



XVIII CBMET

CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA
RECIFE PE | 03 A 06 DE NOVEMBRO DE 2014
O PAPEL DA METEOROLOGIA NA CONSTRUÇÃO DE UMA SOCIEDADE SUSTENTÁVEL

CPTEC Sistemas meteorológicos responsáveis pela formação de chuva na região sul do Brasil durante o verão de 2012-2013

Graziela Luzia⁽¹⁾, José Paulo Bonatti, Sílvio Nilo Figueroa
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Cachoeira Paulista, SP
⁽¹⁾graziela.luzia@cptec.inpe.br

RESUMO

O objetivo deste estudo é analisar os principais sistemas meteorológicos que atuam no verão do Sul do Brasil, principalmente sobre o território do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC), e apontar, dentre estes sistemas, quais são os responsáveis pela formação de precipitação nesta área. Adicionalmente, é apresentada uma avaliação do desempenho da nova versão do Modelo Global do CPTec (AGCM-CPTEC V.4.0) [1] em representar estes sistemas meteorológicos através da análise de variáveis como precipitação, campos de pressão, temperatura e vento meridional produzidos pelo modelo em comparação a produtos de análises de ERA-Interim e dados diários de precipitação do satélite TRMM 3B42 v.7. O período escolhido para estudo foi o verão de 2012-2013 (DJF-2012-2013). Neste trimestre, a passagem de sistemas frontais originados na Argentina ou Uruguai, a presença do Jato de Baixos Níveis (LLJ) e linhas de instabilidade foram os principais responsáveis pela formação de chuva na região. Sequências de dias sem a presença de chuva e com onda de calor, associados a uma circulação anticiclônica em 500 hPa por exemplo, também foram analisados. Em relação aos totais diários de precipitação, o modelo demonstrou uma boa representação, acompanhando os picos de máxima precipitação e os dias seguidos sem chuva durante o período estudado. O mesmo se pode dizer sobre a análise dos campos médios de pressão, temperatura e vento no período, demonstrando que o modelo apresentou desempenho satisfatório na representação dos sistemas meteorológicos que atuaram sobre a região no verão de 2012-2013 e a formação de chuva e estiagem em decorrência destes sistemas.

INTRODUÇÃO

A região sul do Brasil apresenta precipitação bem distribuída ao longo do ano e totais pluviométricos elevados, entre 1750-2100 mm/ano [2]. De acordo com [3], a precipitação no sul do Brasil está associada a: 1) sistemas frontais que se deslocam do Pacífico, passam pela Argentina e seguem em direção ao nordeste brasileiro [4]; 2) ciclones e frentes frias que se desenvolvem sobre a Argentina, o Uruguai ou sul do Paraguai devido à presença de vórtices ciclônicos ou cavados em altos níveis sobre a costa oeste da América do Sul vindos do Pacífico [5] e também devido a condições frontogenéticas e/ou ciclogênicas originadas na região [6] [7]; 3) Complexos Convectivos de Mesoscala (CCM) ou Linhas de Instabilidade (LI) [8] [9]; 4) sistemas ciclônicos em níveis médios conhecidos como vírgula invertida [10] e 5) bloqueios atmosféricos [11]. Embora a maior ocorrência de frentes frias sobre o sul do Brasil seja no período do inverno, no verão elas também ocorrem com frequência considerável e são responsáveis por boa parte da precipitação. Em uma climatologia de 30 anos de ocorrência de frentes frias na América do Sul [12], resultados mostram que o território de SC é atingido, em média, por 4 a 6 frentes frias durante o trimestre DJF, enquanto que o RS, por 6 a 10 frentes frias. Esses sistemas frequentemente estão associados a episódios de forte precipitação, rajadas de vento e, ocasionalmente, a enchentes e deslizamentos em diversos municípios. No verão de 2012-2013 foram registrados 15 sistemas frontais que cruzaram o RS e/ou SC, segundo síntese sinótica mensal produzida pelo Grupo de Previsão de Tempo (GPT) [13] do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) e a passagem destas frentes foram os principais responsáveis por formação de precipitação na região de estudo compreendida pelos estados de SC e RS (26°S – 33°S; 48,5°S – 56,5°S), conforme pode ser visto na Tab. 1.

