiosondes launched from the International Airport of Santarém/PA - Maestro Wilson Fonseca. Overall, both models underestimated air temperature measurements at low levels but aligned better at high altitudes. As for the zonal wind, the GFS overestimated at some levels, while the WRF had smaller discrepancies. The models face challenges in predicting air temperature, suggesting limitations in region-specific physics and boundary conditions. Both models had similar performance in the zonal wind forecast. The study highlights the importance of considering such discrepancies in weather forecasting and how these tools can be adjusted to improve their forecasts.

**Keywords:** Radiosonde; WRF; Model

## 1 INTRODUÇÃO

Os modelos numéricos de previsão meteorológica (NWP - *Numerical weather prediction*, do inglês) são amplamente utilizados para prever o estado futuro da atmosfera, dadas as condições iniciais determinadas a partir de observações. É possível prever uma série de fenômenos atmosféricos, como inundações e ciclones tropicais, que resultam em grandes impactos na sociedade (Warner, 2010). Uma forma de aprimorar a performance desses modelos é a utilização de informações medidas *in-situ*, como por exemplo, medidas fornecidas por radiossondas. Essas radiossondagens ou estações meteorológicas de altitude, fazem medições dos parâmetros da atmosfera de maneira contínua, perfilando verticalmente a atmosfera até uma altura de aproximadamente 30 km.

Segundo Ahrens (2021) a radiossonda consiste em um equipamento que comporta seis sensores meteorológicos e um rádio transmissor, junto de um balão inflado com gás hélio, que ao ascender na atmosfera registra informações dos parâmetros e transmite sinais de rádio para um receptor na superfície que converte para dados compreensíveis. Usualmente as sondagens são realizadas duas vezes ao dia, em horários correspondentes à meia noite (00 UTC) e ao meio dia (12 UTC) de Greenwich. As medidas aferidas do perfil da temperatura, umidade relativa do ar (superior) e do vento são informações básicas utilizadas para inicialização das análises dos modelos numéricos de previsão meteorológica funcional (Nash, 2015), ou seja, as

medições exatas da estrutura vertical da atmosfera são de exímia importância para todos os tipos de previsão.

