

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE MÉTODOS DE CORREÇÃO DE ERROS SISTEMÁTICOS DE PROJEÇÕES CLIMÁTICAS PELO MODELO ETA- MIROC5 PARA SALVADOR-BAHIA, NO PERÍODO DE 1961 A 2005

*Vanessa Carneiro dos Santos*¹; *Rafael Santa Rosa*²; *Amanda Sampaio*³; *Andrea Sousa Fontes*⁴;
& *Yvonilde Dantas Pinto Medeiros*⁵

RESUMO – A mudança climática tem efeito direto sob o ciclo da água e seus impactos já são observados atualmente, entre eles se destaca a intensificação da sazonalidade com períodos secos se tornando mais secos e cheias mais intensas. Assim, se ressalta a importância das projeções climáticas e a necessidade de sua correção. O presente trabalho tem como objetivo a aplicação de quatro métodos de correção de erros sistemáticos: *Linear Scaling* (LS), *Local Intensity Scaling* (LOCI), *Power Transformation* (PT) e *Distribution Mapping* (DM) para dados de precipitação diária simulados pelo modelo climático Eta-MIROC5, no período de 1961 a 2005, na cidade de Salvador. Os resultados reforçam a importância da correção de erros sistemáticos das projeções climáticas provenientes de modelos climáticos regionais e globais e indicam que os modelos aplicados fazem um bom ajuste a valores mensais, mas não são indicados para correção de valores extremos de precipitação diária.

Palavras-Chave – Mudança climática, modelo climático, correção de tendências.

INTRODUÇÃO

A mudança climática afeta diretamente o ciclo da água, e seus impactos já vem sendo observados na atualidade. Um estudo sobre índices climáticos extremos realizado por Costa *et al.* (2020) observa a intensificação da sazonalidade no Nordeste Brasileiro, com secas mais prolongadas e cheias mais intensas. Os autores destacam que essa região é marcada pela escassez de recursos hídricos, e destaca a influência do processo de urbanização de grandes cidades sobre as variáveis de temperatura e precipitação. Diante das alterações observadas e futuras na frequência e magnitude de chuvas, ANA (2016) destaca a relevância de adotar medidas de planejamento de adaptação e mitigação à mudança climática. Nessa perspectiva, Vogel *et al.* (2020) ressalta a importância das projeções climáticas para planejamento e gestão de risco.

Embora os modelos climáticos globais sejam de grande importância para o estudo sobre mudança climática, Feser *et al.* (2011) explica que modelos climáticos regionais são construídos para regiões menores, possuindo uma escala menor, e apresentando assim maior resolução e resultados mais próximos da realidade. No Brasil, O INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais disponibiliza projeções para a América do Sul regionalizadas pelo modelo ETA, com resolução espacial de 5 a 20 km (CHOU *et al.*, 2014). Visto que avaliar efeitos das mudanças climáticas em bacias hidrográficas é muito importante, e se dá, muitas vezes, através de modelos hidrológicos, o

1) Mestranda em Meio Ambiente, Águas e Saneamento. Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail: cnr.vanessa@gmail.com

2) Graduando em Engenharia Civil. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: rafaelsr9@hotmail.com

3) Graduanda em Engenharia Civil. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: amandasampaio236@gmail.com

4) Professora Associada. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: andreafontes@ufrb.edu.br

5) Professora Associada IV. Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail: yvonilde.medeiros@gmail.com

uso direto de projeções climáticas de modelos globais ou regionais é inadequado, já que, essas projeções apresentam erros sistemáticos. Sendo então necessária a correção desses valores (SHARMA *et al.*, 2007).

A correção de erros sistemáticos busca identificar as possíveis tendências entre as variáveis climáticas observadas e simuladas, usando então esses valores para corrigir tanto o cenário de referência quanto o cenário futuro. Existem diversos métodos de correção que variam dos mais simples, baseados em escala linear até métodos sofisticados que trabalham com mapeamento de probabilidade (TEUTSCHBEIN e SEIBERT, 2012). Teutschbein e Seibert (2012) compararam diferentes métodos de correção de erros sistemáticos de forma a avaliar seu desempenho na correção de projeções de temperatura e precipitação de diversos modelos climáticos regionais, buscaram também avaliar sua influência em simulações de fluxo hidrológico. Os autores observaram um bom desempenho dos métodos em corrigir os valores brutos projetados pelos modelos regionais, com destaque para o método *Distribution Mapping* (DM). Os métodos foram: *Linear Scaling* (LS), *Local Intensity Scaling* (LOCI) (apenas precipitação), *Power Transformation* (PT), *Delta-Change* (DC) e *Variance Scaling* (VS) (apenas temperatura). Farias *et al.* (2020) utilizaram dois métodos de correção, *Linear Scaling* (LS) e *Distribution Mapping* (DM), para corrigir os valores de precipitação e temperatura projetados pelo modelo regional Eta-HadGEM2-ES disponibilizados pelo INPE. Ambos os métodos corrigiram as tendências dos dados do modelo climático, mas o método *Distribution Mapping* (DM) foi mais eficaz.

Diante da importância da correção dos erros sistemáticos, foram desenvolvidos softwares de execução semiautomática de identificação de vieses e correção dos valores projetados de temperatura e precipitação por modelos climáticos, como o *Climate Model for Hydrologic Modeling* (CMhyd), utilizado por Farias *et al.* (2020), Barbosa *et al.* (2021) e Zhang *et al.* (2018). O software CMhyd foi desenvolvido por Rathjens *et al.* (2016) e aplica os métodos: *Linear Scaling* (LS), *Local Intensity Scaling* (LOCI), *Power Transformation* (PT), *Delta-Change* (DC) e *Variance Scaling* (VS).

