

Estudo de tendência das temperaturas mínimas na Região Sul do Brasil

Virginia Piccinini Silveira¹ e Manoel Alonso Gan²

RESUMO

Neste trabalho verificou-se a tendência climatológica da temperatura mínima do inverno da Região Sul do Brasil usando dados de reanálises do NCEP/NCAR. A temperatura mínima foi dividida em 5 parâmetros, para uma melhor análise do seu comportamento: mínima, máxima, média sazonal, amplitude térmica sazonal e média do mês de julho. Usando o Teste de Tendência de Mann-Kendall observou-se que o estado do Rio Grande do Sul foi o único estado a ter tendência climatológica significativa nos parâmetros de máxima, média e amplitude térmica. Também foi analisado um ponto de grade, para se obter o local da mudança de tendência deste ponto (Teste sequencial de Mann-Kendall). As mudanças de tendência ocorreram no início da década de 50, e somente na década de 80 (máxima) e 90 (amplitude) estas tornaram-se significativa.

ABSTRACT

The trend of the minimum temperature (Tmim) in the winter over Southern Brazil was verified in this study. The Tmim from the NCEP/NCAR reanalysis dataset was used. The Tmim was divided in five parameters: minimum, maximum, sazonal average, thermal amplitude and July monthly average. Using the Mann-Kendall Trend Test it was observed that just Rio Grande do Sul state had significant trend and this trend was in the maximum, monthly average and thermal amplitude parameters. Also a gridded point was analyzed to find the change of trend (sequential Test of Mann-Kendall) in this point. The significant changes of the trend have occurred in the beginning of the 50 years and in the 80 (maximum) and 90 (amplitude) years they had only become significant.

Palavras-chave: tendência climatológica, temperatura mínima.

INTRODUÇÃO

O aquecimento global durante o século vinte (da ordem de 0.4 a 0.8°C) não é atribuído apenas ao efeito estufa segundo as conclusões das discussões sobre o clima global ocorrido no “Panel on Reconciling Temperature Observations 2000”. Isto por que as variações na temperatura são suficientemente grandes para serem apenas devido ao aumento do efeito estufa (Houghton et al.,

1-Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Av. dos Astronautas, 1758. São José dos Campos/SP. Fone:12-39456650. email: silveira@cptec.inpe.br

2- alonso@cptec.inpe.br

1996) e as alterações não são temporariamente consistente (Karl et al., 1996) para se rejeitar a hipóteses de variações naturais.

Um dos fatores causadores das variações na temperatura são os fenômenos climáticos. Villarroel et al. (2006) observou que sobre a costa oeste da América do Sul Extratropical houve uma mudança no regime da temperatura após a metade dos anos 70, associada como a troca de fase negativa-positiva da Oscilação Decadal do Pacífico. O El-niño é outro indicador da tendência da temperatura causando efeito tanto regional como global (Halpert e Ropelewski, 1992).

Pequenas mudanças nas condições médias da atmosfera podem levar a grande mudança na frequência de eventos extremos. Estudos da temperatura máxima e mínima da Argentina mostram a ocorrência de uma importante diminuição da amplitude térmica anual e também uma tendência positiva nos valores da temperatura mínima e na quantidade de dias frios (Rusticucci e Barrucand, 2004; Long e Muller, 2006).

Portanto, torna-se importante determinar se na região sul do Brasil está havendo mudanças significativas de temperatura, principalmente na T_{mim} diária, visto que a agricultura é a principal atividade econômica dessa região. Assim, este trabalho tem como objetivo estudar a tendência de cinco parâmetros de T_{mim}, a saber: mínima, máxima, média diária, média mensal do mês de julho e a amplitude sazonal.

MATERIAL E MÉTODO

Neste estudo foi escolhida a T_{mim} diária para se calcular as tendências climáticas. Os dados usados são as reanálises do National Center For Environmental Predictions National Center For Atmospheric Research (NCEP/ NCAR) relativo ao período de 1950-2005 e a área a ser analisada é a Região Sul do Brasil. Os dados estão em grade Gaussiana com resolução aproximada de 1,9° latitude por 1,8° longitude, no nível de 2 metros de altura.