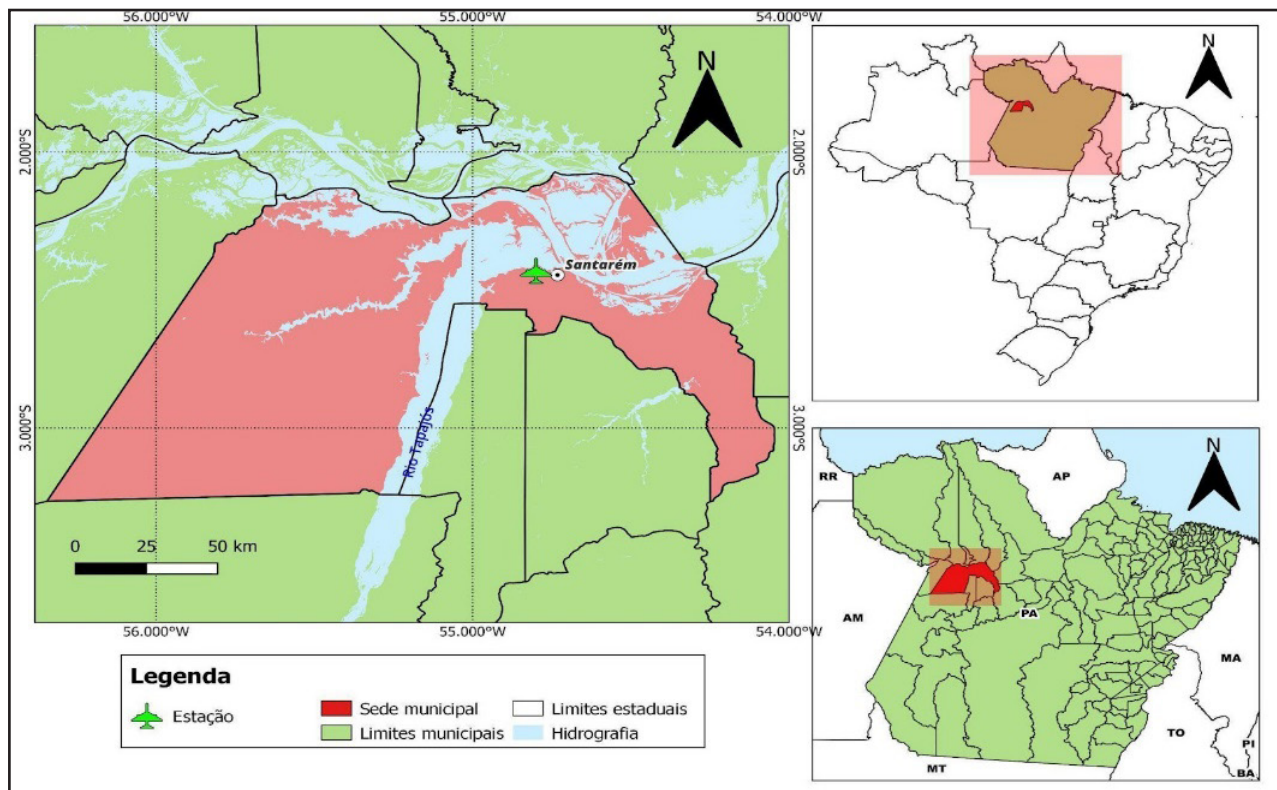
Diante disso, este estudo visa avaliar o perfil vertical de temperatura do ar e a estimativa do componente zonal do vento utilizando os modelos *Global Forecast System* (GFS) e *Weather Research & Forecasting Model* (WRF), juntamente com informações medidas por radiossonda.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Dados

As informações a serem empregadas para a presente pesquisa, são oriundas das radiossondagens lançadas no Aeroporto internacional de Santarém/PA - Maestro Wilson Fonseca (Figura 1) (latitude: -2.4241016, longitude: -54.7864538 e Altitude: 60 m). Para este estudo, será utilizado informações do perfil da temperatura do ar e da estimativa do componente zonal do vento, no período de maio de 2023, disponíveis no *Website* da Universidade de Wyoming (*University of Wyoming*: <https://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>) na sessão de "Ar superior" (*Upper Air*).

Figura 1 – Localização do sítio de estudo



Fonte: Autores/as (2024)

## 2.2 Tratamento dos dados

Os resultados dos modelos foram submetidos a um processo de tratamento, usando linguagem de programação *Shell* e um roteiro *GrADS Script* (GS). Esse procedimento envolveu a extração dos dados de interesse e posteriormente sua padronização. Para os dados de radiossonda, a programação em *Python*, versão 3.10.11, foi empregada. Essa linguagem possibilitou a automatização das etapas, facilitando a obtenção direta dos dados da sessão de “Ar superior” fazendo uso da biblioteca *Siphon* 0.8. As bibliotecas a seguir foram utilizadas para tratamento dos dados e elaboração das figuras: *Pandas*, *Matplotlib*, *Seaborn* e *Math* para manipulação, *Matplotlib* e *Seaborn* para criação de gráficos e *Math* para operações matemáticas.

### 2.3 Análise estatística

Para avaliar os perfis de temperatura do ar e vento zonal, tanto das radiossondas quanto dos modelos, empregou-se o índice estatístico conhecido como *Viés* ou *Bias*, com o intuito de quantificar erros sistemáticos. Ele é calculado por meio da soma das diferenças entre os valores estimados (X) e os observados (Y) dividido por 'N' (número de observações), conforme ilustrado na equação 1 a seguir:

$$Viés (v) = \frac{\sum_{i=1}^N (X - Y)}{N} \quad (1)$$

A aplicação deste índice é fundamental para compreender as tendências de discrepância entre as previsões geradas pelos modelos e as medições obtidas das radiossondas.

