

TENDÊNCIAS EM SÉRIES HISTÓRICAS DE VAZÃO: COMPARAÇÃO ENTRE DOIS TESTES ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS

KAYOMA KARPINSKI DA SILVA¹; HUGO ALEXANDRE SOARES GUEDES²

¹*Universidade Federal de Pelotas – kayomakarpinski@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – hugo.guedes@ufpel.edu.br*

1. INTRODUÇÃO

O impacto das mudanças climáticas aliado ao uso do solo tem influenciado a dinâmica das bacias hidrográficas nas últimas décadas. Conforme o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) já foi registrado um aumento de temperatura de 0,74°C na média global (IPCC, 2007). Para Karl et al. (1996), esse aquecimento tem influência direta na alteração, frequência e distribuição das chuvas, aumentando as ocorrências de secas e de cheias.

Com o propósito de verificar a estacionariedade de séries históricas, diversos pesquisadores como Damé et al. (2013), Uliana et al. (2015), Ahmad (2015), entre outros, realizaram estudos de análise de tendência através de testes estatísticos não paramétricos. Nesses estudos, os testes mais utilizados foram o de Mann Kendall e Spearman's rho.

Hao et al. (2007) avaliaram o impacto das mudanças climáticas sobre o escoamento superficial do rio Tarim, na China, utilizando o teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall. Os resultados mostraram aumento de tendência nas cabeceiras do rio, enquanto que nas correntes principais houve diminuição significativa de escoamento durante os últimos 50 anos.

Muitos municípios pertencentes à bacia hidrográfica do rio Uruguai são frequentemente atingidos por estas mudanças, devido às alterações nas vazões dos rios. Righi e Robaina (2010) apontam mais de 25 eventos de inundação registrados entre 1980 e 2005. Tais mudanças podem influenciar tanto a disponibilidade de água para abastecimento público e irrigação, quanto o potencial hidrelétrico da região.

Nesse contexto, é essencial o conhecimento do efeito das mudanças climáticas sobre a vazão dos cursos de água a fim de obter informações que possam auxiliar na compreensão e no gerenciamento dos recursos hídricos. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi identificar tendências mensais em séries históricas de vazão, comparando dois testes estatísticos não paramétricos, em três municípios do estado do Rio Grande do Sul, pertencentes à bacia do rio Uruguai.

2. METODOLOGIA

Foram utilizadas séries históricas de vazão registradas nas estações Passo Major Zeferino (75430000), Ponte Nova do Potiribu (75185000) e Tucunduva (74700000), correspondentes ao período de 1964 a 1995. Este período foi considerado por apresentar uma equivalência entre as estações fluviométricas e por não apresentar falhas. Os postos estão localizados na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, pertencente à bacia hidrográfica do rio Uruguai, e possuem coordenadas geográficas de 28°44'0"S e 54°38'0"W, 28°22'38"S e 53°52'32"W, 27°40'27"S e 54°27'45"W respectivamente. Os dados foram obtidos

do Sistema de Informações Hidrológicas – HIDROWEB da Agência Nacional de Águas (ANA).

A análise de tendência nos dados mensais de vazão foi feita por meio dos testes estatísticos não-paramétricos de Mann-Kendall e Spearman's rho a um nível de significância de 95% ($p < 0,05$), com auxílio do software TREND – Trend/Change Detection (CHIEW; SIRIWARDENA, 2005). Os testes partem do pressuposto a definição de uma hipótese nula (H_0) de ausência de tendência nos dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados das análises de tendências utilizando os testes Mann-Kendall e Spearman's rho para as três estações estudadas. Observa-se que os testes estatísticos apresentaram divergências nas análises em pelo menos um mês de cada estação.

Tabela 2. Resultados dos testes não-paramétrico de Mann-Kendall e Spearman's rho para as séries temporais de vazão média.

