

## ANÁLISE DA TENDÊNCIA DA TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO ATÉ O FINAL DO SÉCULO XXI, EM UMA MICROBACIA NO SUDESTE DE MINAS GERAIS

VINÍCIUS SIQUEIRA O. CARVALHO<sup>1</sup>, LÍVIA A. ALVARENGA<sup>2</sup>, CARLOS ROGÉRIO DE MELLO<sup>3</sup>, ALBERTO COLOMBO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Estudante de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, UFLA/Lavras-MG: vsiqueira18@gmail.com

<sup>2</sup>Engenheira Agrícola, Prof. Doutor, DEG-UFLA/Lavras-MG: livia.aalvarenga@deg.ufla.br

<sup>3</sup>Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, DEG-UFLA/Lavras-MG: crmello@deg.ufla.br

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, bolsista CNPq, DEG-UFLA/Lavras-MG: acolombo@deg.ufla.br

Apresentado no XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017 30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** As mudanças climáticas podem afetar as variáveis meteorológicas e os componentes hidrológicos em uma microbacia. As projeções de precipitação e temperatura simuladas pelo modelo Eta/HadGEM2-ES são analisadas para uma microbacia em cada estação do ano, no período de 2011 a 2099 para os RCPs 4.5 e 8.5, e comparadas ao período de 1961 a 1990 (clima presente). Este estudo foi conduzido na Bacia Hidrográfica Lavrinha (BHL), a qual tem área de drenagem de 6,76 km<sup>2</sup> e está localizada na serra da Mantiqueira, sudeste de Minas Gerais, na bacia do Alto Rio Grande. Para análise de tendência, usaram-se os testes de Mann-Kendal e da Curvatura de Sen. As simulações indicaram tendência positiva em todas as estações do ano para a temperatura no período de 2011 a 2099 em ambos os RCPs 4.5 e 8.5, sendo estes resultados mais acentuados no verão e primavera para o RCP 8.5. Quanto às projeções da precipitação, em ambos os RCPs 4.5 e 8.5, não foi observada tendência definida ao longo do século XXI.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eta/HadGEM2-ES, Mann-Kendall, Curvatura de Sen.

### ANALYSIS OF THE TEMPERATURE TREND AND PRECIPITATION TREND UNTIL THE END OF THE 21ST CENTURY, IN A WATERSHED IN THE SOUTHEAST OF MINAS GERAIS

**ABSTRACT:** Climate change can affect meteorological variables and hydrological components in a watershed. The precipitation and temperature projections simulated by the Eta / HadGEM2-ES model are analyzed for a watershed in the period from 2011 to 2099 for RCPs 4.5 and 8.5, and compared to the 1961 to 1990 (present climate). This study was conducted in Lavrinha Watershed (LW), which has a drainage basin of 6.76 km<sup>2</sup> and is located in the Serra da Mantiqueira range, southeast of Minas Gerais, in the Alto Rio Grande watershed. For the trend analysis, the Mann-Kendal and Sen Curvature tests were used. The simulations indicated a positive trend in all seasons of the year for the temperature from 2011 to 2099 in both RCPs 4.5 and 8.5, more accentuated results in the summer and spring for RCP 8.5. As for precipitation projections, in both RCPs 4.5 and 8.5, no definite trend was observed during the 21st century.