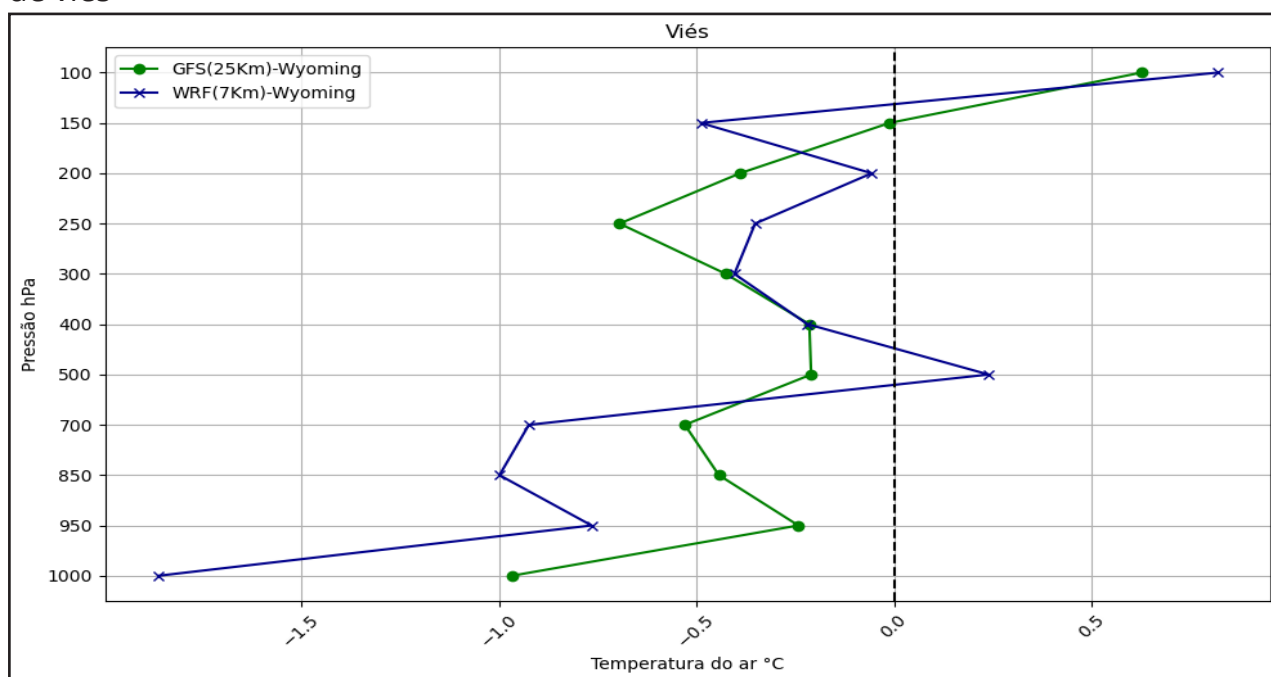
## 3 RESULTADO E DISCUSSÕES

Ao comparar o perfil vertical de temperatura do ar do modelo GFS com a registrada pela radiossonda, evidenciado em cor verde, algumas discrepâncias se tornam aparentes (Figura 1). Nota-se que o modelo subestimou as observações nos níveis de 1000 a 200 hPa, com uma variação na temperatura do ar de -0,96 a -0,38 °C. Entretanto, a partir do ponto de 150 hPa, o modelo começa a se alinhar com o perfil observado, embora ainda apresente uma superestimativa no último nível, em torno de 0,60 °C. Além disso, o perfil destacado em azul, ilustra o viés entre o modelo WRF e a radiossonda, no qual indicou subestimativa nas observações nos intervalos de 1000-700 hPa, e oscilações de -1,8 a -0,9 °C. Contudo, nos níveis de 500 e 100 hPa, se percebe uma superestima do WRF de 0,23 e 0,81 °C, respectivamente.

