

AVALIAÇÃO DAS PARAMETRIZAÇÕES DO MODELO WRF PARA UM EVENTO DE GRANIZO DURANTE A PRIMAVERA DE 2014 NA CIDADE DE LAGES – SC

Gabriel Luan Rodrigues^{1,2}, Jeferson Prietsch Machado², Mário Francisco Leal de Quadro², João Vitor Marcílio^{1,2}, Camila de Souza Cardoso², Natália Martins Costa², Lourenço Alves de Paula^{1,2}, Tuanny Steffane Rodrigues^{1,2}
gabrielluanrodrigues@gmail.com

¹ UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

² INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

RESUMO

No presente trabalho, são realizadas simulações de um evento de tempestade de granizo que ocorreu por volta das 18h30 UTC do dia 13 de outubro de 2014 na cidade de Lages, localizada no planalto serrano do Estado de Santa Catarina, visando selecionar o melhor conjunto de parametrizações do modelo de previsão numérica de tempo Weather Research Forecasting (WRF), que seja capaz de simular o evento. A fim de verificar a eficácia das parametrizações serão utilizados a temperatura a 2m, magnitude e intensidade do vento a 10m, e as variáveis CAPE, TT, e índice K extraídas de uma radiossondagem simulada pelo WRF e da reanálise do modelo CFSR ERA-Interim (ECMWF). Além disso, são utilizadas imagens de satélite do canal infravermelho realçada (GOES 13) e imagens de radar meteorológico localizado no Morro da Igreja -SC. Os resultados obtidos com os índices termodinâmicos foram bem coerentes com a reanálise às 18 UTC, horário próximo do evento.

ABSTRACT

In this paper, simulations will be performed to a hail storm that occurred around 18:30 UTC October 13, 2014 in the Lages city, Santa Catarina state, order to select the best set of parameterizations from the Weather Research Forecasting (WRF) model, which is able to simulate that event. In order to verify the effectiveness will be utilized 2m temperature, magnitude and wind intensity at 10m, and the CAPE, TT and K index variables, extracted from a WRF simulated sounding and CFSR ERA-Interim (ECMWF) reanalysis. As the infrared satellite image highlighted (GOES-13) and weather radar images from the Morro da Igreja – SC. The results of the thermodynamics index were well consistent with the reanalysis data at 18 UTC, time next the event.

Palavras chave: Simulação, Índices Termodinâmicos, Parametrizações Físicas.

1) INTRODUÇÃO

A utilização de modelos numéricos em centros meteorológicos é de suma importância na previsão de eventos extremos. Com o apoio dessas ferramentas é possível preparar os órgãos responsáveis, como a defesa civil, no caso de um desastre associado a eventos extremos de tempo, que podem causar prejuízos em alguns setores da sociedade (agrícola, comercial, industrial, etc). Ressalta-se que esses eventos extremos também podem prejudicar ou interromper as tarefas do cotidiano como, por exemplo, a inundação de uma via pública numa chuva com altos índices pluviométricos, como acontece todos os anos no verão na região sudeste do Brasil.

É comum a ocorrência de tempestades na primavera no estado de Santa Catarina, principalmente no planalto serrano e, em muitas situações, são acompanhadas de granizo, que por sua vez, dependendo

do tamanho das pedras de gelo e da duração da tempestade, podem ocasionar inúmeros prejuízos (Minuzzi, 2006). A formação de granizo se deve as ações do processo de convecção que ocorre dentro de uma nuvem cumulonimbus, a qual tem grande capacidade de água líquida e grande extensão vertical, com gotas de grande porte que ficam em boa parte da nuvem em temperaturas abaixo de 0°C. Como qualquer precipitação de nuvem cumulonimbus, o granizo começa como uma gota de água. Com a ascensão dessas gotas e temperaturas abaixo de zero, a água congela ao entrar em contato com os núcleos de condensação. Essa gota congelada se torna mais pesada que a corrente ascendente e cai até a base da nuvem onde uma outra gota líquida se junta nessa gota congelada. A ascensão do ar quente leva essa nova gota ainda maior para o topo da nuvem onde o congelamento ocorre novamente e, depois de passar por esse processo várias vezes, o granizo propriamente dito precipita da nuvem e chega até o solo.