O período estudado inclui apenas os meses com característica de inverno na circulação atmosférica da Região Sul do Brasil, isto é: maio, junho, julho, agosto e setembro. A tendência da T_{mim} foi investigada a partir dos seguintes parâmetros sazonal: T_{mim} absoluta (*T_{mim}_Abs*), máxima da T_{mim} (*T_{mim}_Max*), média da T_{mim} (*T_{mim}_Med*) e amplitude térmica (diferença entre a máxima e a mínima da T_{mim} durante o período de inverno, *T_{mim}_Amp*). Também se analisou a T_{mim} média do mês de julho (*T_{mim}_Jul*) por ser este o mês mais frio.

O Teste de Mann-Kendall (S) foi usado para se analisar as tendências lineares da série. Este teste não-paramétrico pode ser usado em séries descontinuas com distribuição desconhecida, com a vantagem de usar a magnitude relativa dos valores da série. Porém, os dados precisam ser variáveis aleatórias, independentes e identicamente distribuídas (Gilbert, 1983).

Considera-se hipótese nula (H_0) de ausência de tendência para os dados da série, o teste de tendência de Mann-Kendall consiste do cálculo de S . H_0 é rejeitado a um nível de significância (neste trabalho foi escolhido 95%) para que exista uma tendência significativa na série temporal. Para que H_0 seja rejeitado, o valor absoluto da estatística da distribuição normal padrão Z deverá ser maior que $Z_{1-\alpha/2}$, ou seja, $Z > 1.95$ para 95% de significância. Caso isto ocorra, significa que existe tendência significativa na série e o sinal de S indicará se a tendência é positiva ($S > 0$) ou negativa ($S < 0$). Mais informações sobre este teste podem ser obtidas em Gilbert (1983).

Para se analisar o local da mudança de tendência na série é calculado o Teste Sequencial de Mann-Kendall [$u(t)$]. Este teste baseia-se que as sucessões de valores climáticos devem ser independentes e a distribuição da probabilidade deve permanecer a mesma. O ponto de início da mudança pode ser determinado aplicando o mesmo princípio na série inversa [$u^*(t)$]. A intersecção das curvas $u(t)$ e $u^*(t)$ localiza o ponto de mudança, se esta ocorre dentro do intervalo de confiabilidade (significância estatística de 95%). Mais informações sobre este teste podem ser obtidas em Back (2001).

ANÁLISE DAS TENDÊNCIAS DA TEMPERATURA MÍNIMA

Na Figura 1 são mostradas as áreas com tendências climáticas significantes (95% de significância estatística) dos parâmetros da T_{min} calculadas a partir do teste de Mann-Kendall para a Região Sul do Brasil. A principal característica vista nas figuras é a existência de tendência apenas no estado do Rio Grande do Sul (RS) para os parâmetros de T_{min_Med} , T_{min_Max} e T_{min_Amp} .

Na Figura 2 analisa-se o sinal das tendências (S), para $S > 0$ tendência positiva e $S < 0$ tendência negativa. Nos outros estados da Região Sul do Brasil não foram observados tendências significativas na T_{min_Abs} , T_{min_Med} , T_{min_Max} , T_{min_Amp} e T_{min_Jul} .

O litoral centro-sul do RS é a região onde se observa tendência positiva da T_{min_Med} (Figuras 1B e 2A). Isso significa que, as T_{min} médias de inverno nesta região estão aumentando nos últimos 55 anos.

Há tendência da T_{min_Max} em uma grande área do RS (Figura 1C). A tendência positiva vista na Figura 2B nos mostra um aumento dos valores máximos da T_{min} , apontando para um aumento de eventos extremos da máxima da T_{min} .

No sul do RS existe tendência significativa do aumento da T_{min_Amp} (Figuras 1D e 2C). Este parâmetro nos mostra um aumento na diferença dos extremos de T_{min} , ou seja, os extremos das mínimas e das máximas da T_{min} estão aumentando em cada inverno.