Os maiores erros médios foram encontrados próximo à superfície, com o WRF apresentando as maiores subestimativas. Essa subestimativa pode estar associada à física do modelo juntamente com condição de contorno da região, que influenciam diretamente nesta variável. Nesse sentido, Parra (2023) ao avaliar quatro

parametrizações de superfície mostrou que as discrepâncias entre os valores simulados pelo modelo e os observados podem ser atribuídas a vários fatores, incluindo as parametrizações do modelo, as limitações de resolução e a complexidade inerente à representação precisa dos processos atmosféricos.

Figura 2 – Perfis da temperatura do ar para mês de maio de 2023, diferença entre o WRF-RS (linha azul) e GFS-RS (linha verde) com as medições das radiossondas, casos de viés

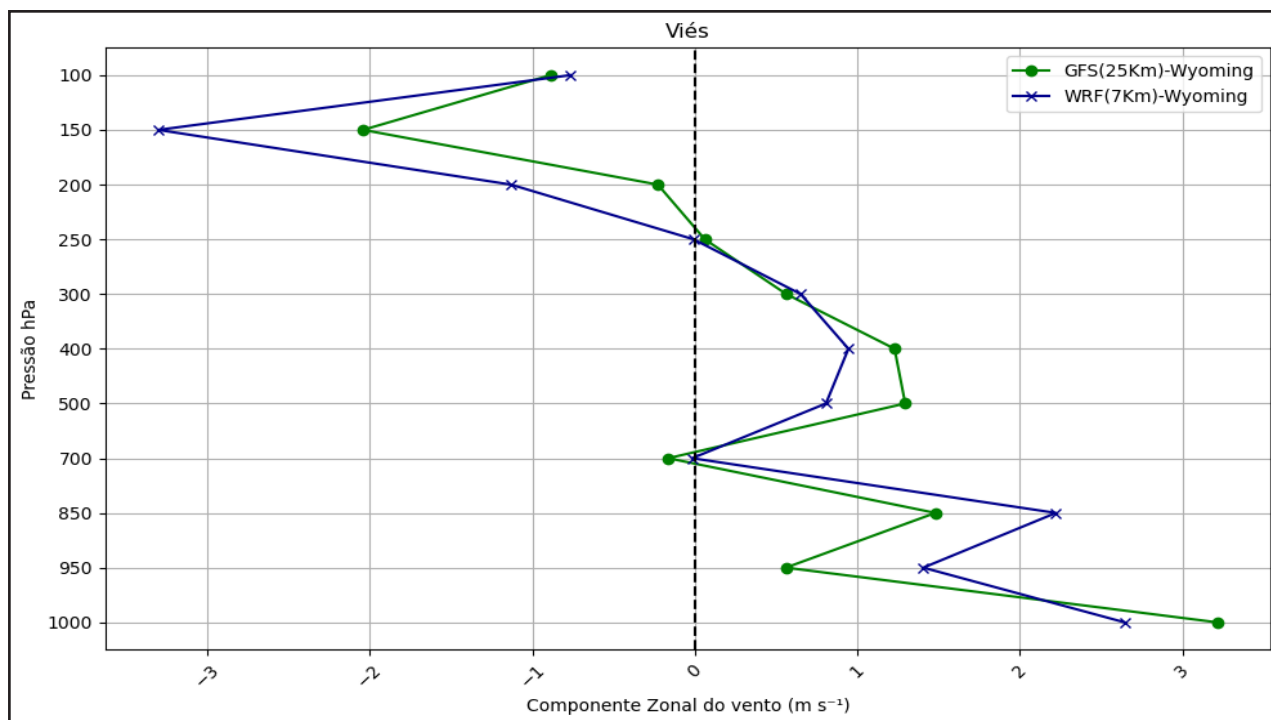


Fonte: Autores/as (2024)

