

## APLICAÇÃO DA FILTRAGEM DIGITAL PARA INICIALIZAR O MODELO WRF

GUILHERME LUÍS MELLO RIBEIRO<sup>1</sup>; DANIELA BUSKE<sup>2</sup>; RÉGIS SPEROTTO  
DE QUADROS<sup>3</sup>; FABRICIO PEREIRA HÄRTER<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas, PPGMMAT – eng.glmribeiro@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas, IFM/DME – daniela.buske@ufpel.edu.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas, IFM/DME – regis.quadros@ufpel.edu.br

<sup>4</sup> Universidade Federal de Pelotas, IFM/DME – fabricio.harter@ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

Em face às necessidades, cada vez mais constantes, de ganhos em termos de confiabilidade em modelos numéricos de previsão meteorológica, surgiram técnicas associadas aos mesmos, com a finalidade de estabelecer uma forma mais eficiente de inicialização, visto que nessa etapa de operacionalização, surgem oscilações espúrias ou ruído gerado por ondas de gravidade de alta frequência, que por sua vez, originam-se de desequilíbrios entre os campos de massa e velocidade na condição inicial do modelo e tendem a se propagar pelo domínio, mascarando os modos importantes para a previsão, como ondas de Rossby, acústicas e gravidade de baixa frequência, principalmente nas primeiras horas de inicialização.

Buscando atenuar essas ondas que não são soluções físicas do modelo, apresenta-se a filtragem digital (DFI) como técnica utilizada para reduzir o referido desequilíbrio entre os campos de massa e velocidade. Nesse sentido, este trabalho objetiva avaliar a abordagem da filtragem digital para inicializar o modelo numérico de previsão Weather Research and Forecasting Model (WRF).

Deve-se levar em conta que a filtragem digital aplicada à inicialização do modelo precisa atender a três premissas fundamentais: *i.* remover as oscilações de alta frequência da previsão; *ii.* não degradar a previsão e *iii.* as mudanças feitas nos campos iniciais devem ser aceitavelmente pequenas.

Os estudos relacionados com a filtragem digital em modelos de previsão numérica de tempo como o WRF começaram a partir da década de 1950, como em CHARNEY (1955), o qual concluiu que, devido às limitações computacionais na época, seria mais conveniente trabalhar com modelos de equações simplificadas, de modo a não admitir altas frequências em suas soluções, do que aplicar a filtragem digital para reduzir o ruído nos modos meteorológicos. Claro que, com a evolução da área computacional, o emprego de técnicas de filtragem digital tem apresentado maior aplicação.

LYNCH; HUANG (1991) aplicaram a técnica de filtragem digital para inicializar os dados do High Resolution Limited Area Model (HIRLAN). A referida metodologia apresentou resultados satisfatórios, quando comparada ao padrão de inicialização normal não linear (IMNN), usado no modelo do HIRLAN. Ambas as técnicas apresentaram resultados semelhantes, inclusive no que diz respeito ao custo computacional, embora a filtragem digital tenha demonstrado maior eficiência na supressão do ruído nas primeiras horas de previsão. Além disso, o principal apelo da DFI, segundo os autores, é sua simplicidade em relação à concepção e aplicação.

INNOCENTINI et al. (2002) abordam uma metodologia que combina filtragem digital e relaxação newtoniana, objetivando obter condições iniciais para o Modelo Japonês de Área Limitada (LAM). A técnica se mostrou eficiente, com baixo custo computacional e controlando as oscilações de Gibbs.

Fundamentalmente, com base nos estudos de SKAMAROCK et al. (2005) e ASHRAFI et al. (2011), conclui-se que a técnica de filtragem digital, aplicada com a função janela de Dolph-Chebyshev é a que apresenta os melhores resultados, pois possui todas as características verificadas em um filtro ótimo, além da ampla remoção de flutuações indesejadas.

## 2. METODOLOGIA

Para a utilização do WRF nesse estudo, algumas ponderações devem ser feitas, como forma de delimitar a abordagem realizada. Questões como o filtro digital, o tipo de função janela a ser empregada, a forma de integração, o caso de estudo, o domínio de estudo e a forma de avaliação da performance do filtro precisam ser definidas.

