

AVALIAÇÃO DAS MUDANÇAS NA FREQUÊNCIA DE SISTEMAS FRONTAIS PARA O SUL DA AMÉRICA DO SUL NO CLIMA FUTURO

Kelen Martins Andrade⁽¹⁾, Gabriela V. Muller⁽²⁾, Iracema F.A Cavalcanti⁽³⁾, Maria Elena Fernandez Long⁽⁴⁾, Mario Bidegain⁽⁵⁾, Guillermo Berri⁽⁶⁾

^(1,3) Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE), Brasil. iracema@cptec.inpe.br, kelen.andrade@cptec.inpe.br

⁽²⁾ Centro de Investigación Científica y de Transferencia Tecnológica a la Producción (CICYTTP-CONICET), Diamante, Argentina. gabrielamuller@cicytpp.org.ar

⁽⁴⁾ Facultad de Agronomía Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Universidad de Buenos Aires (UBA), Argentina. flong@agro.uba.ar

⁽⁵⁾ Universidad de la Republica - Facultad de Ciencias – Uruguay. bidegain@fisica.edu.uy

⁽⁶⁾ Universidad de Buenos Aires, Facultad de ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos / CONICET. berri@at.fcen.uba.ar

RESUMO

A frequência de sistemas frontais sobre o sul da América do Sul é comparada com a reanálise, NCEP/NCAR e resultados do cenário A2 no clima futuro dos modelos GFDL e Hadley. Para o clima presente o período analisado foi 1961-1990 e para o cenário futuro 2081-2100 de maio a setembro. As análises para identificar casos de sistemas frontais foram feitas nas em 3 regiões: área 1 (52W-57W, 23S-28S); área 2 (52W-57W, 28S-33S) e área 3 (65W-60W, 33S-38S). Para a identificação dos sistemas frontais foi utilizado o seguinte critério: aumento da pressão ao nível médio do mar, queda de temperatura e mudança da componente meridional do vento em 850 hPa, em dois dias consecutivos. Neste estudo foi selecionado também casos com queda de temperatura superior a 5 graus, sendo estes considerados mais intensos. Para o clima presente observou-se que os modelos analisados simularam bem as características sinóticas dos sistemas frontais. No entanto, quando se compara a frequência de ocorrência das frentes entre a reanálise e as simulações, observa-se que os modelos GFDL e Hadley superestimaram seu número. O modelo Hadley superestima ainda mais em relação ao NCEP e GFDL tanto no clima presente quanto no futuro. No entanto, quando se seleciona os casos mais intensos o modelo GFDL é o que superestima mais o número de sistemas frontais.

Palavras-Chave: sistemas frontais, mudanças climáticas, América do Sul

ABSTRACT

The frequency of frontal systems reaching the south of South America is compared with reanalysis, NCEP/NCAR, and results of the A2 scenario for future climate models GFDL e Hadley. For the present climate the analyzed period was 1961-1990 and for future it was the scene 2081-2100 from May to September. The analyses to identify the cases of frontal systems had been made in 3 regions: area 1 (52W-57W, 23S-28S); area 2 (52W-57W, 28S- 33S) and area 3 (65W-60W, 33S-6S). For the identification of the frontal system was used the following criteria: increase of sea surface pressure, reduction of the temperature and change of the meridional wind at 850hPa, in two consecutive days. In this study was also selected cases with drop of temperature above 5 degrees and they were considered the most intense. For the present climate it was observed that the analyzed models had simulated well the synoptic characteristics of frontal systems. However, when compared the frequency of occurrence of the fronts between reanalysis data and models simulations, we observed that the GFDL and Hadley models overestimated their numbers. The Hadley model overestimates further more than the NCEP and GFDL ones, both present climate and future. However, when it is selected the most intense systems, the GFDL model is the one that most overestimates the number of frontal systems.

Keywords: frontal systems, climate change, South America

INTRODUÇÃO

A passagem de sistemas frontais em diversas regiões do globo é muito importante na determinação das condições do tempo. Na América do Sul estes sistemas são responsáveis principalmente por acumulados significativos de chuva e incursões de ar frio (Seluchi e Marengo, 2000). No inverno, as massas de ar frio que acompanham as frentes frias penetram sobre o continente e podem causar geadas fortes ao sul de 30°S.