Um método eficiente para prever a ocorrência de tempestades é a utilização dos índices termodinâmicos, como Zepka et al. (2006) descreveu no trabalho onde avaliou esses índices como potenciais preditores de ocorrência de raios nuvem-solo.

Em função do exposto, este trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento do modelo WRF, para um caso de ocorrência de tempestade na Região Serrana do Estado de Santa Catarina durante a primavera de 2014 através de simulações com dois diferentes conjuntos de parametrizações de microfísica avaliando-os com a reanálise do modelo CFSR ERA-Interim (ECMWF)(Simmons et. al., 2007).

Vale ressaltar que parametrizações são processos nos quais parâmetros físicos que não podem ser resolvidos diretamente por modelos numéricos são representados. Os esquemas de parametrização são importantes, pois tem forte influência nos modelos de previsão e interação entre si, indiretamente, através das modificações entre si para as variáveis dos modelos (Stensrud, 2007).

2) DADOS E METODOLOGIA

Para a realização deste estudo foi selecionado o caso do dia 13 de outubro de 2014 na cidade de Lages-SC (Figura 1) devido ao prejuízo que a tempestade acompanhada de granizo causou em menos de 20 minutos de atuação, segundo relato do Corpo de Bombeiros. Segundo a Defesa Civil Estadual, pelo menos 500 casas foram destelhadas em função do temporal.

O modelo de previsão numérica de tempo Weather Research Forecasting (WRF) (Skamarock et al, 2008) foi utilizado para a realização das simulações. Este modelo é um sistema de última geração de previsão numérica de tempo e clima, não hidrostático e de área limitada. Seus conceitos físicos são baseados na conservação de massa, explicitando as variações de energia, momentum e umidade do ar (Brasil e Quadro, 2014).

Durante o período de simulação foram utilizados os dados de entrada do GFS com 0,5° de resolução espacial como condição inicial e de fronteira, às 00 UTC com campo de análise e resultados de três em três horas. O modelo WRF foi configurado com dois conjuntos de parametrizações, gerando saídas com intervalo de 1h. O modelo apresenta três domínios de processamento de dados, 30km, 9km e 3km respectivamente (Figura 2) e 19 níveis de pressão. Porém apenas o domínio 3, que apresenta maior resolução espacial, será abordado neste estudo.

E para comparar as saídas do modelo foram utilizadas a reanálise do modelo CFSR ERA-Interim (ECMWF) com 0,125° de resolução espacial para o cálculo dos índices termodinâmicos.

Além disso, utilizou as imagens do satélite GOES-13 no canal infravermelho realçado, destacando a temperatura do topo das nuvens e as imagens do radar meteorológico situado no Morro da Igreja no qual serve para realizar medidas com boa precisão da área e permite visualizar a estrutura dos sistemas atmosféricos (Loureiro et al., 2009).

