

## TENDÊNCIAS NOS ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS DE TEMPERATURA DO AR NO MUNICÍPIO DE CALDAS, MG

Alisson Souza de Oliveira<sup>1</sup>

Israel Luiz da Silva<sup>2</sup>

Aurivan Soares de Freitas<sup>3</sup>

Eliana Alcantra<sup>4</sup>

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques<sup>5</sup>

### Recursos Ambientais

#### Resumo

No Brasil, segundo o Quinto Relatório de Avaliação (*Fifth Assessment Report – AR5*) do IPCC a temperatura média do ar em seu pior cenário poderá ter um acréscimo de 4°C até 2100. Este fato reforça a necessidade de estudos detalhados sobre o assunto. Neste contexto, objetivou-se avaliar a ocorrência de tendência em quatro índices de extremos climáticos relacionados às temperaturas mínimas (TNn e TNx) e máximas (TXn e TXx) do ar, para a cidade de Caldas, MG. As séries históricas foram obtidas da estação meteorológica de Caldas, pertencente ao INMET, compreendendo os períodos de 1961-2010. Avaliou-se a série na escala sazonal, sendo constituídas séries de dados compreendendo as estações do Verão, Outono, Inverno e Primavera. Empregou-se o teste de tendência não-paramétrico de Mann-Kendall e a análise de Regressão Linear. Foram constatadas tendências nos índices de extremos climáticos em todas as estações do ano analisadas, segundo o teste não paramétrico de Mann-Kendall, a nível de 5% de significância. A maior elevação foi identificada na estação da primavera no índice TNn, chegando a 0,64°C por década. Já a menor elevação foi de 0,20°C por década na estação do verão no índice TXn. A maior redução na temperatura ocorreu na estação do outono a uma taxa de 1,22°C por década, também no índice TNn. AS menores reduções foram identificadas nas estações do outono e inverno, para o mesmo índice, a taxas de 0,41°C por década. Apenas para o índice TXx não foi constatado tendência de alteração nos valores dos índices.

Palavras-chave: Alterações Climáticas; Aquecimento Global; Índices Climáticos

<sup>1</sup>Prof. Dr. Universidade Vale do Rio Verde – UninCor – Três Corações, Mestrado em Sustentabilidade em Recursos Hídricos, [prof.alisson.oliveira@unincor.edu.br](mailto:prof.alisson.oliveira@unincor.edu.br).

<sup>2</sup>Discente Agronomia Universidade Vale do Rio Verde – UninCor – Três Corações, Programa de Iniciação Científica, [israel Luiz:07\\_07@hotmail.com](mailto:israel Luiz:07_07@hotmail.com).

<sup>3</sup>Prof. Dr. Universidade Vale do Rio Verde – UninCor – Três Corações, Mestrado em Sustentabilidade em Recursos Hídricos, [aurivan.soares@hotmail.com](mailto:aurivan.soares@hotmail.com).

<sup>4</sup>Prof. Dra. Universidade Vale do Rio Verde – UninCor – Três Corações, Mestrado em Sustentabilidade em Recursos Hídricos, [prof.eliana.alcantra@unincor.edu.br](mailto:prof.eliana.alcantra@unincor.edu.br).

<sup>5</sup>Prof. Dra. Universidade Vale do Rio Verde – UninCor – Três Corações, Mestrado em Sustentabilidade em Recursos Hídricos, [rosangela.marques@unincor.edu.br](mailto:rosangela.marques@unincor.edu.br).

## INTRODUÇÃO

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) divulgou no 5º Relatório de Avaliação do Clima (AR5) que o aquecimento global sem precedentes é um fato, e as emissões de gases de efeito estufa (GEE) são a principal causa. Hoje, a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera é a mais alta desde os últimos 800 mil anos.

Os climatologistas verificaram que, nas últimas décadas, ocorreu um aumento significativo da temperatura mundial, fenômeno conhecido como aquecimento global. Esse fenômeno tem provocado alterações no clima terrestre causando uma série de mudanças no meio ambiente que podem gerar diversos impactos econômicos, sociais e ambientais (Lobell et al., 2011, Obregón & Marengo, 2007). Vários estudos têm demonstrado tendências de alterações no comportamento do clima em várias regiões do mundo (Omondi et al., 2014; Powell et al., 2015).

Portanto, objetivou-se neste trabalho verificar se há tendência de aumento ou redução, na escala sazonal, nos índices extremos de temperatura do ar, relacionados às temperaturas mínimas e máximas.