RESULTADOS

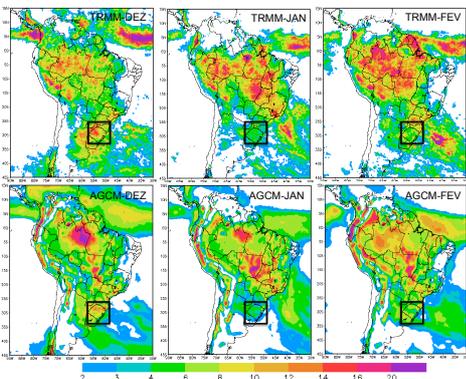


Fig. 1: Precipitação média mensal (mm/dia) para TRMM e média mensal a partir das previsões de 24h do AGCM.

Tab. 1: Resumo dos principais sistemas meteorológicos que atuaram sobre o RS e SC. FONTE: Síntese Sinótica Mensal – GPT/CPTEC-INPE

DATA	EVENTO
03/12	Onda frontal proveniente da Província de Buenos Aires atinge o litoral do RS no dia 2. A presença de forte calor, associado de ar cálido e de cavados em 500 hPa pressionam temporariamente a queda de chuva do RS, sendo breve (12 dias) este período.
04/12	Onda frontal que se forma entre o Uruguai e a costa da Argentina no dia 03 e se desloca rapidamente para o RS no fim do dia, provocando tempestade no estado.
05/12	Onda frontal que atinge entre a Província de Buenos Aires e de Santa Fé no dia 04 e se desloca para o RS no dia seguinte no dia 05. Inclusive com ciclone de baixa dentro do estado. A atividade pós frontal provocou temporales no RS, SC entre o território do dia 05.
06/12	Frente fria que passa na Província de Buenos Aires e depois pelo sul do RS antes pela manhã do dia 03. A presença de JBR, do calor e elevada umidade do ar na camada baixa de trovoada e de forte divergência em 200 hPa contribuem para tempestades no RS e SC.
08/12	No noite do dia 08, chuva forte entre o Uruguai e o RS, causada pela passagem de uma linha de instabilidade, que também provocou chuvas fortes de 115 kmh na região da campanha gaúcha.
09/12	Frente fria que passa rapidamente pela Província de Buenos Aires com maior tempo significativo atingindo o sul do RS e o Atlântico no período da noite. Este sistema estivo associado a um sistema ciclone extratropical de 500 hPa em direção ao nordeste do Brasil.
10/12	Frente fria que se aproxima de um ciclone extratropical, cruzando o Paraná para a Argentina, e atinge o litoral do RS no dia 10. Se desloca para o Atlântico no fim do dia e a presença de Baixa do Bósque da Argentina gera forte instabilidade no Rio Grande do Sul.
11/12	O centro anterior evolui na formação de uma onda frontal entre a Província de Buenos Aires e de Córdoba no dia 20 no dia 22 pela manhã atingindo o litoral de SC, que também contribui para chuvas intensas no território do Rio Grande do Sul.
24/12	Uma onda de calor se estabelece entre o Estado e o Sul do BR durante o período do dia 24. O RS de SC de 40° com temperaturas acima de 40°C entre o dia 24 e 25. O tempo quente ocorre associado a presença de uma circulação anticiclônica em 500 hPa no Brasil.
25/12	Frente que se aproxima do RS, SC no dia 25 e se desloca para o RS no dia 26. Processos temporais entre o Sul de Argentina e o RS, com acumulação de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 27 atinge o litoral do RS com precipitação significativa.
28/12	Frente fria que passa pelo Rio Grande do Sul, Argentina e Uruguai no dia 28. Gera uma linha de instabilidade, que se propaga pelo RS provocando tempestades com fortes chuvas, com rajadas que atingem o sul do RS.
29/12	O JBR bastante intenso, aliado ao movimento difuso em altitude e por chuvas cíclicas em nível médio, decorre a formação de frentes de instabilidade que provocam acumulados significativos de precipitação no Sul do RS. O JBR começa no RS no dia 29 e se desloca para o RS no dia 30.
30/12	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 30 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 31. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 31 atinge o litoral do RS no dia 31 e se desloca para o RS no dia 31.
31/12	Frente fria que passa pelo Rio Grande do Sul, Argentina e Uruguai no dia 31. Gera uma linha de instabilidade, que se propaga pelo RS provocando tempestades com fortes chuvas, com rajadas que atingem o sul do RS.
01/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 01 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 02. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 02 atinge o litoral do RS no dia 02 e se desloca para o RS no dia 02.
02/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 02 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 03. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 03 atinge o litoral do RS no dia 03 e se desloca para o RS no dia 03.
03/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 03 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 04. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 04 atinge o litoral do RS no dia 04 e se desloca para o RS no dia 04.
04/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 04 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 05. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 05 atinge o litoral do RS no dia 05 e se desloca para o RS no dia 05.
05/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 05 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 06. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 06 atinge o litoral do RS no dia 06 e se desloca para o RS no dia 06.
06/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 06 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 07. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 07 atinge o litoral do RS no dia 07 e se desloca para o RS no dia 07.
07/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 07 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 08. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 08 atinge o litoral do RS no dia 08 e se desloca para o RS no dia 08.
08/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 08 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 09. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 09 atinge o litoral do RS no dia 09 e se desloca para o RS no dia 09.