### i. O filtro digital

O filtro digital empregado no WRF consiste em um filtro passa-baixa, onde frequências acima da frequência de corte (FC) são eliminadas. Essas frequências que se posicionam numa faixa acima da de corte tendem a se espalhar pelo domínio do modelo e mascarar a previsão.

Nesse sentido, o filtro digital é uma convolução entre duas funções, como visto na equação 1.

$$f_n^* = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{\text{sen}(k\omega_c)}{k\pi} f_{(n-k)} \quad (1)$$

Onde  $f_{(n-k)}$  são os dados de entrada;  $f_n^*$  são os dados de saída e  $\omega_c$  é a frequência de corte.

Mas em problemas práticos, o filtro digital é aplicado a uma sequência finita, o que introduz as oscilações de Gibbs próximas à frequência de corte. Algumas funções janela foram propostas para resolver esse problema. Assim, a nova sequência filtrada com  $2N + 1$  elementos é dada pela equação 2.

$$f_n^* = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{\text{sen}(k\omega_c)}{k\pi} f_{(n-k)} \sigma(k, N) \quad (2)$$

Onde o parâmetro  $\sigma(k, N)$  é o fator de controle das oscilações de Gibbs, também chamado de função janela.

### ii. A função janela de Dolph-Chebyshev

A função janela de Dolph-Chebyshev foi construída com base nos polinômios de Chebyshev e usada pela primeira vez por Dolph em 1946, para resolver o problema de uma antena de rádio com características direcionais ótimas (LYNCH, 1997).

A função janela de Dolph-Chebyshev de tamanho  $2M+1$  é definida pela equação 3.

$$w[dc] = \frac{1}{2M+1} \left[ \frac{1}{\gamma} + 2 \sum_{k=1}^M T_k \left( \beta \cos \frac{k\pi}{2M+1} \right) \cos \frac{2nk\pi}{2M+1} \right], M \leq n \leq M \quad (3)$$

Onde  $\gamma$  é a razão entre a amplitude do lóbulo lateral e a amplitude do lóbulo principal,  $\beta$  é descrito na equação 4 e  $T_k$  é o polinômio de Chebyshev de ordem  $k$  definido na equação 5.

$$\beta = \cosh \left( \frac{1}{2M} \cosh^{-1} \frac{1}{\gamma} \right) \quad (4)$$

$$T_k(x) = \begin{cases} \cos(k \cos^{-1} x), & \text{se } |x| \leq 1, \\ \cosh(k \cos^{-1} x), & \text{se } |x| > 1. \end{cases} \quad (5)$$

### iii. Forma de integração

As séries temporais do modelo WRF são geradas por meio de três formas de integração: adiabática (integração para trás), diabática (integração para frente) e a combinação das duas técnicas de integração. Nesse trabalho, a técnica de combinação dos dois tipos de integração é utilizada.

### iv. O caso de estudo

O caso a ser analisado, para implementação das simulações junto ao WRF, foi escolhido devido ao grande impacto, em termos de altos níveis de precipitação e fortes ventos ocorrido em 03/01/2014 na região sul do Brasil, trazendo grandes perdas materiais, principalmente nas cidades de Blumenau e Joinville, no estado de Santa Catarina. O referido caso é caracterizado como uma ciclogênese explosiva, ocorrida no Atlântico Sul, associada a uma frente fria.

### v. Domínio de estudo

Para a elaboração das simulações, foi necessário estabelecer o domínio de análise. Para tanto, foi definido um domínio que abrange a região sul do Brasil.

### vi. Tendência média de pressão à superfície

Para efetuar a análise da performance do filtro digital em remover as oscilações de alta frequência da previsão, avalia-se a evolução temporal da Tendência Média de Pressão Absoluta à Superfície (TPS), vista na equação 6.

$$TPS = \left( \frac{1}{IJ} \right) \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left| \frac{\partial p}{\partial t} \right|_{ij} \quad (6)$$

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Objetivando avaliar a eficiência da metodologia proposta, comparou-se a DFI com FC de 1 h e série de 1 h, com o sistema sem inicialização. O resultado mostrou poucas diferenças entre o modelo inicializado e não inicializado conforme verificado na figura 1.