## METODOLOGIA

### Base de dados

Utilizou-se dados diários de temperaturas mínima e máxima do ar da estação climatológica código 83577 pertencente ao INMET localizada no município de Uberaba, MG, cuja série foi de 1961 a 2010.

### Índices de Eventos Extremos Climáticos

Os índices juntamente com suas definições conforme o “Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices”, são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Índices de eventos extremos climáticos baseados em dados de precipitação e temperatura do ar.

Índices	Nome do Identificador	Definição	Unidade
TNn	Mínima da temperatura mínima	Valor mínimo mensal da temperatura mínima diária	°C
TNx	Máxima da temperatura mínima	Valor máximo mensal da temperatura mínima diária	°C
TXn	Mínima da temperatura máxima	Valor mínimo mensal da temperatura máxima diária	°C
TXx	Máxima da temperatura máxima	Valor máximo mensal da temperatura máxima diária	°C

O cálculo foi realizado em planilhas em Excel programadas na linguagem *Visual Basic for Applications* (VBA). Avaliou-se na escala sazonal, onde foram constituídas séries de dados com os meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro; Março, Abril e Maio; Junho, Julho e Agosto; Setembro, Outubro e Novembro, correspondendo respectivamente às estações do Verão, Outono, Inverno e Primavera.

### Teste não-paramétrico de Man-Kendall e Análise de Regressão

Para a verificação de tendências na série histórica foi utilizado o teste não-paramétrico de Mann-Kendall (Mann (1945); Kendall (1975)). Uma vez confirmada a tendência na série, utilizou-se a análise de Regressão Linear para estimar o acréscimo ou decréscimo ocorrido. O teste de significância do coeficiente angular foi realizado pelo teste t de Student (Wilks, 1995) a nível de confiança de 5% com n-2 graus de liberdade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise da estatística do teste não paramétrico de Mann-Kendall

Analisando-se os dados da tabela, para os índices relacionados à temperatura mínima, TNn e TNx, percebe-se que houve significância estatística para todas as estações do ano avaliadas para o índice TNn. Já para o índice TNx, com exceção da estação do Verão, as demais também apresentaram significância estatística, ou seja, uma tendência de alteração na série histórica.

De maneira semelhante, o índice relacionado à temperatura máxima, TXn, em todas as estações do ano houve uma tendência na série analisada, visto que os p-valores calculados pela estatística de Mann-Kendall, foram menores que o nível de significância estatística 5%. Para o índice TXx relacionado à temperatura máxima, não houve significância estatística.

**Tabela 1.** Estatística do Teste Não Paramétrico de Mann-Kendall

Índices Climáticos	Estações do ano	Estatística do Teste Não Paramétrico de Mann-Kendall		
		Tau de Kendall	p-valor (bilateral)	Alfa
TNn	Verão	0,256	0,00100	0,05
	Outono	-0,597	< 0,0001	
	Inverno	0,309	< 0,0001	
	Primavera	0,338	< 0,0002	
TNx	Verão	0,049	0,45400	0,05
	Outono	-0,414	< 0,0001	
	Inverno	-0,174	0,00700	
	Primavera	0,317	< 0,0001	
TXn	Verão	0,226	0,00040	0,05
	Outono	-0,473	< 0,0001	
	Inverno	0,295	< 0,0001	
	Primavera	0,266	< 0,0001	
TXx	Verão	-0,147	0,11100	0,05
	Outono	-0,211	0,06000	
	Inverno	-0,130	0,10800	
	Primavera	0,205	0,10000	

### Tendência das temperaturas mínimas e máximas do ar no município de Caldas nos últimos 50 anos

Na tabela 2 são apresentados os acréscimos e decréscimos em graus celsius por década encontrados durante as análises.

**Tabela 2.** Tabela com a indicação dos acréscimos e decréscimos na temperatura do ar em °C por década.

Estações do ano	Acréscimo e Decréscimo em °C por década			
	TNn	TNx	TXn	TXx
Verão	0,24	NS	0,20	NS
Outono	-1,22	-0,41	-0,45	NS
Inverno	0,42	-0,41	0,43	NS
Primavera	0,64	0,21	NS	NS