Mês	75185000								
	Mann-Kendall					Spearman's rho			
	Z_{calc}	Z_{tab}	$H_0 (Z)$	Tendência	R_{calc}	R_{tab}	$H_0 (R)$	Tendência	
Janeiro	0,769	1,96	A	-	0,829	1,96	A	-	
Fevereiro	0,657	1,96	A	-	0,649	1,96	A	-	
Março	0,75	1,96	A	-	0,86	1,96	A	-	
Abril	1,857	1,96	A	-	1,971	1,96	R	↑	
Maio	1,257	1,96	A	-	1,455	1,96	A	-	
Junho	1,032	1,96	A	-	1,155	1,96	A	-	
Julho	1,444	1,96	A	-	1,444	1,96	A	-	
Agosto	-0,413	1,96	A	-	-0,339	1,96	A	-	
Setembro	0,694	1,96	A	-	0,537	1,96	A	-	
Outubro	1,557	1,96	A	-	1,715	1,96	A	-	
Novembro	2,063	1,96	R	↑	1,971	1,96	R	↑	
Dezembro	1,219	1,96	A	-	1,402	1,96	A	-	

Mês	75430000								
	Mann-Kendall					Spearman's rho			
	Z_{calc}	Z_{tab}	$H_0 (Z)$	Tendência	R_{calc}	R_{tab}	$H_0 (R)$	Tendência	
Janeiro	1,842	1,96	A	-	2,079	1,96	R	↑	
Fevereiro	0,121	1,96	A	-	0,232	1,96	A	-	
Março	0,211	1,96	A	-	0,122	1,96	A	-	
Abri	-1,902	1,96	A	-	-1,766	1,96	A	-	
Maio	-0,151	1,96	A	-	-0,203	1,96	A	-	
Junho	0,453	1,96	A	-	0,261	1,96	A	-	
Julho	0,272	1,96	A	-	0,105	1,96	A	-	
Agosto	0,211	1,96	A	-	0,314	1,96	A	-	
Setembro	-0,695	1,96	A	-	-0,964	1,96	A	-	
Outubro	-2,567	1,96	R	↓	-2,526	1,96	R	↓	
Novembro	0	1,96	A	-	-0,012	1,96	A	-	
Dezembro	0	1,96	A	-	0,012	1,96	A	-	

Mês	74700000								
	Mann-Kendall					Spearman's rho			
	Z _{calc}	Z _{tab}	H ₀ (Z)	Tendência	R _{calc}	R _{tab}	H ₀ (R)	Tendência	
Janeiro	2,082	1,96	R	↑	2,028	1,96	R	↑	
Fevereiro	1,444	1,96	A	-	1,413	1,96	A	-	
Março	1,107	1,96	A	-	1,186	1,96	A	-	
Abril	0,657	1,96	A	-	1,011	1,96	A	-	
Maio	0,506	1,96	A	-	0,553	1,96	A	-	
Junho	1,088	1,96	A	-	1,121	1,96	A	-	
Julho	-0,356	1,96	A	-	-0,287	1,96	A	-	
Agosto	-1,369	1,96	A	-	-1,207	1,96	A	-	
Setembro	-0,938	1,96	A	-	-0,923	1,96	A	-	
Outubro	1,988	1,96	R	↑	1,903	1,96	A	-	
Novembro	0,469	1,96	A	-	0,331	1,96	A	-	
Dezembro	0,844	1,96	A	-	0,8	1,96	A	-	

A: aceita a hipótese nula (H₀) a p < 0,05; R: rejeita a hipótese nula (H₀) a p < 0,05.

Com relação à estação fluviométrica 75185000 houve tendência positiva de vazão para o mês de abril somente para o teste de Spearman' rho. Para o mês de novembro ambos os testes indicaram aumento de tendência a um nível de significância de 95% (p<0,05). Este aumento pode estar relacionado à elevação dos índices pluviométricos nestes períodos, levando a um acréscimo do escoamento superficial. Uliana et al. (2014) avaliaram a relação existente entre tendências de séries temporais de precipitação e vazão mensal e anual para os anos de 1939 a 2005 no município de Alegre-ES. Foi identificada uma mudança de tendência na vazão média mensal do mês de outubro a partir do ano de 1963, tendo um aumento de 34,2%. Este aumento foi relacionado à tendência positiva de precipitação observada nos meses de agosto e setembro a partir dos anos 1967 e 1964, respectivamente.