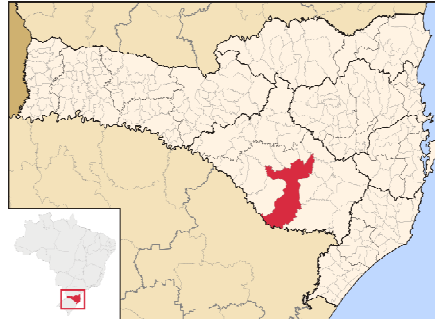


Figura 1: Região do município de Lages - Santa Catarina

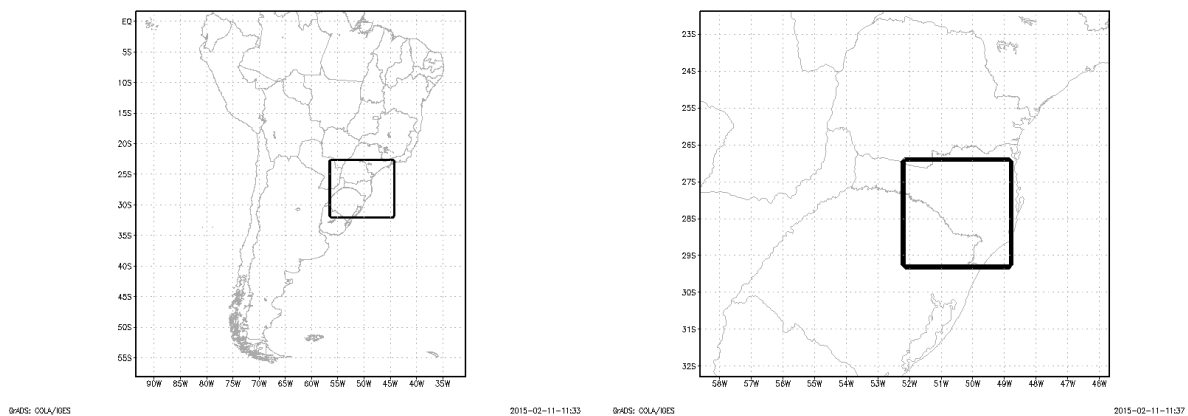


Figura 2: Três Domínios aninhados do modelo WRF com resoluções de 30km, 9km e 3km respectivamente.

Como dito anteriormente, foram utilizados duas combinações diferentes de opções físicas para analisar tal estudo, alterando a parametrização de microfísica e mantendo todas as outras iguais para o domínio 3 do modelo WRF (Tabela I). Além disso, a parametrização de cumulus não foi utilizada nas simulações, visto que ela é resolvida de forma explícita quando o modelo é rodado em alta resolução.

É importante destacar que a parametrização da microfísica de nuvens exerce papel fundamental quando o modelo é rodado no modo de alta resolução espacial. É responsável pela geração de nuvens e, em condições adequadas, precipitação à superfície a partir das informações dinâmicas e termodinâmicas contidas nos campos de massa e de movimento (Oliveira, 2007).

Segue uma breve descrição das parametrizações de microfísica testadas neste estudo:

WRF Single-moment 3-class e 5-class Schemes: Um esquema simples e eficiente com processos de

gelo e neve adequados para grades de mesoescala. Uma versão ligeiramente mais sofisticada que a anterior que permite processos de fases mista de água e água supercongelada.

Esquema Eta (Ferrier): Prevê alterações no vapor d'água e água condensada na forma de água nas nuvens, em chuva, em gelo nas nuvens e precipitação de gelo (neve/graupel/granizo).

Opções Físicas WRF	Experimento 1	Experimento 2
Microfísica	WRF Single-moment 3-class and 5-class Schemes	Eta (Ferrier) Scheme
Parametrizações Cumulus	-	-
Camada de Superfície	MM5 Similarity Scheme	MM5 Similarity Scheme
Camada Fronteira Planetária	Yonsei University Scheme (YSU)	Yonsei University Scheme (YSU)
Modelo Terra-Superfície	Unified Noah Land Surface Model	Unified Noah Land Surface Model
Radiação Atmosférica	Dudhia Shortwave Scheme	Dudhia Shortwave Scheme

Tabela I: Apresentação dos dois conjuntos de parametrizações diferentes selecionados para o domínio 3 do WRF.

É importante destacar que os índices de instabilidade foram calculados pelo WRF para os pontos de grade coincidentes com a região de estudo. Além disso, a metodologia para o cálculo dos índices foi baseada em Nascimento (2005), conforme é mostrado na Tabela II.

Índice	Fórmula
CAPE	$CAPE = \int_{NCE}^{NE} Rd(T_{vp} - T_{va}) d \ln p$
TT	$T_{850} + Td_{850} - 2 * T_{500}$
K	$(T_{850} - T_{500}) + Td_{850} - (T_{700} - Td_{700})$

Tabela II: Equações utilizadas para o cálculo dos índices termodinâmicos (Nascimento, 2005).

3) RESULTADO E DISCUSSÃO

A sequência de imagens do satélite GOES-13 (Figura 3) deixa claro que na região de estudo desenvolveu-se uma forte atividade convectiva em um curto período de tempo (17 UTC às 19 UTC), visto que as 18 UTC a temperatura do núcleo da nuvem estava na ordem de -70 °C, que indica a presença de nuvens de grande desenvolvimento vertical, com grandes possibilidades da ocorrência de uma tempestade severa e conseqüentemente a precipitação de granizo.