09/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 09 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 10. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 10 atinge o litoral do RS no dia 10 e se desloca para o RS no dia 10.
10/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 10 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 11. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 11 atinge o litoral do RS no dia 11 e se desloca para o RS no dia 11.
11/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 11 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 12. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 12 atinge o litoral do RS no dia 12 e se desloca para o RS no dia 12.
12/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 12 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 13. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 13 atinge o litoral do RS no dia 13 e se desloca para o RS no dia 13.
13/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 13 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 14. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 14 atinge o litoral do RS no dia 14 e se desloca para o RS no dia 14.
14/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 14 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 15. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 15 atinge o litoral do RS no dia 15 e se desloca para o RS no dia 15.
15/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 15 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 16. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 16 atinge o litoral do RS no dia 16 e se desloca para o RS no dia 16.
16/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 16 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 17. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 17 atinge o litoral do RS no dia 17 e se desloca para o RS no dia 17.
17/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 17 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 18. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 18 atinge o litoral do RS no dia 18 e se desloca para o RS no dia 18.
18/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 18 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 19. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 19 atinge o litoral do RS no dia 19 e se desloca para o RS no dia 19.
19/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 19 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 20. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 20 atinge o litoral do RS no dia 20 e se desloca para o RS no dia 20.
20/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 20 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 21. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 21 atinge o litoral do RS no dia 21 e se desloca para o RS no dia 21.
21/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 21 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 22. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 22 atinge o litoral do RS no dia 22 e se desloca para o RS no dia 22.
22/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 22 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 23. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 23 atinge o litoral do RS no dia 23 e se desloca para o RS no dia 23.
23/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 23 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 24. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 24 atinge o litoral do RS no dia 24 e se desloca para o RS no dia 24.
24/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 24 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 25. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 25 atinge o litoral do RS no dia 25 e se desloca para o RS no dia 25.
25/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 25 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 26. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 26 atinge o litoral do RS no dia 26 e se desloca para o RS no dia 26.
26/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 26 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 27. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 27 atinge o litoral do RS no dia 27 e se desloca para o RS no dia 27.
27/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 27 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 28. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 28 atinge o litoral do RS no dia 28 e se desloca para o RS no dia 28.
28/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 28 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 29. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 29 atinge o litoral do RS no dia 29 e se desloca para o RS no dia 29.
29/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 29 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 30. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 30 atinge o litoral do RS no dia 30 e se desloca para o RS no dia 30.
30/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 30 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 31. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 31 atinge o litoral do RS no dia 31 e se desloca para o RS no dia 31.
31/01	Frente fria que atinge o litoral do RS no dia 31 e se desloca rapidamente para o RS, atingindo o litoral do RS no dia 01. Frentes temporais de chuva de Frentes em Caspitas do Sul e Frentes em Caspitas. No dia 01 atinge o litoral do RS no dia 01 e se desloca para o RS no dia 01.

