

# Análise de tendências temporais em séries históricas de variáveis meteorológicas no Brasil utilizando o método Contextual Mann-Kendall (CMK)

Marcos Figueiredo Salviano<sup>1</sup>  
Giampaolo Queiroz Pellegrino<sup>2</sup>

Mudanças climáticas podem causar impactos em diversos segmentos socioeconômicos do Brasil, como agricultura e pecuária, geração de energia, abastecimento de água e ocorrência de desastres naturais. Assim deriva a importância em estudar a causa e a dimensão destas mudanças para que ações possam ser tomadas, a fim de se evitar, ou ao menos minimizar, os impactos negativos. Uma alternativa para detectar mudanças climáticas é por meio de estudo de tendências de dados passados. Uma análise espacial de tendência permite concluir em quais regiões uma determinada variável está sofrendo mudanças significativas.

Este estudo tem como objetivo calcular e regionalizar tendências temporais significativas em séries históricas entre os anos de 1961 e 2011 para as variáveis meteorológicas: precipitação (mm), temperatura média (°C), umidade relativa (%), evapotranspiração potencial (mm/dia) e frequência de geadas (dias) no Brasil, utilizando o método *Contextual Mann-Kendall* (CMK).

Na falta de uma rede meteorológica com maior densidade de estações para todo Brasil, foram utilizados mapas interpolados pelo *Climatic Research Unit* (CRU) (UNIVERSITY OF EAST ANGLIA CLIMATIC RESEARCH UNIT, 2012). Os mapas interpolados possuem frequência mensal e resolução espacial de 0.5° de longitude por 0.5° de latitude. Para a realização dos cálculos, a área continental do Brasil (contida entre os limites -73.5° e -35.0° de longitude e 5.50° e -33.5° de latitude) foi separada das demais. Para o

---

<sup>1</sup> CNPq (DTI-C) - marcosfs123@gmail.com

<sup>2</sup> Embrapa Informática Agropecuária - giampaolo.pellegrino@embrapa.br

estudo, foi escolhido o período entre 1961 e 2011, resultando num total de 612 meses de dados para cada variável. Para uma análise mais coerente e evitar a influência da sazonalidade nos resultados, cada mês de cada variável foi analisado separadamente.

Para uma análise de consistência dos dados, as séries históricas interpoladas pelo CRU foram comparadas com séries históricas de dados observados (temperatura média e precipitação) de 290 estações do INMET. A correlação linear entre as séries foi alta, com uma correlação média de 0.815 para precipitação e 0.889 para temperatura média. Para solidificar esta análise, atualmente outros índices de estimativa do viés entre as séries estão sendo gerados.

Para o cálculo das tendências foi utilizado o método CMK (NEETI; EASTMAN, 2011) que consiste numa regionalização do teste de Mann-Kendall (KENDALL, 1975; MANN, 1945) para satisfazer um dos princípios fundamentais da Geografia de que regiões vizinhas tendem a possuir características semelhantes. O teste de Mann-Kendall é um método robusto, sequencial e não paramétrico, utilizado para determinar se determinada série de dados possui uma tendência temporal de alteração estatisticamente significativa. Por se tratar de um método não paramétrico, este método não requer que os dados apresentem distribuição normal (YUE et al., 2002). Por não exigir uma distribuição normal dos pontos, o método de Mann-Kendall é frequentemente utilizado para o cálculo de tendências em séries de variáveis ambientais. O método baseia-se em rejeitar ou não a hipótese nula ( $H_0$ ), de que não exista tendência na série de dados, adotando-se um nível de significância ( $\alpha$ ). O nível de significância pode ser interpretado como a probabilidade de cometer-se o erro de rejeitar a  $H_0$  quando esta for verdadeira. Para o presente estudo foram adotados níveis de significância de 1, 5 e 10%, sendo levados em consideração os sinais dos resultados para saber se as tendências são positivas ou negativas.

