

## PREVISÃO QUANTITATIVA DE PRECIPITAÇÃO USANDO PYSTEPS NO SUL DO BRASIL

**KEROLLYN ANDRZEJEWSKI**<sup>1</sup>; **LEONARDO CALVETTI**<sup>2</sup>; **TIAGO BURIOL**<sup>3</sup>;  
**CESAR BENETI**<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – [lcalvetti@gmail.com](mailto:lcalvetti@gmail.com)*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Santa Maria – [tiagoburiol@gmail.com](mailto:tiagoburiol@gmail.com)*

<sup>4</sup>*Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná – [cesar.beneti@simepar.br](mailto:cesar.beneti@simepar.br)*

### 1. INTRODUÇÃO

A previsão de precipitação de curto prazo entre minutos até 12 horas está ganhando cada vez mais importância para fins econômicos e sociais, de modo que os alertas de enchentes, inundações repentinas, gerenciamento de drenagem urbana e alertas de descargas elétricas atmosféricas para o setor de energia elétrica sejam mantidos a partir de uma boa previsão de curto prazo (ou seja, um nowcast) de chuva intensa. Como a previsão numérica do tempo depende de esperar alguns minutos para reunir todos os dados necessários e, em seguida, produzir uma análise correta no tempo inicial para poder gerar uma previsão, como resultado, eles não podem atender às necessidades de previsão muito frequentes dos dias atuais (FABRY, 2015).

Os radares meteorológicos são ideais para fornecer os dados de entrada para Nowcasting de precipitação, porque é o único instrumento que fornece dados de refletividade com alta resolução espaço-temporal e permite uma visualização 3-D de eventos atmosféricos. Essas vantagens contribuem muito para a detecção de eventos atmosféricos extremos, previsão de suporte e serviços de alerta (WANG et al., 2013).

Um framework baseado em Python foi desenvolvido recentemente pela comunidade de radares meteorológicos e Nowcasting, chamada PySTEPS ([pysteps.github.io](https://pysteps.github.io)), que visa fornecer algoritmos para fluxo óptico, detecção e rastreamento de tempestades e geração de ensembles (PULKKINEN et al., 2019). O foco do PySTEPS é ser uma biblioteca de software modular onde todos os componentes são modulares, para desenvolver e testar novos métodos de previsão de chuva, bem como uma ferramenta para meteorologia operacional, permitindo facilmente a comparação de diferentes algoritmos de nowcast ou a execução de nowcast por *ensembles* multimodelos.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é testar dois métodos de nowcast disponíveis no algoritmo do PySTEPS para um caso de um sistema convectivo ocorrido em 26 de fevereiro de 2023 no oeste do estado do Paraná e verificar sua acurácia e o tempo de processamento.

## 2. METODOLOGIA

Para este trabalho foram utilizados dados do fator de refletividade do radar meteorológico localizado na cidade de Cascavel ( $24^{\circ} 57' 20''$  Sul,  $53^{\circ} 27' 19''$  Oeste) no estado do Paraná, este sendo um radar banda S de dupla polarização operado pelo Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR). Os dados estão no formato netCDF e para o seu processamento e testes dos algoritmos foi utilizado a linguagem de programação Python.

Inicialmente, empregando a biblioteca PyArt ([arm-doe.github.io/pyart/](https://arm-doe.github.io/pyart/)) realizou-se uma conversão dos dados para um arquivo grid 2-D para posteriormente serem utilizados no PySTEPS, em seguida, aplicou-se a relação Z-R de Marshall e Palmer (Equação 1) para transformar os dados do radar na forma de fator de refletividade para intensidade de precipitação.

$$Z = aR^b \quad (1)$$

Onde  $Z$  é o fator de refletividade em  $\text{mm}^6 \text{m}^{-3}$  registrado pelo radar,  $R$  é a intensidade de precipitação registrado pelo pluviômetro em  $\text{mm h}^{-1}$  e,  $a$  e  $b$  são os coeficientes da relação Z-R, sendo neste caso  $a=200$  e  $b=1,6$ .

No PySTEPS, os dois métodos aplicados foram o método de fluxo óptico e o método de extrapolação de nowcast, para isso foram aplicadas as aproximações de Lucas-Kanade (LK), onde as feições locais são rastreadas em uma sequência de duas ou mais imagens de radar, e o Rastreamento de tempestades por radar dinâmico e adaptativo (DARTS) que usa uma abordagem espectral para o fluxo óptico que se baseia na transformada discreta de Fourier (DFT) de uma sequência temporal de campos de radar, que necessita de uma sequência maior de campos de radar para estimar o movimento.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a manipulação dos dados de radar foram aplicados os métodos de fluxo óptico LK e DARTS do PySTEPS com os comandos “*motion.darts()*” e “*motion.lucaskanade()*”.

