

TENDÊNCIA DE ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS EM SÉRIE DE PRECIPITAÇÕES NO MUNICÍPIO DE PELOTAS/RS

LETÍCIA BURKERT MÉLLO¹; VIVIANE RODRIGUES DORNELES²; PATRICK MORAIS VEBER²; GUSTAVO BUBOLZ KLUMB²; RITA DE CÁSSIA FRAGA DAMÉ³; ROSIANE SCHWANTZ DO COUTO³

¹UFPEL - Universidade Federal de Pelotas – leticia-burkert@hotmail.com

²UFPEL - Universidade Federal de Pelotas – vivianerdorneles@gmail.com, patrick.veber@hotmail.com, gustavo19klumb@hotmail.com

³UFPEL - Universidade Federal de Pelotas - ritah2o@hotmail.com, couto.rosianes@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas estão entre os mais significativos temas relacionados às pesquisas climáticas no atual panorama de discursos ambientais. O aquecimento global, e consequentemente, as mudanças na temperatura e seus efeitos, têm atraído a atenção de pesquisadores em diversas regiões do mundo (CROITORU et al., 2013).

Desde que foi estabelecido o *Intergovernmental Panel on Climate Change*, Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, (IPCC), este tem apresentado uma série de relatórios de avaliação sobre as mudanças climáticas, os quais mostraram um aumento nos eventos extremos de precipitação no final do século XX (IPCC, 2001).

A precipitação tende a ser significativamente afetada, tanto pela intensificação de secas, como pela maior incidência de precipitações intensas. Essas alterações podem ocasionar significativos impactos sobre o ciclo hidrológico e consequentemente, sobre os recursos hídricos, tendo em vista que a precipitação é o principal agente da variabilidade do balanço hídrico no espaço e no tempo (IPCC, 2001). Para a ocorrência de eventos de precipitação intensa, projetam-se impactos sobre os ecossistemas, agricultura e infraestrutura, particularmente importantes para a sociedade, pois além do reflexo que podem ocasionar, sua abrangência pode alcançar escalas locais, regionais e mesmo globais (RAO et al., 2014).

Diante das especificidades de cada região a ser pesquisada e visando a qualificação do processo de análise de mudanças climáticas, foi instituída pela *World Meteorological Organization*, Organização Mundial de Meteorologia (OMM), a *The Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices*, (ETCCDMI), equipe especializada em detecção, monitoramento e índices de mudanças climáticas. Foram elaborados pela equipe 27 índices de detecção, dos quais 11 são aplicados na análise de precipitação e 16 para temperatura do ar. Atualmente, esses índices têm sido utilizados como importante instrumento na análise de extremos climáticos, e ainda como base na avaliação de tendência em precipitações intensas.

Segundo Altamirano, (2010) a Região Sul do Brasil apresenta uma maior porcentagem de eventos extremos chuvosos em comparação com eventos extremos secos. Damé et al. (2013) analisaram as séries de total anual de 14 estações climatológicas pertencentes a bacia da lagoa Mirim (lado brasileiro), utilizando os testes não paramétricos de Mann-Kendall e Mann-Whitney, o teste “t” de Student para duas amostras de dados não pareados (paramétrico), bem como a técnica da média progressiva. Os autores concluíram que para as 14 estações analisadas, apenas a 3152014 (Pelotas) apresentou alteração na

tendência na série de precipitação anual, quando da aplicação dos testes de Student e Mann-Whitney.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou analisar a tendência de índices de detecção de mudanças climáticas obtidos a partir da série histórica de precipitação diária da estação 3152014 (Pelotas), através do teste de Mann-Kendall.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizados dados diários de precipitação, para o período de 50 anos (1966 a 2015), obtidos junto à Estação Agroclimatológica de Pelotas 3152014 (EMBRAPA/UFPEL/INMET). O posto selecionado localiza-se na latitude 31°45'S, longitude 52°21'O, a 13m de altitude. A partir dos dados observados, foram calculados sete índices de extremos climáticos relacionados à precipitação (Tabela 1), conforme definições do (ETCCDMI) e recomendações da (OMM). Para o cálculo dos respectivos índices foi utilizado o software *RClimDex*, desenvolvido e mantido pelos pesquisadores Xuebin Zhang e Feng Yang, do Serviço de Meteorologia do Canadá (ZHANG E YANG, 2004).