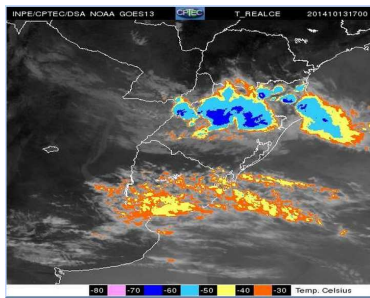


Figura 3.a 17UTC

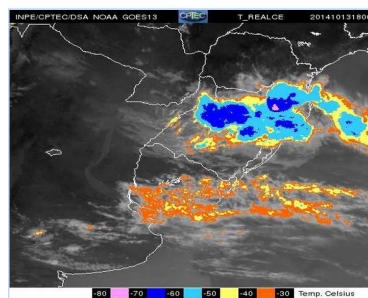


Figura 3.b 18UTC

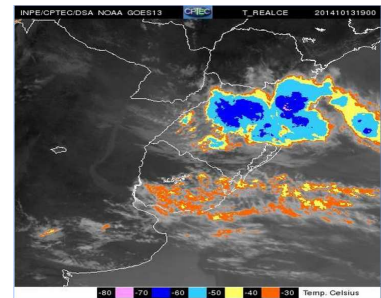
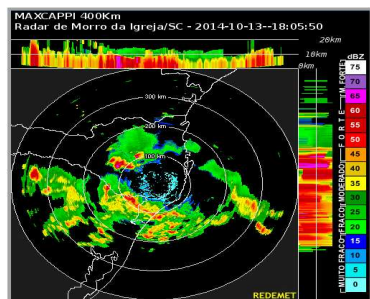


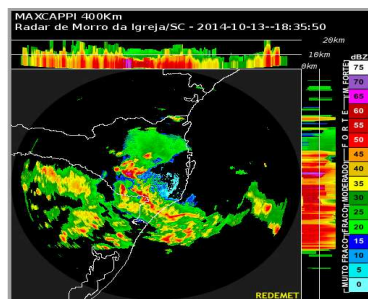
Figura 3.c 19UTC

Figuras 3: Evolução da temperatura do topo de nuvens pelo satélite GOES-13

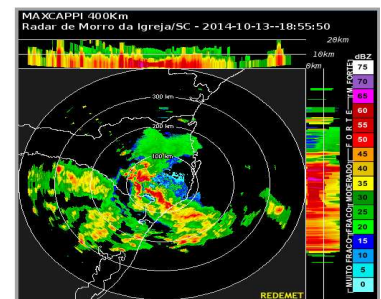
A sequência de imagens MAXCAPPI (Figura 4) do radar meteorológico do Morro da Igreja – SC, reforça que na região havia a atuação desse forte sistema de convecção indicando uma refletividade na ordem de 65 a 70 dBZ. Esses altos valores podem estar associados a forte precipitação.



(a) 1805UTC



(b) 1835UTC



(c) 1855UTC

Figura 4: Valores da refletividade (dBZ) do radar do Morro da Igreja – SC

Com o intuito de comparar o conjunto de parametrizações que melhor representou as condições atmosféricas durante o evento de granizo no estudo, foram utilizado os índices termodinâmicos extraídos da plotagem do diagrama termodinâmico Skew-T do modelo WR para a latitude e longitude coincidente com o municípios de Lages e a reanálise do modelo CFSR ERA-Interim (ECMWF). Além disso, utilizou-se os campos de temperatura em 2m, corrente e magnitude do vento em 10m e a refletividade máxima, plotados através do software gráfico GrADS (*Grid Analysis and Display System*) para ambos os experimentos e analisando somente o domínio 3.

As figuras são mostradas com finalidade de comparação entre as diferentes saídas dos experimentos aplicados nas parametrizações WRF.