**KEYWORDS:** Eta/HadGEM2-ES, Mann-Kendall, Sen Slope.

**INTRODUÇÃO:** As mudanças climáticas, associadas ao aumento da concentração dos gases do efeito estufa na atmosfera, provenientes de atividades antropogênicas, podem afetar diretamente os recursos naturais e a dinâmica da natureza. Diante destes impactos, os Modelos Climáticos de Circulação Global (MCG) preveem as condições climáticas futuras em diferentes cenários de emissão de gases do efeito estufa (CHOU et al., 2014a). Desta maneira, até o final do século XXI, em relação ao CO<sub>2</sub> equivalente, as concentrações nos RCP 4.5 e RCP 8.5 correspondem, aproximadamente, a 650 e 1370 ppm, respectivamente (VUUREN et al., 2011). Assim, o RCP 8.5 representa a mais elevada concentração de gases do efeito estufa (IPCC, 2013). Segundo Riahi et al. (2011), o cenário RCP 8.5 é a situação mais pessimista, devido ao alto crescimento populacional, ao baixo desenvolvimento de tecnologias e em razão da ausência de políticas de mudanças climáticas. Em contrapartida, de acordo com Thomson et al. (2011), o RCP 4.5 representa cenário de estabilização e assume que as políticas climáticas são impostas para atingir o objetivo de limitar emissões e as concentrações de gases do efeito estufa e a forçante radiativa. Neste contexto, presume-se para o RCP 4.5 estabilização da temperatura e comportamento normal da precipitação. Já para o RCP 8.5, pressupõe-se aumento significativo da temperatura e redução da precipitação ao longo do século XXI. O presente trabalho tem por objetivo analisar, através de métodos estatísticos de séries temporais, a tendência e a variabilidade da temperatura e da precipitação para os RCPs 4.5 e 8.5 ao longo do século XXI.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A Bacia Hidrográfica Lavrinha (BHL) tem uma área de drenagem de 6,76 km<sup>2</sup> e está localizada na serra da Mantiqueira, sudeste de Minas Gerais, na bacia do Alto Rio Grande, que é um importante rio para a geração de energia elétrica. Portanto, as condições hidrológicas das bacias desta região são informações fundamentais, assim, as possíveis mudanças climáticas projetadas por modelos são de grande importância para análise do comportamento hidrológico. É caracterizada como bacia hidrográfica de cabeceira e situa-se no município de Bocaina de Minas (PINTO et al., 2009). O Modelo Digital de Elevação (MDE) da BHL, com resolução de 30 metros, está apresentado na Figura 1.

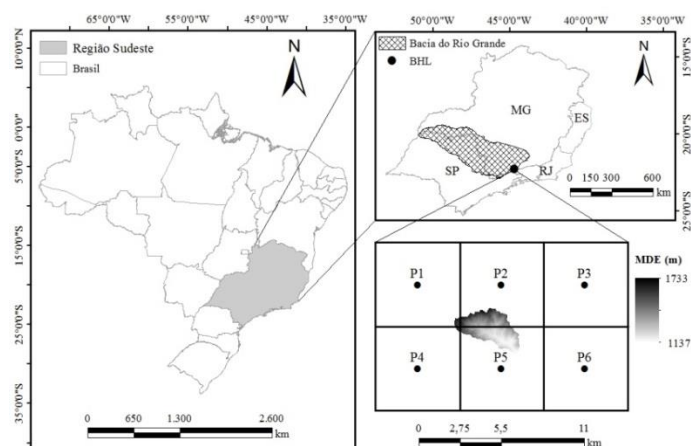


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica da Lavrinha (BHL) no território brasileiro (sudeste); Modelo Digital de Elevação (MDE), células de grade e pontos do modelo Eta/HadGEM2-ES projetados sobre a região da BHL.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb, caracterizado como mesotérmico de verões brandos e suaves, com estiagem no inverno (MELLO et al., 2012). As projeções climáticas para a BHL foram obtidas de Chou et al. (2014 a,b). Estes autores utilizaram a versão adaptada do modelo regional EtaCPTEC/INPE obtida de Mesinger et al.