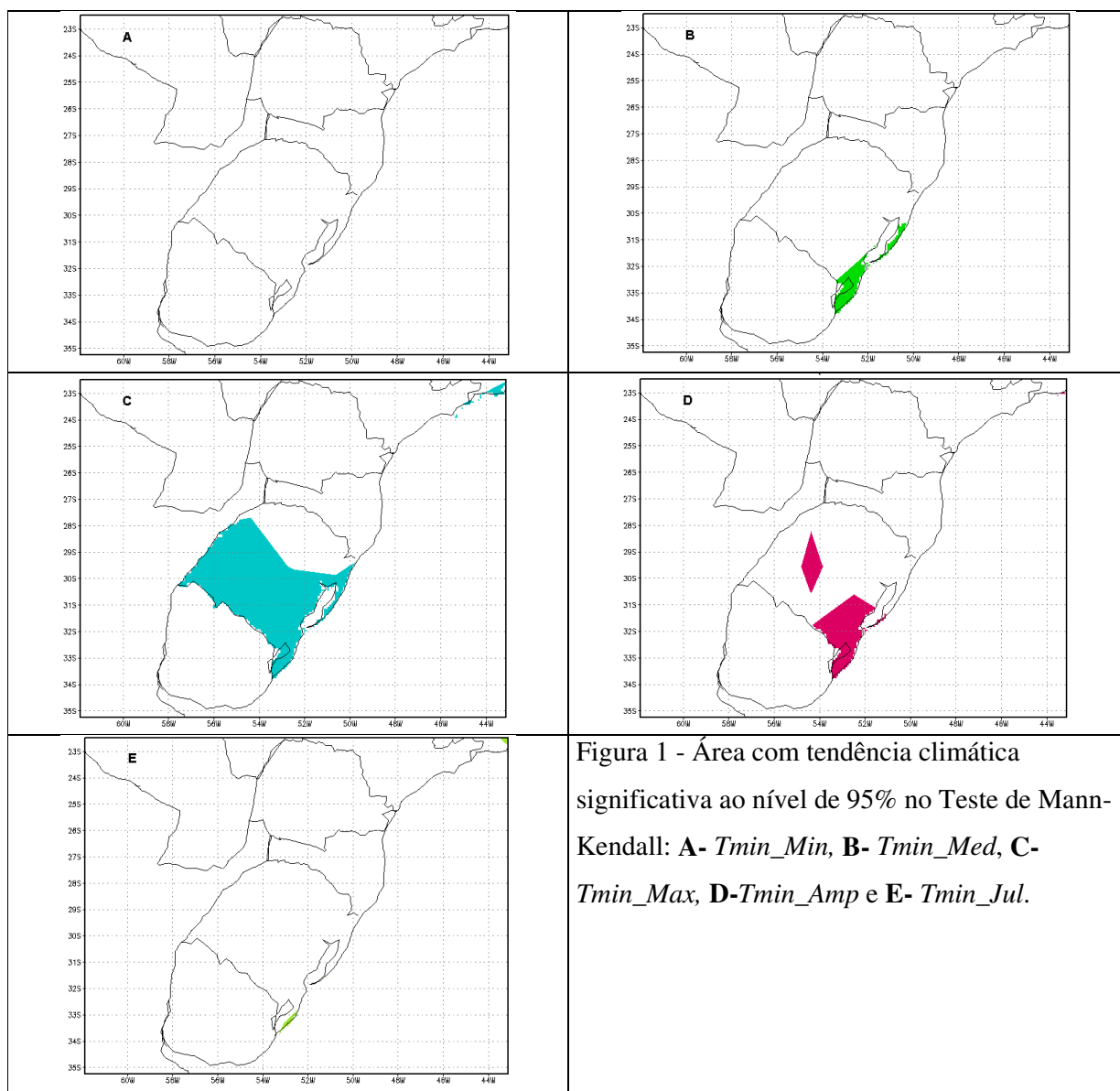
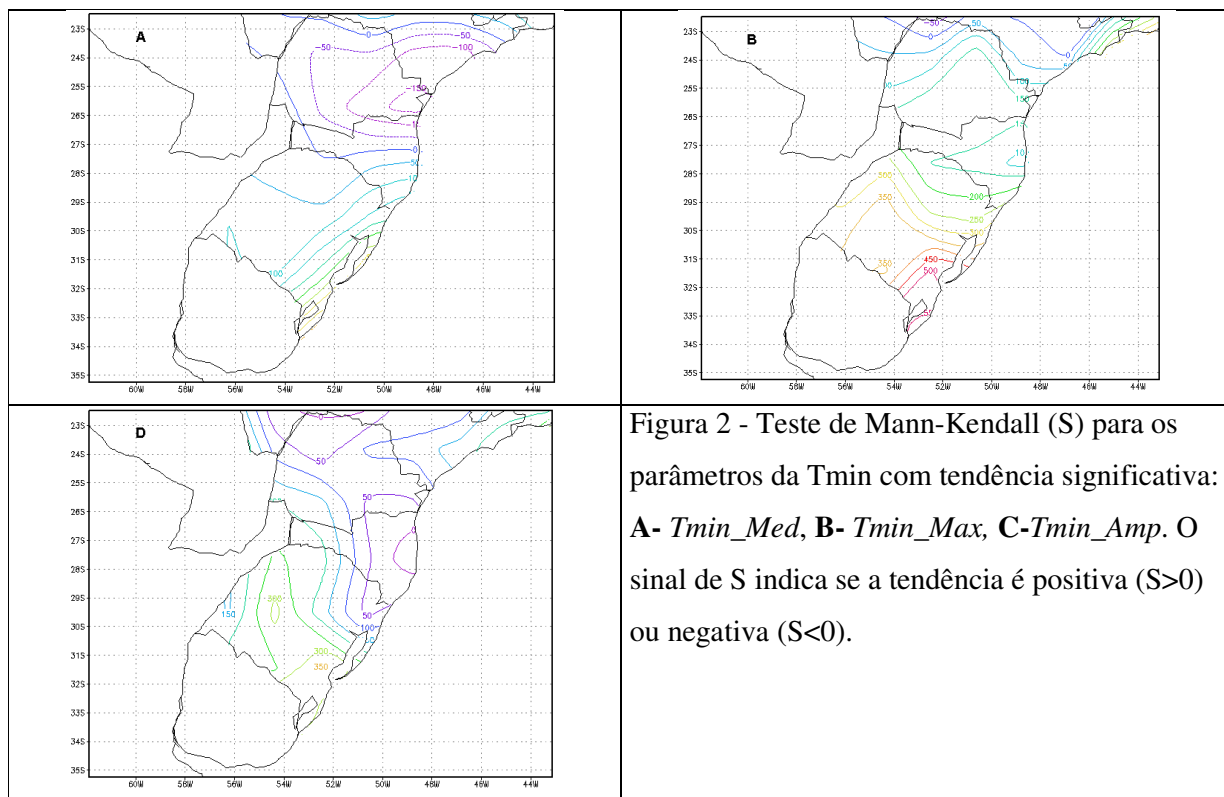