No Brasil, análises das observações de temperatura indicam pequeno aumento das temperaturas do ar à superfície durante o Século XX, compatíveis com o aquecimento global experimentado pelo planeta (IPCC, 2007). Alguns estudos como Marengo e Camargo, 2005 sugerem que nos últimos anos o aquecimento é maior no inverno que no verão. Porém, isso não exclui a ocorrência de eventos extremos relacionados à queda de temperatura, principalmente após a passagem de frentes frias e a atuação dos anticiclones pós-frontais, que têm associado massas de ar muito frio. Embora o efeito estufa provoque um aumento de temperatura principalmente nas regiões de latitudes mais altas, o que reduziria o gradiente norte-sul e a baroclinia da atmosfera, e poderia reduzir a intensidade dos sistemas frontais, a hipótese é que em uma atmosfera mais energética, esses sistemas, embora em menor número, poderiam ser mais intensos. O trabalho de Hall, 1994 mostra que em uma atmosfera com mais gás carbônico, as “storms tracks”, no Hemisfério Norte, deslocam-se para latitudes mais altas e intensificam-se.

Neste estudo, o objetivo é comparar a frequência de sistemas frontais sobre o sudeste da América do Sul, áreas 1, 2 e 3 (Figura 1), em simulações climáticas do clima presente e futuro, com a finalidade de investigar como as mudanças climáticas poderiam afetar o número destes sistemas sobre as áreas citadas, bem como a intensidades de alguns campos atmosféricos para o clima futuro.

DADOS E MÉTODOS

Neste estudo foram escolhidas três áreas compreendendo regiões do Brasil, Uruguai e Argentina, com a dimensão de 5° lat X 5° lon: área 1 (52°W-57°W, 23°S-28°S) e área 2 (52°W-

57°W; 28°S-33°S) e área 3 (65°W-60°W, 33°S-6°S), como mostrado na (Figura 1).

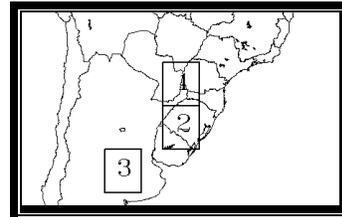


Figura 1. Áreas de estudo

Os dados diários correspondem a períodos do clima presente da reanálise do NCEP/NCAR (Kalnay et al. 1996) e dos modelos GFDL e Hadley no período 1961- 1990 para os meses de maio a setembro. Para o tempo futuro foi considerado o cenário futuro do experimento A2 do modelo GFDL e Hadley para o período 2081-2100.

Para a identificação dos sistemas frontais foi utilizado o seguinte critério para as áreas em estudo: aumento da pressão ao nível médio do mar; queda da temperatura e mudança na direção do vento em 850 hPa de um dia para o outro. Primeiramente foi feita a média mensal da ocorrência de sistemas frontais tanto no presente quanto no futuro utilizado o critério descrito. Neste estudo foi selecionado também casos com queda de temperatura superior a 5 graus, sendo estes considerados mais intensos. Foram feitos compostos de campos atmosféricos em superfície, baixos e altos níveis para os cinco casos de sistemas frontais com maiores quedas de temperatura em dias consecutivos.

RESULTADOS

Em uma análise da frequência de sistemas frontais no período entre 1961 e 1990, verifica-se que para todas as áreas em estudo, a reanálise do NCEP apresenta uma tendência positiva no número médio de sistemas frontais no período entre maio e setembro. Enquanto, nas simulações do GFDL não há uma tendência evidente e o Hadley indica uma ligeira diminuição no número de frentes. Na figura 2 é apresentado a média anual e o desvio padrão de sistemas frontais, bem como a linha de tendência apenas para a Área 3 para o NCEP (2a), GFDL (2b) e Hadley (2c), uma vez que as demais não apresentam diferenças significativas na linha de tendência, apenas no número médio.