Com o desígnio de examinar componente zonal do vento ( $u$ ), é perceptível que o modelo GFS (cor verde) superestima a variável nos níveis de 1000 a 850 hPa, e de 500 a 300 hPa, com oscilações de 3,2 a 0,5  $m s^{-1}$ , mostrando que o modelo é sensível e consegue assimilar muito bem as observações, apesar da discrepância com o observado (Figura 2). O segundo perfil, com modelo WRF na cor azul, possui características que se diferenciam apenas nos valores médios nos níveis mais inferiores, de 2,6 a 2,2  $m s^{-1}$  e nos superiores, esta variação foi de 0,9 a 0,6  $m s^{-1}$ . Esta redução nas discrepâncias está associada ao tamanho da grade do modelo (7x7 km), diferente do GFS que possui aproximadamente o triplo do WRF. Pois de acordo com Stensrud (2007) à medida que

o número de pontos de grade aumentam as dimensões diminuem, assim as variáveis do modelo são representadas com maior precisão.

Figura 3 – Perfis do componente zonal do vento para mês de maio de 2023, diferença entre o WRF-RS (linha azul) e GFS-RS (linha verde) com as medições das radiossondas, casos de viés



Fonte: Autores/as (2024)

## 4 CONCLUSÃO

As análises dos perfis de temperatura do ar para diferenças dos modelos observados foram em sua maior parte, subestimadas entre -1,8 a -0,1 °C evidenciando que a física ou condição de contorno não são tão eficientes para a área estudada. A componente zonal do vento, teve valores superestimados entre 3,2 a 0,5 m s<sup>-1</sup>, indicando que ambos os modelos, têm uma previsão semelhante para esta variável.

## REFERÊNCIAS

AHRENS, C. D. **Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate and the Environment**. 13 ed. Boston: Cengage Learning, 2021.

NASH, J. **Measurement of upper-air pressure, temperature and humidity**. World Meteorological Organization, 2015. IOM Report-No 121. Disponível em: [https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice\\_display&id=18528](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=18528). Acesso em: 14 ago. 2023.

PARRA, R. Assessment of Land Surface Schemes from the WRF-Chem for Atmospheric Modeling in the Andean Region of Ecuador. **Atmosphere**, v. 14, n. 3, p. 1-24, mar 2023.

PRASAD, V. S.; JOHNY, C. J.; MALO, P.; SINGH, S. K.; RAJAGOPAL, E. N. Global retrospective analysis using NGFS for the period 2000-2011. **Current Science**, v. 112, n. 2, p. 370-377, jan. 2017.

RAJAGOPAL, E. N.; GUPTA, M. D.; MOHANDAS, S.; PRASAD, V. S.; GEORGE, J. P.; IYENGAR, G. R.; KUMAR, D. P. **Implementation of T254L64 Global Forecast System at NCMRWF. NCMRWF Technical Report**, pp. 1-42, 2007. Disponível em: [https://www.ncmrwf.gov.in/gfs\\_report\\_final-t264.pdf](https://www.ncmrwf.gov.in/gfs_report_final-t264.pdf). Acesso em: 13 ago 2023.

SKAMAROCK, W. C.; KLEMP, J. B.; DUDHIA, J.; GILL, D. O.; BARKER, D.; DUDA, M. G.; HUANG, X. Y.; WANG, W.; POWERS, J. G. **A Description of the Advanced Research WRF Version 3**. 2008. (No. NCAR/TN-475+STR). University Corporation for Atmospheric Research. <http://dx.doi.org/10.5065/D68S4MVH>

STENSRUD, D. J. **Parameterization Schemes: Keys to Understanding Numerical Weather Prediction Models**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511812590>.

WARNER, T. T. **Numerical weather and climate prediction**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511763243>.