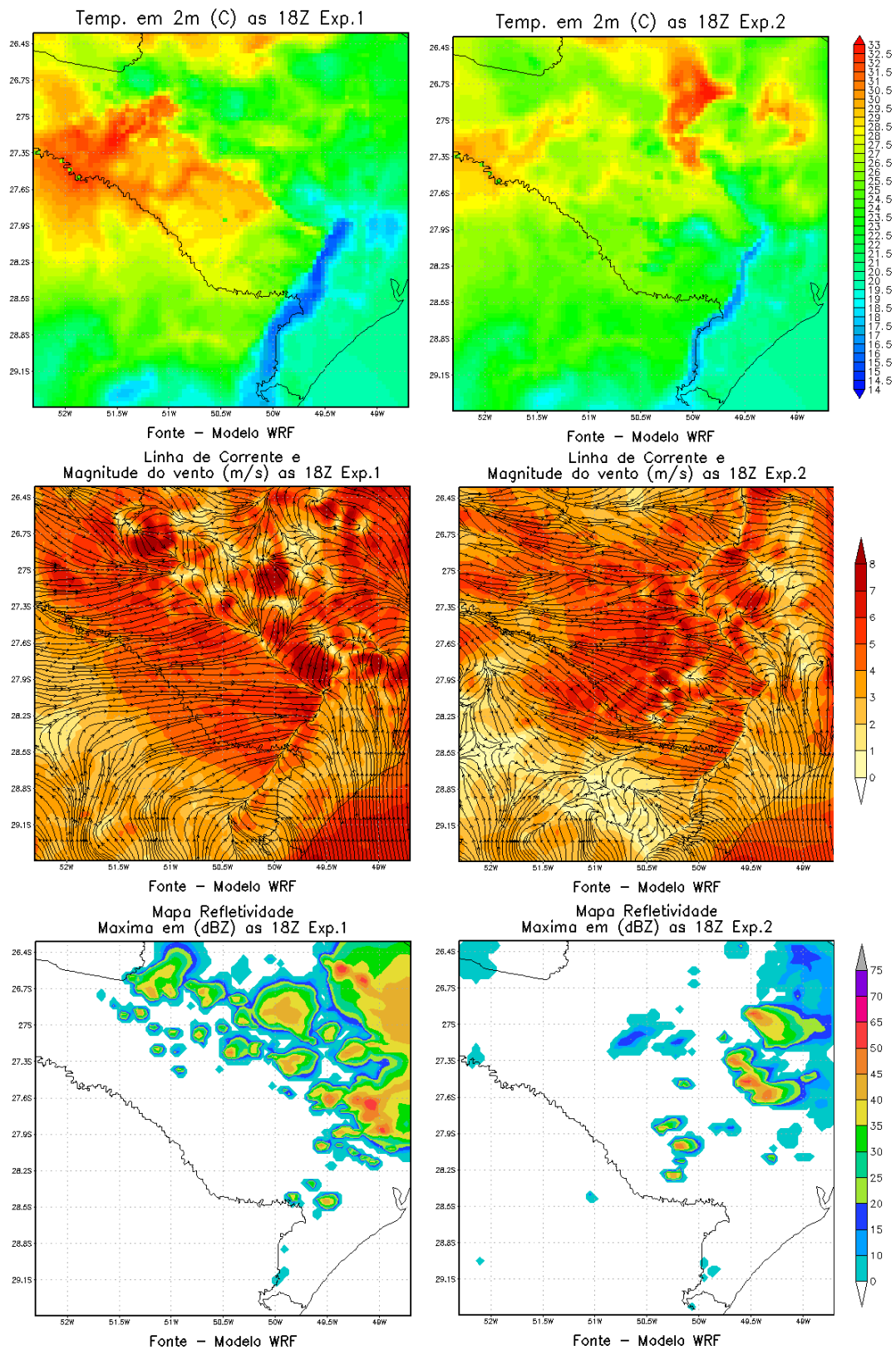


Figura 5: Comparação entre a temperatura a 2m, corrente e magnitude do vento a 10m e refletividade máxima, do Exp.1 e Exp.2

Observa-se que as temperaturas do conjunto de parametrizações do Experimento 1 na região de estudo, são mais elevadas do que as temperaturas mostradas pelo experimento 2, apresentando diferenças na ordem de -4 a -6 °C. Referente a magnitude do vento, o experimento 1 apresentou valores maiores na velocidade, com diferenças de até 4 (m/s). A refletividade máxima do experimento 2 para as 18 UTC, mostra a presença de núcleos convectivos muito próximo a região de Lages, enquanto que o experimento 1 indica que os núcleos estavam mais deslocados em direção ao litoral. (Figura 5)

Como relatado anteriormente, foram extraídos os índices termodinâmicos de sondagens simuladas para cada horário de previsão e utilizados os dados da reanálise do modelo ERA-Interim ECMWF (0.125° de resolução espacial) como parâmetro de comparação de dados observados. A partir dos valores, foram elaborados gráficos em séries temporais de cada índice termodinâmico dos dois experimentos e da reanálise, o que permitiu uma melhor compreensão do comportamento da instabilidade que condicionou a tempestade.