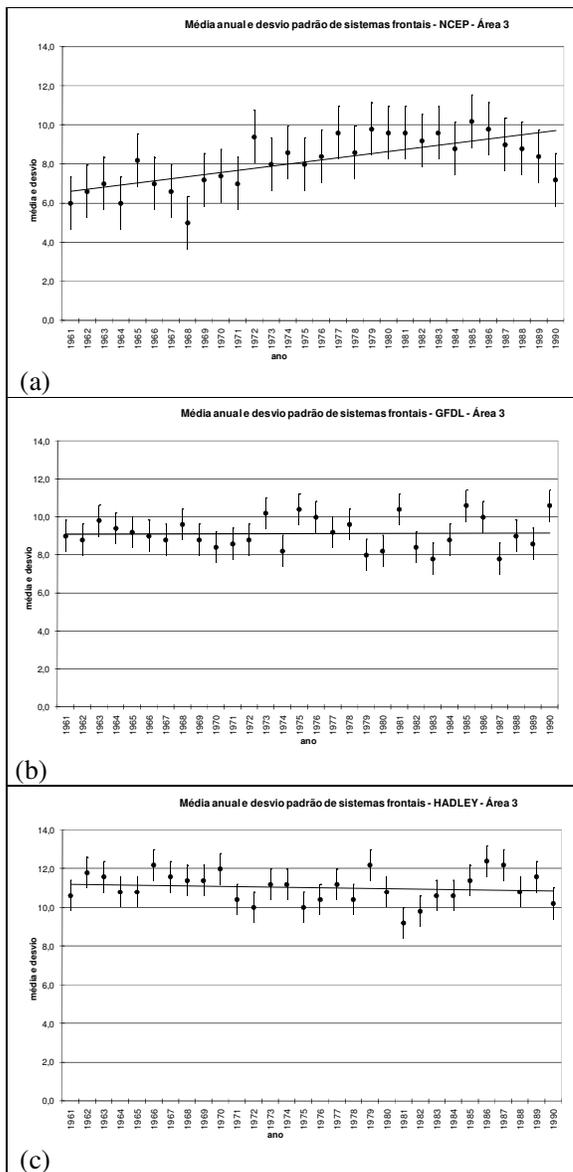


Figura 2: Média anual de sistemas frontais e desvio padrão para (a) NCEP (b) GFDL (c) Hadley no período entre 1961-1990.

A média de ocorrência de sistemas frontais no período entre maio-setembro, no clima presente e futuro, da reanálise do NCEP e das simulações dos modelos GFDL e Hadley para as 3 áreas em estudo é mostrada na figura 3a. Nota-se que o modelo Hadley é o que mais superestima a frequência de sistemas, principalmente na Área 1, onde a diferença no valor médio de frentes frias em relação ao NCEP é de aproximadamente 4 e para as demais áreas o valor fica em torno de 2,5. Na Área 2 não há muita diferença entre as simulações do Hadley e GFDL. Porém, quando se compara os modelos com a reanálise do NCEP a diferença é maior. Na Área 3 a diferença entre

a reanálise e o modelo GFDL é menor que nas demais regiões analisadas. Observa-se também na figura 3a que para todas as áreas analisadas, o modelo GFDL apresenta um valor médio de cerca de 1 sistema frontal a mais no clima futuro e aproximadamente 2,5 a mais em relação à reanálise. No entanto, quando se analisa o número de sistemas frontais associados à queda de temperatura maior que 5 graus de um dia para outro, ou seja, os casos extremos (Figura 3b) o modelo GFDL é o que apresenta a maior estimativa tanto no clima presente quanto futuro em todas as áreas analisadas.