\* NS - Não Significativo

Analisando-se a tabela 2 na estação do verão, fica evidente que está ocorrendo uma tendência positiva nos valores dos índices TNn e TXn, ou seja, os valores das

temperaturas mínimas mensais das mínimas diárias (TNn) e os das temperaturas mínimas mensais da máxima diária (TXn), estão aumentando a taxas de 0,24 e 0,20°C por década, respectivamente. Evidenciando desta maneira, que na estação do verão, as temperaturas mínimas serão mais altas, ou seja, teremos as noites e as manhãs mais quentes. Para os demais índices, TNx e TXx, relacionados às temperaturas máximas, não houve significância estatística. Para a estação do outono, ocorreram tendência de decréscimo da temperatura do ar para todos os índices analisados com exceção ao TXx que não apresentou tendência de alteração. Para o índice TNn, a uma tendência de decréscimo de 1,22°C por década. Já o TNx, o decréscimo foi de 0,41°C por década. Estes índices demonstram que na estação do outono há uma tendência de se ter noites e manhãs mais frias, visto a redução nos valores da temperatura mínima mensal da mínima diária. O índice que relaciona à temperatura mínima mensal da máxima diária apresentou tendência de redução a taxa de 0,45 °C por década, indicando dias com temperaturas mais amenas durante o outono. Com relação à estação do inverno, há uma tendência de aumento nas temperaturas mínimas mensais das mínimas diárias (TNn) a uma taxa de 0,42°C por década, indicando noites mais quentes. Já o índice TNx, apresentou uma redução de 0,41°C por década, indicando temperaturas mais amenas durante o período da manhã. O índice TXn, relacionado à temperatura mínima mensal da máxima diária, apresentou tendência de acréscimo de 0,43 °C por década, denotando em dias mais quentes durante esta estação. Para a estação da primavera, houve significância estatística apenas para os índices relacionados à temperatura mínima, (TNn e TNx), para os demais, não foram constatadas nenhuma tendência. Para o índice TNn, á uma tendência de aumentos de até 0,64 °C por década, já para o TNx o acréscimo poderá chegar a 0,21 °C por década. Fica evidente que as temperaturas mínimas e máximas na região do município de Caldas no Sul do Estado de Minas Gerais vem sofrendo alterações, fato comprovado pela alteração no valores do índices de extremos climáticos ao longo dos últimos 50 anos. Trabalhos no Brasil, como Silva et al., (2015); e no mundo, com Stephenson et al., 2014; tem encontrado resultados semelhantes, evidenciando estas alterações climáticas.

## CONCLUSÕES

Foram constatadas tendências de elevação e diminuição nos índices de extremos

climáticos em todas as estações do ano. A maior alteração ocorreu na estação da primavera no índice TNn, chegando a 0,64°C por década. Já a taxa foi de 0,20°C por década na estação do verão no índice TXn. A maior redução na temperatura ocorreu na estação do outono a uma taxa de 1,22°C por década, também no índice TNn. AS menores reduções foram identificadas nas estações do outono e inverno, para o mesmo índice, a taxas de 0,41°C por década. Apenas para o índice TXx não foi constatado nenhuma tendência de alteração nos valores dos índices relacionados às temperaturas máximas e mínimas avaliados.

## REFERÊNCIAS

IPCC, 2014: **Climate Change 2014**: Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

KENDALL, M.G. (1975). **Rank Correlation Methods**. Charles Griffin, London.

LOBELL, D.B.; SXHLENKER, W.; ROBERTS, J. C. Climate trends and global crop production since 1980. **Science**, 29: 616-620, 2011.

MANN, H.B. (1945). Nonparametric tests against trend. **Econometrika**, 13, 245-259.

OBREGON G.; MARENGO, J. A. (2007), **Caracterização do clima do Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e temperaturas médias e extremas**.

OMONDI, P. A., et al. (2014). Changes in temperature and precipitation extremes over the Greater Horn of Africa region from 1961 to 2010. **International Journal of Climatology**, v. 34, p. 1262-1277. <https://doi.org/10.1002/joc.3763>

POWELL, E.; KEIM, B. D. (2015). Trends in Daily Trends in Daily Temperature and Precipitation Extremes for the Southeastern United States: 1948–2012. **Journal of Climate**, v. 28, p. 1592- 1612. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00410.1>

SILVA, W. L.; DERECZYNSKI, C.; CHANG, M.; FREITAS, M.; MACHADO, B. J.; TRISTÃO, L.; RUGGERI, J. (2015). Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 2, 181-194.

STEPHENSON, T. S. Et al. (2014). Changes in extreme temperature and precipitation in the Caribbean region, 1961–2010. **International Journal of Climatology**, v. 34, p. 2957-2971. <https://doi.org/10.1002/joc.3889>

WILKS, D.S. (1995). **Statistical methods in the atmospheric sciences**. San Diego: Academic Press. 467p.