Figura 1 - Área com tendência climática significativa ao nível de 95% no Teste de Mann-Kendall: **A-** *Tmin_Min*, **B-** *Tmin_Med*, **C-** *Tmin_Max*, **D-** *Tmin_Amp* e **E-** *Tmin_Jul*.

O ponto que corresponde a 29.18°S e 54.375°W foi escolhido para calcular a mudança brusca de tendência na série por ter dois parâmetros estudados da *Tmin* com tendência significativa e também por sofrer menos influência do oceano (Teste Sequência de Mann-Kendall). Neste ponto, a mudança brusca de tendência da *Tmin_Max* ocorre no início da série em 1953, com tendência crescente tornando-se significativa no início da década de 80 (Figura 3A). Na *Tmin_Amp* a mudança de tendência tem início em 1956, porém torna-se significante somente em 1994 (Figura 3B).



CONCLUSÕES

Dos parâmetros da T_{min} estudados apenas na *T_{min}_Med*, *T_{min}_Max* e *T_{min}_Amp* foram encontradas tendências significativas e somente sobre o estado do RS. A tendência positiva da *T_{min}_Max* ocorreu em quase todo o RS, o que significa um aumento das máximas da T_{min} de inverno em quase todo RS. A área com tendências positiva da *T_{min}_Méd* e da *T_{min}_Amp* foi apenas na região sudeste do estado (Figuras 1 e 2).