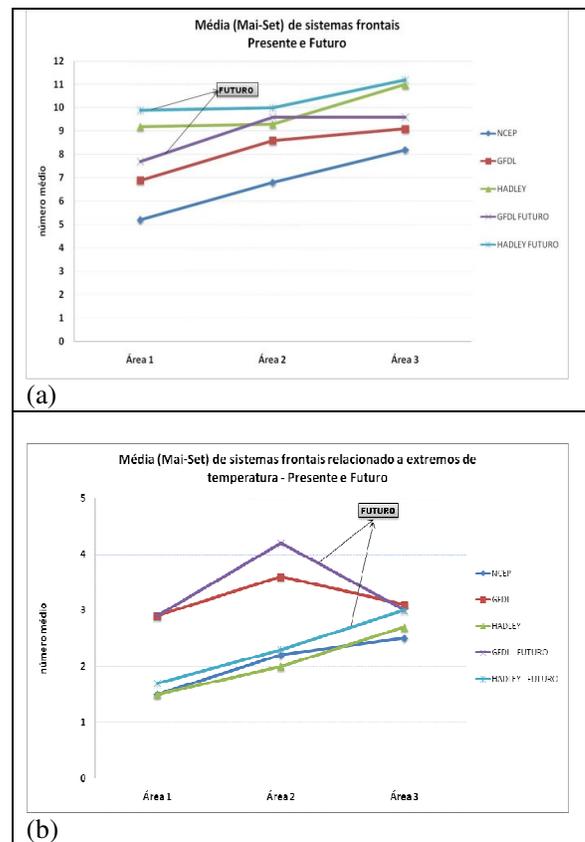


Figura 3: (a) Média no período entre maio e setembro de sistemas frontais no clima presente e futuro (b) Média no período entre maio e setembro de sistemas frontais no clima presente e futuro associados a extremos de temperatura.

Compostos foram feitos para os cinco casos de ocorrência de sistemas frontais com maior queda de temperatura em 2 dias consecutivos para todas as áreas em estudo, tanto no clima presente quanto futuro. As análises dos compostos foram feitas em campos de pressão ao nível médio do mar e anomalias, temperatura e

vento em 850 hPa, escoamento e magnitude do vento em 200 hPa apenas para o modelo GFDL. As discussões se referem a características associadas a um sistema frontal no dia em que o sistema foi identificado em cada área.

A figura 4 mostra o campo de pressão ao nível médio do mar (PNM) e anomalia para a reanálise e modelo GFDL presente e futuro em que é destacado o posicionamento dos sistemas de alta e baixa pressão associados ao sistema frontal em cada região. Notam-se distintas configurações no campo médio de PNM quando os campos do GFDL são comparados com a reanálise para o clima presente. Na área 1 (Figura 4) a reanálise apresenta a baixa pressão associada ao frontal adentrando o continente e atuando em parte da Argentina, Paraguai e sul do Brasil. Essa configuração da alta pressão também foi notada em diversos trabalhos sobre incursões de ar frio como Marengo et. al, 1997, Garreaud, 2000, Seluchi e Marengo, 2000. Pode-se observar que a confluência dos ventos (Figura 5) está bem definida, indicando que o composto está representando bem a posição dos sistemas. Notam-se também ventos intensos de sul com orientação bem meridional até o Paraguai. A simulação do modelo GFDL, para o clima presente, embora apresente alguma diferença no posicionamento dos sistemas de alta e baixa pressão em relação ao NCEP também mostra a configuração da alta pós-frontal associada a casos de eventos frios (Figura 4). No entanto, observa-se que o centro do anticiclone está mais deslocado para oeste nos casos encontrados pelo GFDL. O posicionamento da circulação ciclônica e anticiclônica, associada ao sistema frontal, mais a oeste mostrado no GFDL é observado também nas áreas 2 e 3 (Figura 4). Em todas as áreas as anomalias da PNM tanto positivas quanto negativas são intensas devido ao fato destes casos já serem os mais extremos. Porém, o GFDL apresenta anomalias mais intensas e em uma extensão maior que o NCEP, para o clima presente. Para o clima futuro, as anomalias de PNM associadas ao cavado sobre o continente atingem latitudes mais baixas, nas 3 áreas.

Em relação à temperatura (Figura 5), o modelo GFDL simula o ar mais frio também a oeste do observado na reanálise, nas 3 áreas. Em altos níveis (Figura 6), observam-se cavados e cristas também posicionados a oeste em relação ao NCEP. Na área 1 é observado que a anomalia positiva e negativa é ligeiramente menos intensa que no clima futuro. Em todas as áreas o escoamento de sul em 850 hPa (figura 5), o qual

advecta o ar frio, é mais intenso que no clima presente.