Tabela 1– Índices de precipitação, definições e unidades.

ID	Definição	Unidade
Rx1Day	Quantidade máxima de precipitação em um dia	mm
Rx5Day	Quantidade máxima de precipitação em cinco dias	mm
R55 mm	Número de dias em 1 ano em que a precipitação foi ≥ 55 mm	Dias
CDD	Número máximo de dias consecutivos com precipitação < 1 mm	Dias
CWD	Número máximo de dias consecutivos com precipitação ≥ 1 mm	Dias
R99p	Precipitação anual total em que RR > 99 percentil	mm
PRCPTOT	Total anual nos dias úmidos para precipitação ≥ 1 mm	mm

Para a avaliação de tendências climáticas foi utilizado o teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall (SNEYERS, 1975). O teste de Mann-Kendall (MK) é o método mais apropriado para analisar a significância de possíveis mudanças climáticas em séries climatológicas (GOOSSENS E BERGER, 1986).

Os dados da série são ordenados a partir do primeiro ano de observações até o último ano da série a ser estudada. O valor de Y_i , para cada tempo t_i , é comparada com todos os outros dados coletados no tempo t_j ($j > i$) subsequentes. Em seguida, calculou-se a estatística S de Mann-Kendall da seguinte forma:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n \text{sgn}(x_k - x_i) \quad (1)$$

$$\text{sing}(\cdot) = \begin{cases} +1 & \text{se } (x_j > x_i) \\ 0 & \text{se } (x_j = x_i) \\ -1 & \text{se } (x_j < x_i) \end{cases} \quad (2)$$

Para séries com grande número de termos (n), sob a hipótese nula (H_0) de ausência de tendência verdadeira, S apresenta uma distribuição normal com média zero e variância:

$$\text{VAR}(S) = \frac{n \cdot (n-1) \cdot (2n+5)}{18} \quad (3)$$

Testando a significância estatística de S para a hipótese nula, usando um teste bilateral, esta pode ser rejeitada para grandes valores da estatística Z, que é dada por:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & \dots S > 0 \\ 0 & \dots 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & \dots S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

O nível de confiança adotado foi de 95%, onde valor do teste Z deve estar dentro do intervalo de confiança [-1,96; +1,96], ou seja, se o valor de Z foi inferior à -1,96 há, de acordo com o teste MK, significativas tendências de queda nos valores da série sob investigação e quando Z é superior a 1,96 há significativas tendências de elevação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os valores das tendências dos sete índices de extremos climáticos, obtidas pelo teste de Mann-Kendall e com nível de significância de 95% ($p < 0,05$), onde está indicado o sinal da tendência, sendo que os valores em negrito correspondem às tendências com significância estatística.

Tabela 2– Teste Z, limite de confiança 95% [-1,96;+1,96]

	Rx1Day (mm)	Rx5Day (mm)	R55 mm (Dias)	CDD (Dias)	CWD (Dias)	R99p (mm)	PRCPTOT (mm)
Pelotas 3152014	0.46	0.34	0.01	-0.08	0	2.36	2.06

A partir dos resultados apresentados, observa-se que dois dos sete índices de extremos climáticos, R99p (Dias extremamente úmidos) e PRCPTOT (Precipitação total em dias úmidos), apresentaram tendência positiva, enquanto os demais, tendência de neutralidade no período estudado. Esses resultados concordam com os obtidos por Blain (2009), onde utilizando a técnica da máxima verossimilhança, detectaram tendência positiva de precipitação para Pelotas no período de 1948 a 1976 e 1977 a 2005.