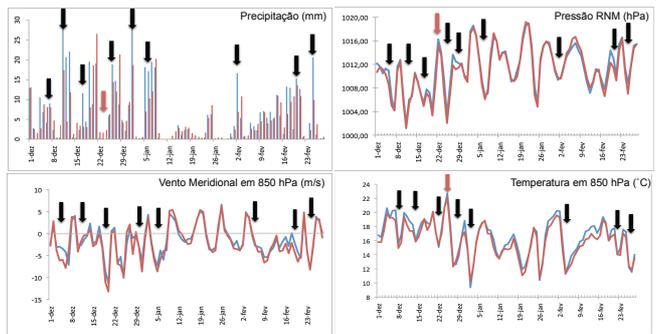


Fig. 2: Médias diárias das variáveis na área e no período de estudo. Em azul, TRMM 3B42 e em vermelho, médias a partir das previsões de 24h do AGCM-CPTEC.

CONCLUSÕES

O trimestre DJF-2012-2013 foi um verão típico em termos de precipitação média e de sistemas meteorológicos atuantes, embora no mês de dezembro tenha havido a passagem um pouco acima da média de sistemas frontais. As figuras mostram ótima concordância entre o CPTec AGCM V.4.0 (T299L64) e reanálises para as variáveis temperatura, pressão reduzida ao nível do mar e vento meridional (Fig. 2). Para precipitação, no entanto, apresenta algumas diferenças entre modelo e observado, tanto no campo médio mensal (Fig. 1) como nos valores diários (Fig. 2), embora os picos de precipitação e os dias sem chuva coincidam bem. Alguns eventos destacados (Tab. 1 e Fig. 2) mostram uma boa simulação da passagem das frentes, apresentando a queda dos valores médios diários de pressão ao mesmo tempo da inversão de sinal do vento meridional e queda de temperatura. A onda de calor no dia 24/dez. em decorrência de uma circulação anticiclônica em 500hPa também pode ser verificada como um pico relativo de alta pressão e de temperatura.

REFERÊNCIAS

[1] FIGUEROA et al. Performance of new CPTec AGCM V.4.0 for Tropical Rainfall Forecasting: Model description and sensitivity to consecutive parameterization and horizontal resolution (to be submitted to Weather and Forecasting, 2014).
[2] RAO, V. S.; HADAK. Characteristics of Rainfall over Brazil Annual Variations and Connections with the Southern Oscillation. Theoretical and Applied Climatology, v.42, 81-91, 1990.
[3] REBOITA, M. S. et al. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.2, p.185-204, 2010.
[4] KOUSSKY, V. E. Frontal Influences on Northeast Brazil. Monthly Weather Review, v.107, p.1140-1153, 1979.
[5] MIKY FUNATSU, B., GAN, M. A.; CAETANO, E. A case study of orographic cyclogenesis over South America. Atmosfera, v.17, n.2, p. 91-113, 2004.
[6] SATYAMURTY, P.; MATTOS, L. F. Climatological lower tropospheric frontogenesis in the midlatitudes due to horizontal deformation and divergence. Monthly Weather Review, v.117, n.6, p.1355-1364, 1989.
[7] REBOITA, M. S. Ciclonas Extratropicais sobre o Atlântico Sul: Simulação Climática e Experimentos de Sensibilidade. Tese de Doutorado em Meteorologia, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG-USP, 2008.
[8] FIGUEIREDO, J. C.; SCOLAR, J. O tempo de vida médio dos Sistemas Convectivos de Mesoscala na América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9, 1996, Anais... Campos do Jordão, SP, p. 984-986.
[9] SALIO, P.; NICOLINI, M.; ZIPSER, J. Mesoscale convective systems over southeastern South American low-level jet. Monthly Weather Review, v. 135, p. 1290-1309, 2007.
[10] BONATTI, J. P.; RAO, V. B. Moist baroclinic instability of North Pacific and South American intermediate-scale disturbances. Journal of the Atmospheric Sciences, v. 44, p. 2657-2667, 1987.
[11] MARQUES, R.F.C.; RAO, V.B. A diagnosis of a long-lasting blocking event over the Southeast Pacific Ocean. Monthly Weather Review, vol. 127, p. 1761-1776, 1999.
[12] CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSSKY, V. E. Frentes frias sobre o Brasil. Tempo e Clima no Brasil, ed. Oficina de Textos.
[13] <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/127051>. Síntese Sinótica Mensal do GPT/CPTEC-INPE conforme acessado em 31 de agosto de 2014.

Apoio: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