O tempo de resposta do método LK foi em média 14 segundos, já na abordagem DARTS o resultado demorou em média 34 segundos, essa diferença provavelmente se dá pelo fato da segunda abordagem citada necessitar de mais campos de radar para estimar o movimento, enquanto que o primeiro necessita de ao menos duas. Os dois métodos estimaram bem o campo de movimento, com a abordagem LK estimando um pouco pior o movimento do sistema quando em comparação com o DARTS (Figura 1).

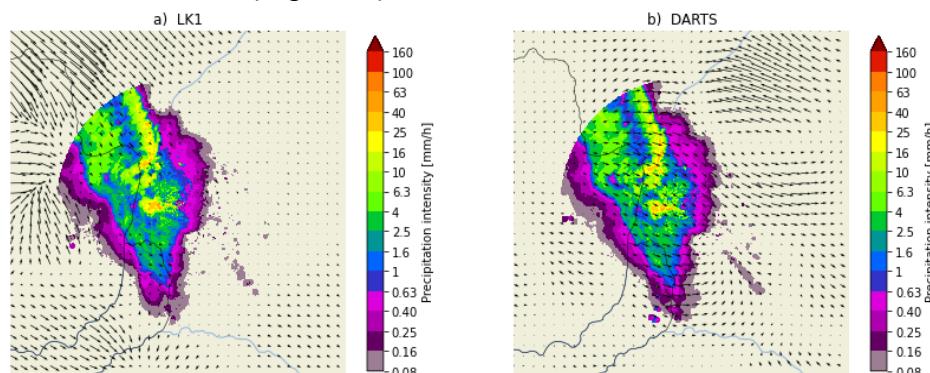


Figura 1- Campo de movimento do sistema convectivo do dia 26 de fevereiro de 2023 (a) da abordagem LK e (b) da abordagem DARTS.

Na segunda etapa foi empregado o método de extração com o comando `"nowcasts.get_method('extrapolation')"`. Este método utiliza a estimativa do campo de movimento usando as abordagens LK e DARTS, com o campo mais recente de precipitação sendo projetado ao longo deste campo de movimento para produzir uma previsão de extração.

O sistema convectivo atuante no dia 26 de fevereiro de 2023 ocasionou precipitação acima de  $20 \text{ mm h}^{-1}$ , causando diversos alagamentos em algumas cidades da região oeste do estado. O método de extração com a abordagem LK (Figura 2b) reduziu levemente a área do sistema e subestimou a chuva, principalmente nas previsões para 50 e 60 min a frente, já a extração com a abordagem DARTS (Figura 2c), a previsão desse sistema se mostrou muito próximo do observado, destacando que a qualidade da previsão se manteve mesmo para tempos mais distantes do inicial.