(2012). Os dados climáticos disponibilizados para este estudo (CPTEC/INPE) foram obtidos do modelo regional Eta-CPTEC/INPE, aninhado ao Modelo Climático de Circulação Global (MCG) HadGEM2-ES (*Hadley Centre Global Environmental Model*), para simular o clima presente (1961 a 1990) e os RCP 4.5 e RCP 8.5, ao longo do século XXI (2011 a 2099), para toda a América do Sul. A área deste estudo foi coberta com seis pontos na horizontal correspondendo à resolução horizontal de 5 km, conforme a Figura 1. O software livre *R Statistical Computing* foi utilizado para manipulação das informações e produção dos gráficos representativos, para verificação de tendência e variabilidade da precipitação total média e da temperatura média, para cada estação do ano para os seis pontos no entorno da bacia hidrográfica. Para análise das tendências, as séries temporais foram submetidas a testes estatísticos não paramétricos, conhecidos como testes de Mann-Kendall e Curvatura de Sen.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os dados de temperatura média mensal em cada estação do ano simulada pelo modelo Eta/HadGEM2-ES e a curvatura de Sen são apresentados na Figura 2. Quando comparado ao clima presente, os resultados indicam tendência significativa para o aumento da temperatura média em cada estação, em ambos os RCPs 4.5 e 8.5, até o final do século XXI. O aumento da temperatura média foi mais acentuado no RCP 8.5, principalmente nas estações verão e primavera, que apresentaram crescimento decenal superior a 0,7°C. Para o RCP 4.5 os maiores acréscimos de temperatura ocorrem no primeiro período (2011-2040), havendo estabilização no final do século; enquanto no RCP 8.5, os maiores acréscimos de temperatura ocorrem entre 2041-2070 e 2071-2099, como também mostrado no estudo de Chou et al. (2014a), através das projeções do modelo climático regional Eta/HadGEM2-ES (RCP4.5 e RCP8.5), para a região sudeste do Brasil.

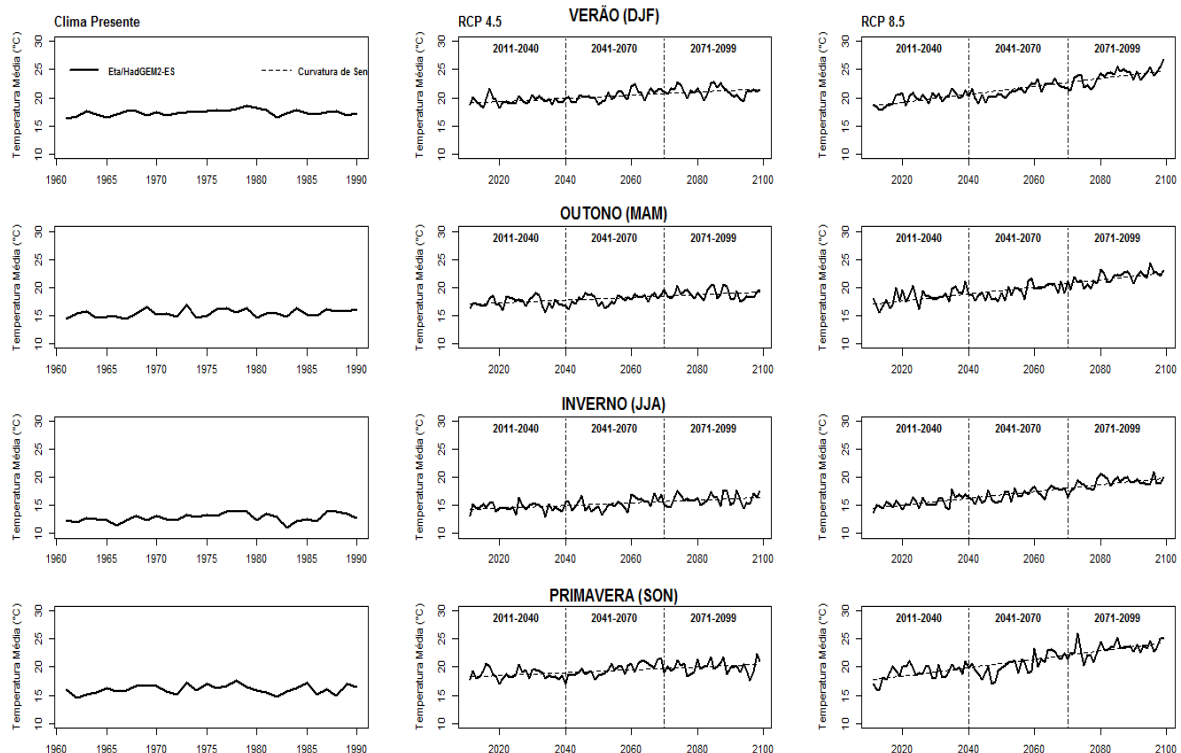


Figura 2. Temperatura média mensal simulada pelo modelo Eta/HadGEM2-ES (6 pontos), nos períodos de 1961 a 1990 para o clima presente e de 2011 a 2099 para o RCP 4.5 e RCP 8.5 com análise de tendência em cada estação do ano.