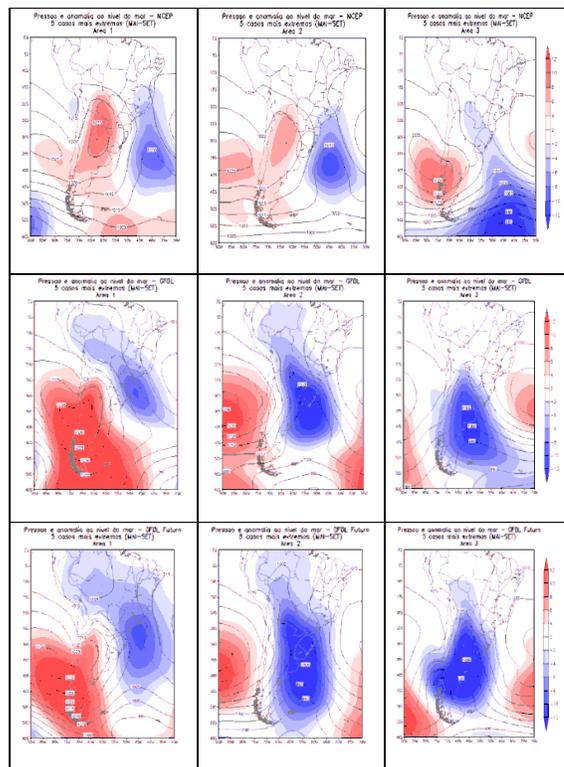
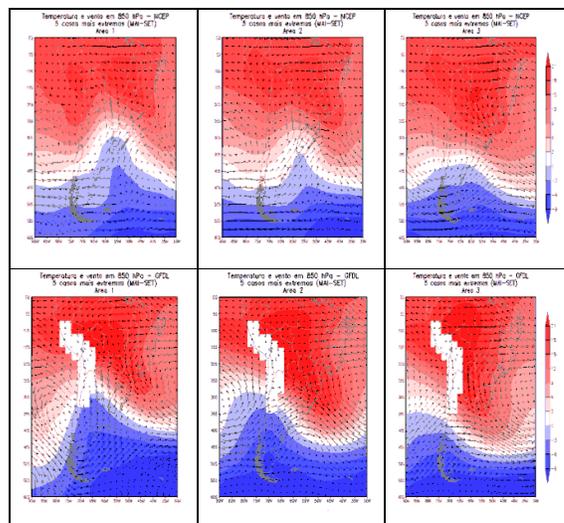


Figura 4: Pressão e anomalia ao nível médio do mar: área 1 (primeira coluna), área 2 (segunda coluna), área 3 (terceira coluna) para reanálise (primeira linha; GFDL presente (segunda linha); GFDL-Futuro (terceira linha).



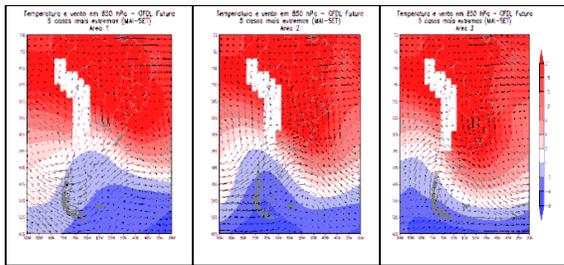


Figura 5: Temperatura e vento em 850 hPa: área 1 (primeira coluna), área 2 (segunda coluna), área 3 (terceira coluna) para reanálise (primeira linha; GFDL presente (segunda linha); GFDL-Futuro (terceira linha).