## Contribuições de Autoria

### 1 – Diego Pereira Bezerra

Graduando no curso de Ciências Atmosféricas na Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA

<https://orcid.org/0000-0003-2440-7465> • [stilmor44@gmail.com](mailto:stilmor44@gmail.com)

Contribuição: conceituação, metodologia, curadoria de dados, análise formal, investigação, escrita – primeira redação, escrita – revisão e edição, visualização de dados (infográficos, fluxogramas, tabelas, gráficos)

### 2 – Julio Tota da Silva

Professor adjunto do curso de graduação em Ciências Atmosféricas da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA

<https://orcid.org/0000-0003-4093-6586> • [totaju@gmail.com](mailto:totaju@gmail.com)

Contribuição: conceituação, metodologia, curadoria de dados, análise formal, investigação, escrita – revisão e edição, visualização de dados (infográficos, fluxogramas, tabelas, gráficos), supervisão, administração do projeto



### **3 – Antonio Marcos Delfino de Andrade**

Professor substituto do curso de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA

<https://orcid.org/0000-0002-2075-7890> • [antonio.andrade@ufopa.edu.br](mailto:antonio.andrade@ufopa.edu.br)

Contribuição: conceituação, metodologia, curadoria de dados, análise formal, investigação, escrita – revisão e edição, visualização de dados (infográficos, fluxogramas, tabelas, gráficos), supervisão, administração do projeto

### **4 – Arthur Wendell Duarte Silva**

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Meteorologia no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

<https://orcid.org/0000-0002-1746-3832> • [arthurweendell@gmail.com](mailto:arthurweendell@gmail.com)

Contribuição: metodologia, curadoria de dados

### **5 – Ana Vitória Padilha Mendes**

Graduada no curso de Bacharelado em Ciências Atmosféricas pela Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA

<https://orcid.org/0000-0002-0569-4297> • [anamendofc@gmail.com](mailto:anamendofc@gmail.com)

Contribuição: metodologia, escrita – primeira redação, visualização de dados (infográficos, fluxogramas, tabelas, gráficos)

### **6 – Beatriz Freire Mota**

Estudante de Pós Graduação na área de comportamento da turbulência atmosférica e camada limite na Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

<https://orcid.org/0000-0002-3934-9168> • [beatrizfreiremota@gmail.com](mailto:beatrizfreiremota@gmail.com)

Contribuição: metodologia, escrita – primeira redação

### **7 – Raoni Aquino Silva de Santana**

Professor adjunto do curso de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA

<https://orcid.org/0000-0001-9522-6608> • [raoniass@gmail.com](mailto:raoniass@gmail.com)

Contribuição: metodologia, investigação, escrita – primeira redação

### **8 – Aurilene Barros dos Santos de Andrade**

Mestrado em Clima e Ambiente pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA

<https://orcid.org/0000-0002-6868-4942> • [leneinpa@gmail.com](mailto:leneinpa@gmail.com)

Contribuição: conceituação, metodologia, análise formal, investigação, escrita – revisão e edição

### **9 – Theomar Trindade de Araujo Tiburtino Neves**

Graduação em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, mestrado e doutorado pela Universidade Federal de Alagoas - UFAL

<https://orcid.org/0000-0002-5908-7660> • [theomar.neves@ufopa.edu.br](mailto:theomar.neves@ufopa.edu.br)

Contribuição: metodologia, investigação, escrita – revisão e edição

### **10 – David Roy Fitzjarrald**

PhD em Ciências Ambientais, University of Virginia, Charlottesville

<https://orcid.org/0000-0002-3767-8558> • [dfitzjarrald@albany.edu](mailto:dfitzjarrald@albany.edu)

Contribuição: conceituação, metodologia, investigação

## Como citar este artigo

BEZERRA, D. P.; SILVA, J. T. da; ANDRADE, A. M. D. de; SILVA, A. W. D.; MENDES, A. V. P.; MOTA, B. F.; SANTANA, R. A. S. de; ANDRADE, A. B. dos S. de; NEVES, T. T. de A. T.; FITZJARRALD, D. R. Destreza dos modelos WRF e GFS em contraste com perfis verticais de radiossonda. **Ciência e Natura**, v. 46, esp. 2, e87743, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X87743>.