A Tabela 1 mostra os resultados numéricos dos testes estatísticos não paramétricos de Mann-Kendall e Curvatura de Sen. O nível de significância adotado para o teste de Mann-Kendall é de 0.05, portanto, uma tendência estatisticamente significativa existe para ambos cenários em todas as estações do ano.

Tabela 1. Métodos estatísticos não paramétricos de Mann-Kendall e da Curvatura de Sen para os dados de temperatura média/estação simulados pelo modelo Eta/HadGEM2-ES para os RCPs 4.5 e 8.5.

<b>Estação</b>	<b>Verão</b>		<b>Outono</b>		<b>Inverno</b>		<b>Primavera</b>	
<b>RCP</b>	<b>4.5</b>	<b>8.5</b>	<b>4.5</b>	<b>8.5</b>	<b>4.5</b>	<b>8.5</b>	<b>4.5</b>	<b>8.5</b>
<b>Curvatura de Sen</b>	0.028	0.071	0.024	0.063	0.024	0.060	0.025	0.074
<b>Mann-Kendall</b>	0.465	0.717	0.404	0.642	0.387	0.693	0.375	0.645
<b>Signif. (0.05)</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Na análise da precipitação para BHL, não houve tendência definida, não sendo possível avaliar o comportamento da precipitação ao longo do século XXI, tanto para o RCP 4.5 quanto para o RCP 8.5.

**CONCLUSÃO:** Os resultados indicam aumento significativo da temperatura para o RCP 8.5 até o final do século, particularmente nas estações verão e primavera, isto é devido ao baixo desenvolvimento de tecnologias para mitigação da emissão de gases que provocam aquecimento, principalmente em lugares com maior concentração populacional. Em contrapartida, o RCP 4.5 aponta leve aumento no período 2011-2041 e estabilização até o final do século. Em relação à precipitação não foi possível verificar tendência definida para ambos cenários na região da microbacia Lavrinha.

#### **REFERÊNCIAS:**

- [1] CHOU, S. C. et al. Assessment of climate change over South America under RCP 4.5 and 8.5 downscaling scenarios. **American Journal of Climate Change**, Bethesda, v. 3, n. 5, p. 512-525, 2014a.
- [2] CHOU, S. C. et al. Evaluation of the Eta simulations nested in three global climate models. **American Journal of Climate Change**, Bethesda, v. 3, n. 5, p. 438-454, 2014b.
- [3] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Summary for policymakers. In: \_\_\_\_\_. **Climate change 2013: the physical science basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.571 p.
- [4] MELLO, C. R. et al. Sea surface temperature (SST) and rainfall erosivity in the Upper Grande River Basin, Southeast Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 1, p. 53-59, jan./fev. 2012.
- [5] MESINGER, F. et al. An upgraded version of the Eta model. **Meteorology and Atmospheric Physics**, Dordrecht, v. 116, n. 3/4, p. 63-79, 2012.
- [6] PINTO, D. B. F. et al. Water quality on Lavrinha Stream in Alto Rio Grande region, Minas Gerais State, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1145-1152, jul./ago., 2009.
- [7] RIAHI, K. et al. RCP 8.5-a scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. **Climatic Change**, Dordrecht, v. 109, n. 1/2, p. 33-57, 2011.
- [8] THOMSON, A. M. et al. RCP 4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. **Climatic change**, v. 109, n. 1-2, p. 77, 2011.
- [9] VUUREN, D. P. van et al. The representative concentration pathways: an overview. **Climatic Change**, Dordrecht, v. 109, p. 5-31, Nov. 2011.