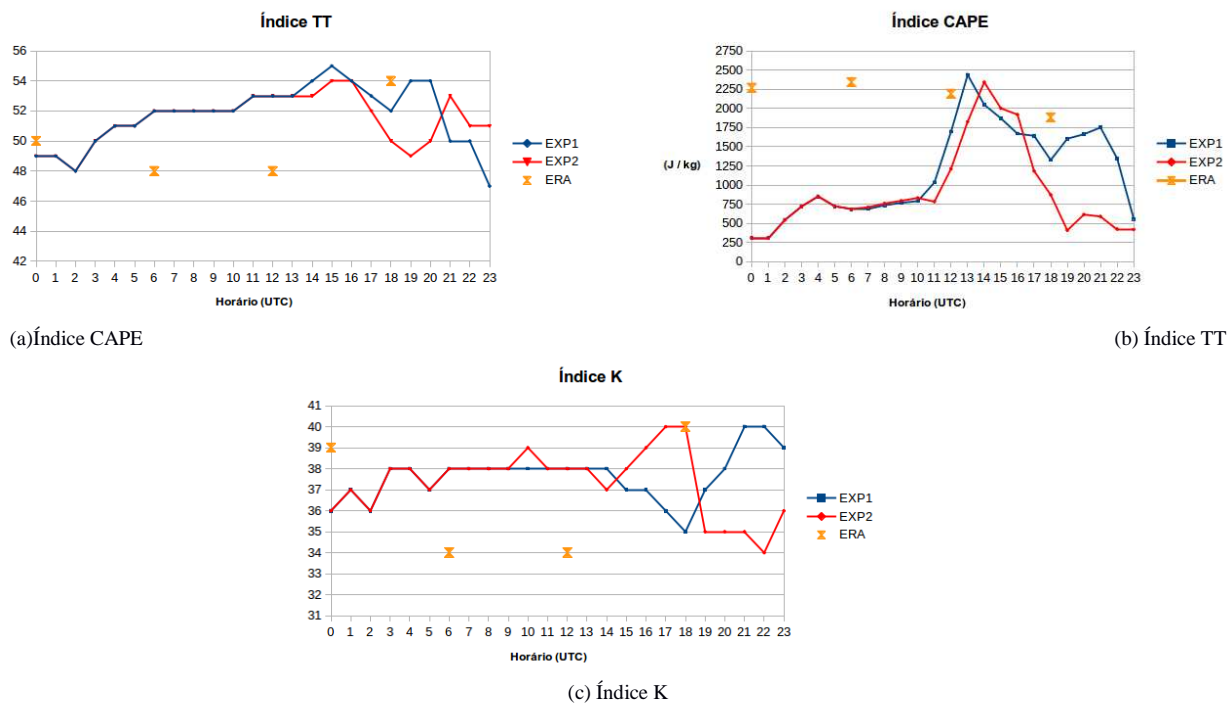


Figura 6: Gráficos dos índices CAPE, TT e K extraídos das sondagens simuladas pelo WRF em ambos Experimentos e da Reanálise do modelo ERA-Interim ECMWF.

É notável que independente de qual parametrização utilizada, todos os índices termodinâmicos das simulações apresentaram valores muito altos ao decorrer do dia, em especial o TT (b) e K (c). Até as 10 UTC em todos os índices quase não houveram grandes diferenças, como podemos ver na Figura 6.

Porém nota-se uma diferença nos valores das simulações quando comparados com os índices extraídos da reanálise. Essa diferença dá-se pelo tempo que o modelo leva para adequar as parametrizações físicas na condição inicial.

Mas após as primeiras 12h de simulação, o modelo está mais ajustado mostrando valores dos índices próximos aos valores da reanálise, isso pode ser visto às 18 UTC. Onde o K apresenta 35 no experimento 1; 40 no experimento 2; e 40 na reanálise. O TT 52 no experimento 1; 50 no experimento

2; e 48 na reanálise. O CAPE 1326 J/Kg no experimento 1; 872 J/Kg no experimento 2; e 1881 J/Kg na reanálise.