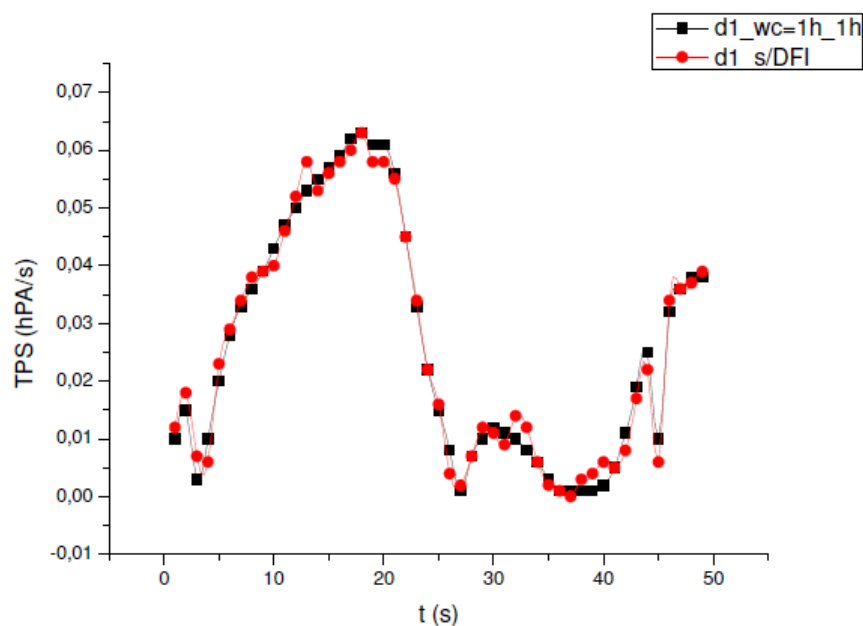


Figura 1: Gráfico da TPS comparando o esquema com e sem inicialização (linha azul: FC de 1h e série de 1h; linha vermelha: sem DFI)

#### 4. CONCLUSÕES

Conclui-se que é necessário investigar diferentes funções janela e empregar o filtro com integrações apenas diabáticas. Na aplicação testada, utilizou-se integrações diabáticas e adiabáticas. As integrações adiabáticas são irreversíveis e, portanto, incluem erro no emprego do filtro. Além disso, a constatação da quase inexistente diferença entre o esquema inicializado e não inicializado, vista na figura 1, permite concluir que a DFI, com as configurações utilizadas, está amortecendo oscilações físicas importantes, o que acarreta no fato de que os campos de pressão e de vento não estejam em balanço apropriado nas primeiras horas de previsão, ocasionando convergência e quantidade de precipitação inadequadas.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAFI, K.; AZADI, M.; SABETGHADAM, S. Effects of various digital filter initialization methods on results of weather research and forecasting (wrf) model. **Iranian Journal of Geophysics**, v. 5, n. 1, p. 16–33, 2011.
- CHARNEY, J. The use of the primitive equations of motion in numerical prediction. **Tellus**, Taylor & Francis, v. 7, n. 1, p. 22–26, 1955.
- LYNCH, P.; HUANG, X. Initialization of the hirlam model using a digital filter. **Monthly Weather Review**, v. 114, n. 8, p. 1445–1455, 1991.
- SKAMAROCK, W. C.; KLEMP, J. B.; DUDHIA, J.; GILL, D. O.; BARKER, D. M.; WANG, W.; POWERS, J. G. **A description of the advanced research WRF version 2**. [S.I.], 2005.
- INNOCENTINI, V.; CAETANO, E.; HARTER, F. P. A first-guess field produced by merging digital filter and nudging techniques ('). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 2, p. 125–140, 2002.