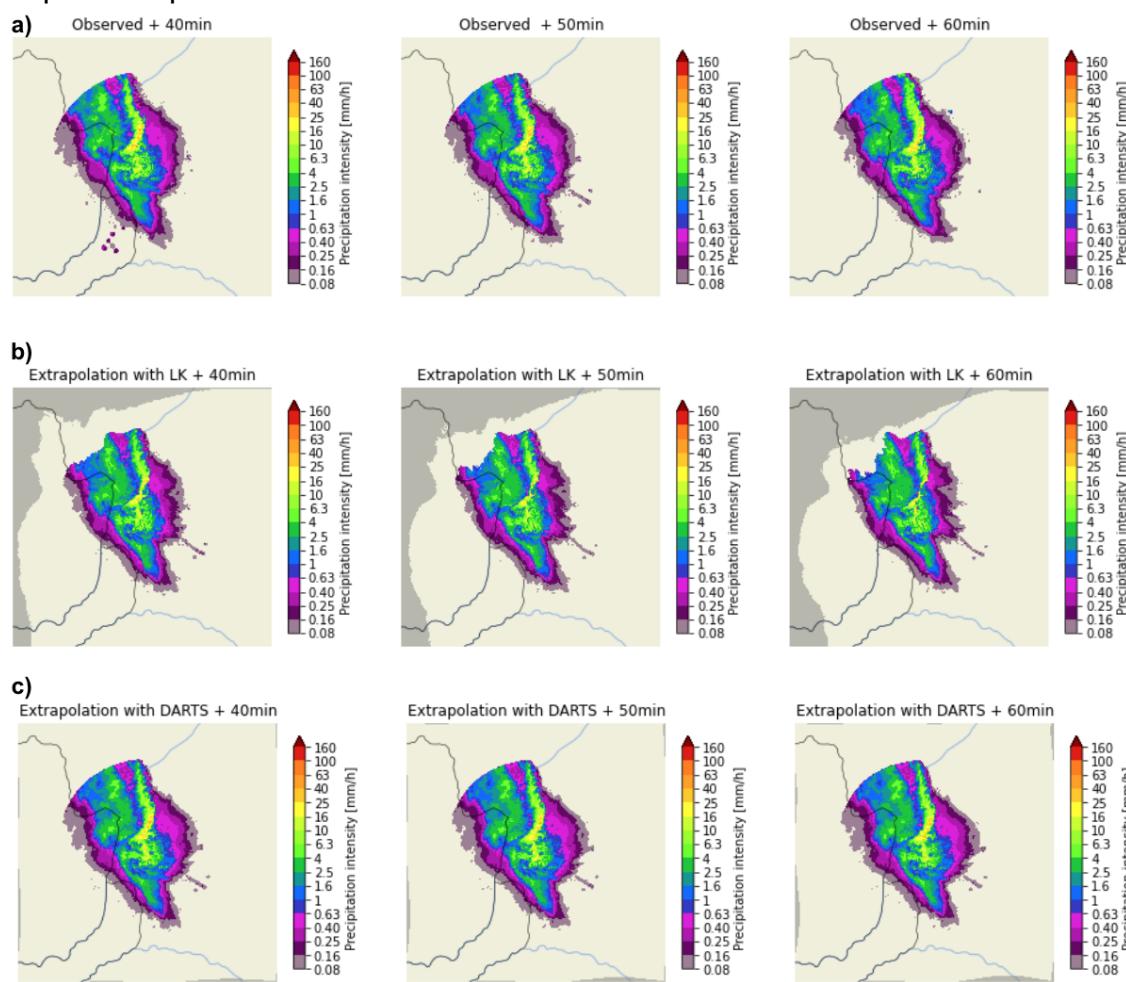


Figura 2 - Sistema convectivo do dia 26 de fevereiro de 2023 com (a) a intensidade da precipitação observada em 40, 50 e 60 min, (b) método de nowcast da extração semi-lagrangeana com abordagem LK para 40, 50 e 60 min e, (c) método de nowcast da extração semi-lagrangeana com abordagem DARTS para 40, 50 e 60 min.

Portanto, observou-se uma tendência da abordagem DARTS prever melhor o deslocamento de sistemas convectivos quando comparado com a abordagem LK, embora ainda seja necessário mais estudos de caso e testes de sensibilidade para elaborar conclusões mais apuradas. Vale ainda ressaltar, que existem diversos métodos de nowcast dentro do algoritmo do PySTEPS que precisam ser

testados para verificar sua eficácia em sistemas convectivos brasileiros, como também, se faz necessário o desenvolvimento de algoritmos para o processamento e conversão dos diferentes formatos dos dados de radares em território nacional para utilização no PySTEPS.

#### 4. CONCLUSÕES

A partir do exposto acima, pode-se concluir que o PySTEPS mostra-se uma ferramenta promissora para aplicação em ambiente operacional, com a abordagem DARTS demonstrando-se mais eficiente em prever o deslocamento de sistemas convectivos brasileiros, no entanto, esta abordagem necessita de uma quantidade maior de campos de radar meteorológico para realizar as estimativas quando comparado com a abordagem LK que necessita de pelo menos duas.

Atualmente o PySTEPS está em testes no Brasil no SIMEPAR, na UFSM (Universidade Federal de Santa Maria) e na UFPel (Universidade Federal de Pelotas) através de uma cooperação de inovação (edital MAI/DAI Cnpq 68 2022). Estes são resultados iniciais do projeto, espera-se obter resultados significativos do algoritmo PySTEPS para uma futura implementação em ambiente operacional no CPPMet (Centro de Pesquisas e Previsões Meteorológicas) da UFPel para realização de previsões de curto prazo.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FABRY, F. **Radar meteorology: principles and practice**. [s.l.]: Cambridge University Press, 2015.
- PULKINEN, S. et al. Pysteps: an open-source Python library for probabilistic precipitation nowcasting (v1.0). **Geoscientific Model Development**. [s.l.], v. 12, n. 10, p. 4185–4219, 2019.
- WANG, G. et al. Application of Multi-Scale Tracking Radar Echoes Scheme in Quantitative Precipitation Nowcasting. **Advances in Atmospheric Sciences**. [s.l.], v. 30, n. 2, p. 448–460, 2013.