Para as estações 75430000 e 74700000 observou-se tendências positivas no mês de janeiro. Contudo, apenas para a segunda estação foi verificado convergência entre ambos os testes. Estas tendências podem estar associadas a diversos fatores, de origem antrópica, como desmatamentos e urbanização (ARAÚJO et al., 2014), ou não antrópica, como a intensificação da atividade solar e fenômenos naturais como El Niño e La Niña (MARENGO, 2010), que provocam alteração da precipitação sobre o Estado.

Quanto ao mês de outubro houve redução de tendência para a estação 75430000 com relação aos dois testes. Este resultado foi contrário ao obtido para a estação 74700000, que indicou acréscimo de vazão. Tais diferenças podem estar relacionadas a diferentes regimes de precipitação e uso do solo em cada localidade.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos conclui-se que os testes não paramétricos de Mann-Kendall e Spearman's rho não apresentaram concordância em todas as análises de tendência de vazão média mensal. As análises indicaram tendência predominantemente positivas para o período de 1964-1995, sendo essa consequência de possíveis modificações do regime de chuvas e das alterações nas características físicas da bacia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, I.; TANG, D.; WANG, T. F.; WANG, M.; WANG, B. Precipitation trends over time using Mann-Kendall and Spearman's rho tests in Swat river basin, Pakistan. *Advances in Meteorology*, DOI: 10.1155/2015/431860. 2015.

ARAÚJO, F. R. C. D.; SANTOS, C. A. C.; NASCIMENTO, F. C. A. Correlações entre índices extremos de temperatura e índices de grande escala climáticos e oceânicos para a região do baixo rio Colorado. *Revista Ciência e Natura*, v.36, n.3, 2014, p.450-458.

CHIEW, F.; SIRIWARDENA, L. Trend User Guide, CRC for Catchment Hydrology, Australia, 2005. 29 p.

DAMÉ, R. de C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; BACELAR, L. C. S.; WINKLER, A. S.; Santos, J. P. Montonic trend and change points in southern Brazil precipitation. *Revista Engenharia Agrícola*, v.33, n.2, p.258-268, 2013.

HAO, X.; CHEN, Y.; XU, C.; LI, W. Impacts of climate change and human activities on the surface runoff in the Tarim river basin over the last fifty years. Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Core Writing Team, PACHAURI, R. K.; REISINGER, A. (eds). Geneva: IPCC, 2007, 104 p.

KARL, T. R.; KNIGHT, R. W.; EASTERLING, D. R.; QUAYLE, R. G. Indices of climate change for the United States. *American Meteorological Society Bulletin*, v. 77, n. 2, p. 279-292, 1996.

MARENGO, J. A. Mudanças Climáticas, Condições Meteorológicas Extremas e Eventos Climáticos no Brasil. In: FBDS (org). *Mudanças Climáticas Eventos Extremos no Brasil*. FDBS & LLOYD'S. 2010. p. 5-19.

RIGHI, E; ROBAINA, L. E. S. Enchentes do Rio Uruguai no Rio Grande do Sul entre 1980 e 2005: uma análise geográfica. *Revista Sociedade & Natureza*, v. 22, n.1, 2010.

ULIANA, E. M.; SILVA, D. D. da; ULIANA, E. M.; RODRIGUES, B. S.; CORRÊDO, L. de P. *Revista Ambiente & Água*, v. 10, p. 82-88, 2015.

ULIANA, E. M.; SILVA, D. D. da; ULIANA, E. M.; RODRIGUES, B. S.; CORRÊDO, L. de. P. Análise de tendência em séries históricas de vazão e precipitação: uso de teste estatístico não paramétrico. *Revista Ambiente & Água*, v. 10, n.1, p. 82-88, 2014.