O cálculo da mudança brusca da tendência no ponto 29.18°S e 54.375°W, onde dois parâmetros da T_{min} (*T_{min}_Max* e *T_{min}_Amp*) têm tendência significativa, mostra que as mudanças de tendência ocorreram no início da década de 50. No parâmetro *T_{min}_Max* a tendência foi positiva e tornando-se significativa no início da década de 80 (Figura 3A). No parâmetro *T_{min}_Amp* a mudança de tendência positiva torna-se significante somente em 1994 (Figura 3B).

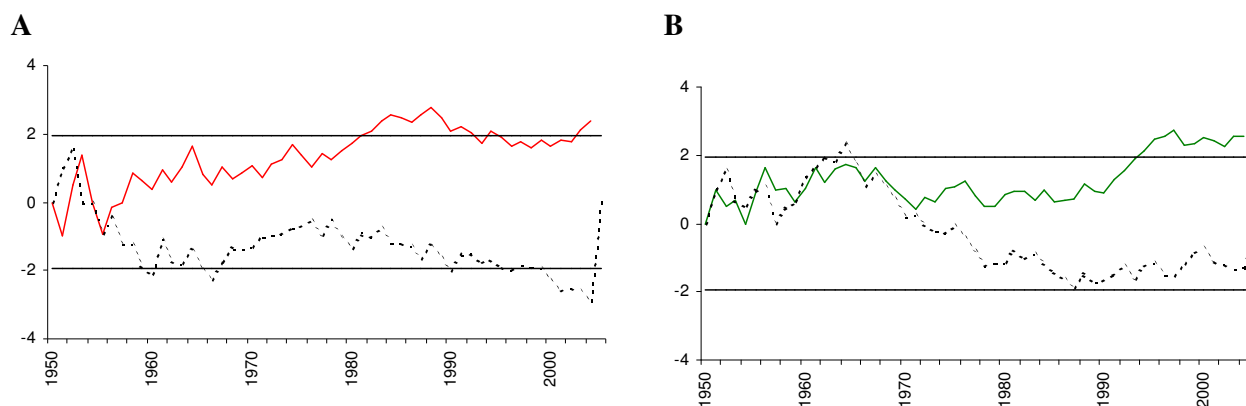


Figura 3 - Estatísticas de $u(t)$ (linha contínua) e de $u^*(t)$ (linha pontilhada) do Teste Sequencial de Mann-Kendall para o ponto 29.18°S e 54.375°W. A linha horizontal representa o intervalo de confiabilidade de 95%. **A-** T_{min_Max} e **B-** T_{min_Amp} .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Back, A.J., Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climática. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726, 2001.
- Gilbert, R. O, Statistical methods for environmental pollution monitoring. New York: Van Nostrand Reinhold, 1983. 320 p., 1983.
- Halpert, M. S., and C. F. Ropelewski: Surface temperature patterns associated with the Southern Oscillation. J. Climate, 5, 577-593, 1992.
- Houghton, J. T.; Meira Filho, L. C.; Callander, B. A.; Harris, N.; Katterberg, A.; Maskell, K. (Ed.). Climate Change 1995: The Science Of Climate Change: Contribution Of Working Group I To The Second Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change. Cambridge (Inglaterra): Cambridge University Press, 1996. 584p.
- Karl, T.R., Knight, R. W., et al., Indices of climate change for the United States. American Meteorological Society Bulletin, Boston, v.77, n.2, p. 279-292, 1996.
- Long M.E.F., Muller, G. V., Annual and Monthly Trends in Fronts Days in the West Pampa, FOZ p.249-253, 2006.
- Panel on Reconciling Temperature Observations, Reconciling observations of global temperature change, 104 pp., Comm. on Geosci. Environ. and Resour., Natl. Res. Counc., Washington, D. C., 2000.
- Rusticucci, M., Barrucand, M. Changes in Temperature extremes over Argentina. Journal of Climate, Vol.17, N.20, pp.269-284, 2004.
- Villaruel C. P., Rosenbluth B., Aceituno P. Climate change along the extratropical west coast of South America (Chile) et. al. (2006): Daily max/min temperatures. In: 8th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, 2006, Foz do Iguaçu, p.487-489.