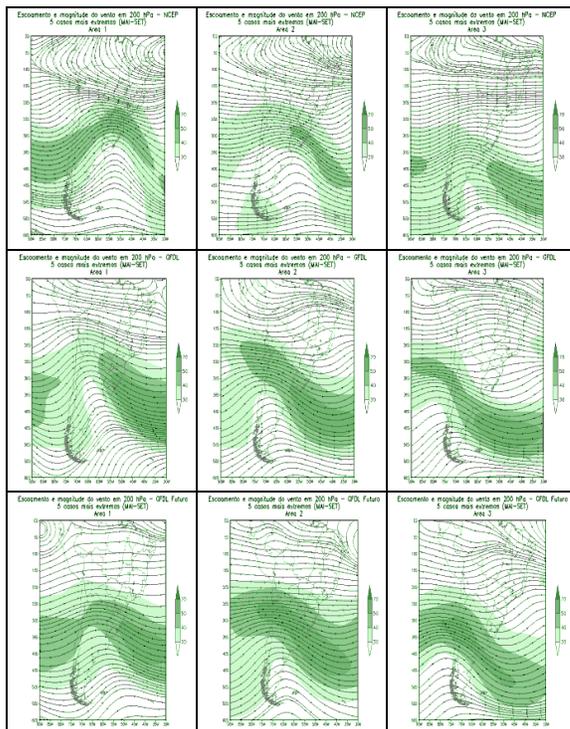


Figura 6: Escocamento e magnitude do vento em 200 hPa: área 1 (primeira coluna), área 2 (segunda coluna), área 3 (terceira coluna) para reanálise (primeira linha; GFDL presente (segunda linha); GFDL-Futuro (terceira linha).

CONCLUSÃO

Nas análises de passagens de frentes frias, os modelos GFDL e Hadley superestimam o número obtido na reanálise. Para o clima futuro, o modelo GFDL simula uma média de 1 caso a mais por ano, e o número de casos mais extremos de queda de temperatura associada à passagem das frentes frias permanece o mesmo, exceto na

área 2, onde o número é um pouco maior no clima futuro. Nas simulações do Hadley a frequência média dos sistemas frontais é ainda maior, porém o mesmo não acontece na análise dos casos mais extremos. Os campos atmosféricos dos cinco casos com sistemas frontais mais intensos, considerando as maiores quedas de temperatura indicaram configurações semelhantes entre o modelo GFDL e a reanálise, ou seja, no campo de pressão, um par alta/ baixa pressão, confluência dos ventos em baixos níveis, e um cavado e altos níveis, nas 3 áreas estudadas, porém em localizações mais a sul ou mais ao norte, dependendo da área. O modelo simula bem a posição das frentes nas 3 áreas de estudo.

AGRADECIMENTOS

Ao Projeto Prosul-CNPq : 490466/2006-0 e aos: international modeling groups for providing their data for analysis, the Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison (PCMDI) for collecting and archiving the model data, the JSC/CLIVAR Working Group on Coupled Modelling (WGCM) and their Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) and Climate Simulation Panel for organizing the model data analysis activity, and the IPCC WG1 TSU for technical support. The IPCC Data Archive at Lawrence Livermore National Laboratory is supported by the Office of Science, U.S. Department of Energy.

Ao projeto: PICT2005-38193 ANPCyT, pelo financiamento.

REFERÊNCIAS

Garreaud, R. D., 2000. Cold air incursions over subtropical South America: mean structure and dynamics. *Monthly Weather Review*, v. **128**, n.7, p. 2544-2559.

Hall, N.; B.Hoskins; P.Valdes; C.Senior, 1994. Storm tracks in a high resolution GCM with doubled carbon dioxide. *Quart. J.R. Met. Soc.*, **120**,1209-1230.

IPCC, 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007*

Kalnay E. e co-autores, 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, v.77, 437-471.

Marengo, J.; Cornejo, A.; Satyamurty, P.; Nobre, C. A.; Sea, W. 1997. Cold surges in tropical and extratropical South America: The strong event in June 1994. *Monthly Weather Review*, v. **125**, n.11, p. 2759-2786.

Marengo, J.; Camargo, CGC, 2008. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960–2002. *Int. J. Climatology*, v. **28**. Pp. 893–904.

Seluchi M.E.; Marengo, J. A. 2000. Tropical-midlatitude exchange of air masses during summer and winter in South America: climatic aspects and examples of intense events. *International Journal of Climatology*, v.**20**, n.10,