Resultados semelhantes têm sido observados também para outras regiões do País. Para o estado do Ceará, Santos et al. (2009) indicam que entre os índices estudados, além de tendência de aumento de R50mm, R95p e Rx5day, foi observado também aumento no índice PRCPTOT, em todas as localidades que apresentam significância estatística para os referidos índices, sete postos de um total de 18 monitorados. Já para o estado do Amazonas, na mesorregião Centro Amazonense, Santos et al. (2016) observaram tendência significativa de aumento do índice R99p, para dois dos 13 postos monitorados, Coari e Parintins. Além de R99p, índices como Rx1Day, Rx5Day e R20mm, também indicaram tendência significativa de aumento para Parintins, demonstrando desta forma, a tendência de aumento dos eventos extremos de precipitação sobre a região.

4. CONCLUSÕES

A análise dos índices de extremos climáticos na série de precipitação da estação de Pelotas indicou tendência positiva estatisticamente significativa ao

nível de significância de 95% em dois dos sete índices calculados. Entretanto, a partir dos estudos realizados não é possível afirmar que mudanças nos padrões pluviométricos para o município estão ocorrendo, nem se estas mudanças decorrem de fatores naturais ou antrópicos. Diante disso, estes resultados visam colaborar com estudos mais aprofundados da região, onde se objetiva verificar a existência de alteração de tendência nas séries de precipitação na área de abrangência da lagoa Mirim, ao qual a estação de Pelotas está inserida.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTAMIRANO, R.J.A. **Climatologia dos Eventos Chuvosos e Secos Severos, Extremos e muito Extremos usando o Índice de Precipitação Normalizada (SPI) para as Regiões Centro Oeste, Sudeste e Sul do Brasil**. 2010. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos.

BLAIN, G.C.; KAYANO, M. T.; Camargo, B. P.; Lulu, J. Variabilidade amostral das série mensais de precipitação pluvial em duas regiões do Brasil: Pelotas-RS e Campinas-SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 24,1, 1-11, 2009.

CROITORU, A.E.; CHIOTOROIU, B.C.; TODOROVA, V.I.; TORICA, V. Changes in precipitation extremes on the Black Sea Western Coast. **Global Planetary Change**, v.102, p.10-19, 2013.

DAMÉ, R.C.F.; TEIXEIRA, C.F.A.; BACELAR, L.C.S.D.; WINKLER, A.S.; SANTOS, J.P. Monotonic trend and change points in southern Brazil precipitation. **Engenharia Agrícola**, v.33, p.258-268, 2013.

GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and Seasonal Climatic Variations over the Northern Hemisphere and Europe during the Last Century. **Annales Geophysicae**, Berlin, v. 4, n. B4, p. 385-400, 1986.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2001: **Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Third Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1032p, 2001.

RAO, K.K.; PATWARDHAN, S. K.; KULKARNI, A.; KAMALA, K.; SABADE, S. S.; KUMAR. K. K. Projected changes in mean and extreme precipitation índices over Índia using PRECIS. **Global and Planetary Change**, v.13, p.77-90, 2014.

SANTOS, C.A.C.; BRITO, J.I.B.; RAO, T.V.R.; MENEZES, H.E.A. Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, p.34-47, 2009.

SANTOS, C.A.C.; MELO, M.M.M.S.; BRITO, J.I.B. Tendências de Índices de Extremos Climáticos para o Estado do Amazonas e suas Relações com a TSM dos Oceanos Tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.31, n.1, p.1-10, 2016.

SNEYERS, R. Sur L'analyse Statistique des Series D'observations. Gênevè: **Organisation Météorologique Mondial**, p. 192, 1975.

ZHANG, X.; YANG, F. **RClimdex (1.0) User Guide**. Climate research branch environment Canada. Downsview. Ontario, 22p, 2004.