Os dados foram compilados e analisados utilizando-se o software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) IDRISI Selva 17.02 (CLARK LABS, 2012). Pelo seu módulo *Earth Trends Modeler* (ETM) é possível analisar tendências em séries históricas espacialmente distribuídas. O CMK é um dos métodos de análise de tendências contidos no ETM/IDRISI, que permite aplicá-lo a séries históricas de mapas e imagens para cada um de seus pixels. Permite ainda classificar ou regionalizar o mapa resultante de níveis tendências.

Assim como em estudos recentes de tendências meteorológicas globais (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2007), a **temperatura média** apresentou uma grande área com tendência temporal significativa para o período estudado, com valores relativos à percentagem do território do Brasil, variando de 48,39% (setembro) a 82,79% (outubro). O oeste da Amazônia, oeste da região Centro-Oeste e norte da Caatinga não apresentaram tendências positivas significativas.

As tendências positivas na temperatura média influenciaram na **frequência de geadas**, sendo detectadas tendências negativas (redução no número de dias com geadas) no sul de Minas Gerais (julho) e no Paraná (junho).

Para a variável precipitação, a maior parte do território do Brasil não apresentou tendências significativas com valores de áreas sem tendência variando de 74,22% (março) a 95,82% (novembro). Áreas espalhadas ao longo da Caatinga na região Nordeste apresentaram uma maior frequência de meses com tendência positiva significativa. O oeste da Amazônia apresentou tendência positiva significativa no período mais chuvoso (janeiro a abril) e negativa no período mais seco (junho a setembro), indicando extremos mais acentuados.

A **umidade** relativa apresentou um equilíbrio entre as tendências. Uma região compreendida entre o sul do Ceará e os sertões de Pernambuco e Paraíba apresentou uma tendência positiva significativa em todos os meses. Os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul também apresentaram uma predominância de tendências positivas. O Centro-Oeste e o leste do Pará apresentaram tendências predominantemente negativas.

A **evapotranspiração** potencial apresentou uma relação diretamente proporcional à temperatura média, predominando tendências positivas, principalmente no Centro-Oeste e no leste da região amazônica. Em geral, a região a oeste do paralelo -55.00 ou não apresentaram tendência significativa ou apresentaram tendências negativas.

O IDRISI demonstrou-se bastante eficiente e ágil para trabalhar com séries históricas distribuídas espacialmente, bem como regionalizar suas tendências com facilidade, com ferramentas para compilar, visualizar e analisar as séries históricas. O método CMK mostrou-se mais adequado do que o Teste de Mann-Kendall em análises espaciais, pois evita a ocorrência de resultados espúrios e ruídos, mantendo a coerência e integração de regiões de tendências semelhantes e corrigindo efeitos da interpolação espacial dos dados.

## Referências

CLARK LABS. **IDRISI Selva Service Update to 17.02**. 2012. Disponível em: <<http://www.clarklabs.org/>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2007 – the Physical Science basis**. Cambridge: Cambridge University, 2007. 996 p. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC.

KENDALL, M. G. **Rank correlation methods**. London: Griffin, 1975. 202 p.

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, Chicago, v. 13, n. 3, p. 245–259, Jul. 1945.

NEETI, N.; EASTMAN, J. R. A contextual mann-kendall approach for the assessment of trend significance in Image time series. **Transactions in GIS**, Cambridge, v. 15, n. 5, p. 599–611, 2011.

UNIVERSITY OF EAST ANGLIA CLIMATIC RESEARCH UNIT. **CRU time series (TS) high resolution gridded data version 3.20**: of high resolution gridded data of month-by-month variation in climate (Jan. 1901 - Dec. 2011). 2012. Disponível em: <[http://badc.nerc.ac.uk/view/badc.nerc.ac.uk\\_\\_ATOM\\_\\_ACTIVITY\\_3ec0d1c6-4616-11e2-89a3-00163e251233](http://badc.nerc.ac.uk/view/badc.nerc.ac.uk__ATOM__ACTIVITY_3ec0d1c6-4616-11e2-89a3-00163e251233)>. Acesso em: 20 abr. 2013.

YUE, S.; PILON, P.; CAVADIAS, G. Power of the Mann-Kendall and spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 259, n. 1-4, p. 254-271, Mar. 2002.