Os experimentos apresentam valores de CAPE (Figura 6a) indicando convecção moderada, (($1000 \leq \text{CAPE} < 2500$) Bluestein,1993)). Porém o máximo do índice CAPE simulado é o do experimento 1; 2438 J/Kg às 13 UTC. Para o índice TT, o experimento 1 também obteve os valores mais altos, com pico de 55 às 15 UTC. O índice K, para os dois experimentos, teve seu pico máximo de 40, mas em horários diferentes, às 16 UTC no experimento 1 e às 21 UTC no experimento 2.

Nota-se também, que apesar do experimento 2 apresentar valores de máximos menores que o experimento 1, o experimento 2 melhor representou a variação dos índices na ocorrência de uma tempestade, pois às 19 UTC, primeira hora depois da tempestade, o valor dos índices CAPE e K do experimento 2 simulam uma estabilização da atmosfera, enquanto que os mesmos índices no experimento 1 elevou os valores do índice K e do CAPE após o mesmo horário.

4) CONCLUSÕES

Neste trabalho foram apresentados resultados de dois experimentos, alterando as parametrizações de microfísica do domínio de maior resolução espacial (3km) do modelo WRF e comparando-os com a reanálise do modelo ERA-Interim ECMWF (0.125° de resolução espacial). Os resultados mostram que quando foi alterada as parametrizações, os campos do experimento 1 apresentou valores ligeiramente mais altos nos índices termodinâmicos. Devido ao tempo de adaptação do modelo em relação ao disparo com as condições iniciais os índices seriam mais compatíveis com os valores da reanálise se o modelo fosse disparado com mais horas de simulação. Porém, independente da parametrização utilizada, o modelo conseguiu simular de forma satisfatória os índices que condicionaram uma tempestade severa com a ocorrência de granizo na cidade de Lages – SC.

AGRADECIMENTOS: O primeiro autor agradece à paciência e dedicação do orientador Mário F. L. Quadro, à todos que ajudaram no presente trabalho, ao CNPQ, ao IFSC e a empresa SOMAR Meteorologia por participar do projeto “Sistema de Monitoramento Nowcasting e Previsão do Tempo em Alta Resolução, Chamada Publica MEC/SETEC/CNPq No 94/2013”.

REFERÊNCIAS

Brasil, G. S. ; Quadro, M. F. L. 2014: O Uso da Computação Paralela para Potencializar o Rendimento dos Processadores no Processamento do Modelo de Previsão Numérica. Revista Científica Semana Acadêmica, v. 1, p. 1-17.

Loureiro et. al., 2014: Estudo dos eventos extremos de precipitação ocorridos em 2009 no estado do Pará. Rev. bras. meteorol. vol.29 no.spe São Paulo Dec. 2014.

Macedo, R. L., et. al. 2011: Modelo WRF na Previsão de um Evento Severo no Rio Grande do Sul. http://wp.ufpel.edu.br/meteoro/files/2011/05/luana_ribeiro_macedo_1.pdf

Minuzi, R. B., 2006: Influência de Algumas Forçantes Climáticas no Período Chuvoso da Região Sudeste do Brasil e Suas Consequências para as Culturas da Soja e Milho.

Nascimento, E. L. 2005: Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: Uma estratégia operacional adotável no Brasil? Revista Brasileira de Meteorologia, v.20, n.1, p.121-140.

Oliveira, A. M, et. al. 2007: Testes nas parametrizações de microfísica e de camada limite planetária de um Sistema Convectivo de Mesoescala. http://cbmet2010.web437.uni5.net/anais/artigos/536_52672.pdf

Skamarock, W. C , et al 2008: A description of the Advanced Research WRF Version 3. National Center for Atmospheric Research (NCAR). Boulder, Colorado (EUA), p. 125.

Stensrud, J. D. 2007: Parametrizations Schemes – Keys to Understanding Numerical Weather Prediction Models. Cambridge University Press, p. 138-304.

Tavares, J. P. e Mota, M. A. S. 2012: Condições Termodinâmicas de Eventos de Precipitação Extrema em Belém-PA Durante a Estação Chuvosa. Revista Brasileira de Meteorologia, v.27, n.2, 207 – 218.

Zepka, G.S., et. al., 2010: A Method To Identify the Better WRF Parametrizations Set to Describe Lightning Occurrence.

Zepka, G.S., et. al., 2012: Influence of initial Conditions on Lightning Forecasting Using the WRF Model.

SIMMONS, A., et. al., 2007: ERA-Interim: New ECMWF reanalysis products from 1989 onwards.