Tendo em vista a alteração provocada pela mudança climática nos padrões de chuva, assim como a importância das informações proporcionadas pelos modelos climáticos globais e regionais e a necessidade de correção de tendência desses valores para aplicação em modelos hidrológicos, o presente estudo busca comparar o desempenho de quatro métodos de correção de erros sistemáticos para dados de precipitação diária simulados pelo modelo climático regional Eta-MIROC5 no período de 1961 a 2005 para a cidade de Salvador, Bahia.

METODOLOGIA

Área de Estudo

Salvador, capital do estado da Bahia, é um município localizado na costa leste do Nordeste Brasileiro, com 693,45 km² e cerca de 2,88 milhões de habitantes (IBGE, 2021). O município é caracterizado por intensa ocupação urbana, com exceção de algumas áreas de proteção ambiental, cuja cobertura vegetal original é a Mata Atlântica (ANDRADE E BRANDÃO, 2009). Segundo a classificação de Koppen, o clima é tropical chuvoso de floresta (SEI, 1998). A média anual de precipitação acumulada é 1871,10 mm com concentração de chuva entre os meses de abril e julho (INMET, 2018).

Modelo Climático Regional: Eta-MIROC5

O Modelo de Pesquisa Interdisciplinar sobre o Clima, MIROC5 (versão 5), foi desenvolvido em cooperação com o Japão e é um dos modelos climáticos globais utilizados no Quinto Relatório de Mudança Climática do IPCC (AR5) (WATANABE *et al.*, 2010). O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, através da plataforma PROJETA, disponibiliza as projeções climáticas simuladas por esse

modelo global regionalizadas através do modelo climático regional Eta, com resolução espacial de 20km (CHOU *et al.*, 2014a, 2014b).

Nesse trabalho, foram utilizadas a projeções de precipitação diária para o cenário de referência (1961-2005) simuladas pelo modelo Eta-MIROC5 para a cidade de Salvador. Esse modelo climático foi selecionado por ser mais adequado para regiões tropicais do Brasil, como a costa do Nordeste Brasileiro, segundo Debortoli *et al.* (2017).

Correção de Erros Sistemáticos

Nesse estudo, através da aplicação do software *Climate Model for Hydrologic Modeling* (CMhyd), quatro métodos de correção foram analisados: *Linear Scaling* (LS), *Local Intensity Scaling* (LOCI), *Power Transformation* (PT) e *Distribution Mapping* (DM). Além dos valores de precipitação diária simulados pelo modelo climático Eta-MIROC5, também foram utilizados os dados de precipitação diária da estação pluviométrica Salvador-Ondina (1338007). Embora seja altamente recomendável o uso de diversas estações pluviométricas da área, este não foi possível pois tal estação é a única com mais de 30 anos de dados disponíveis (1964-2018), fator imprescindível para aplicação dos métodos de correção.

- *Linear Scaling* (LS)

O método LS de correção funciona com fatores mensais de correção baseados na diferença entre os valores observados e os simulados do mesmo período. Assim, os valores de precipitação diária simulados pelo modelo climático, referentes tanto ao presente quanto ao futuro, são corrigidos com o fator calculado (TEUTSCHBEIN e SEIBERT, 2012). O método é representado pelas Equações 1 e 2:

$$P_{contr}^*(d) = P_{contr}(d) \cdot \left[\frac{\mu_m(P_{obs}(d))}{\mu_m(P_{contr}(d))} \right] \quad (1)$$

$$P_{scen}^*(d) = P_{scen}(d) \cdot \left[\frac{\mu_m(P_{obs}(d))}{\mu_m(P_{contr}(d))} \right] \quad (2)$$

Tendo que: $P(d)$ – precipitação diária, P^* - valor corrigido de precipitação, μ_m – média mensal da precipitação, *contr* – período de referência, *scen* – cenário, *obs* – dado observado.

- *Local Intensity Scaling* (LOCI)

O método LOCI busca além de corrigir as tendências nos valores mensais projetados, corrigir também erros na frequência de dias úmidos e na intensidade de precipitação. Este método calibra, com base nos dados observados, um valor limiar de precipitação, e com tal valor corrige a série simulada dos cenários presente e futuro (Equação 3), de forma que estes possam apresentar diferentes valores de frequência de dias úmidos. Então, calcula-se um fator de escala linear com base na intensidade mensal média de precipitação (Equação 4) e corrige-se as séries simuladas de precipitação (Equações 5, 6 e 7) (TEUTSCHBEIN e SEIBERT, 2012).

$$P_{contr}^{*1}(d) = \begin{cases} 0, & \text{se } P_{contr}(d) < P_{th,contr} \\ P_{contr}(d), & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (3)$$

$$P_{scen}^{*1}(d) = \begin{cases} 0, & \text{se } P_{scen}(d) < P_{th,contr} \\ P_{scen}(d), & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (4)$$

$$s = \frac{\mu_m(P_{obs}(d) | P_{obs}(d) > 0 \text{ mm})}{\mu_m(P_{contr}(d) | P_{contr}(d) > P_{th,contr}) - P_{th,contr}} \quad (5)$$

$$P_{contr}^*(d) = P_{contr}^{*1}(d) \cdot s \quad (6)$$

$$P_{scen}^*(d) = P_{scen}^{*1}(d) \cdot s \quad (7)$$

Tendo que: P_{th} - valor limiar de precipitação; s – fator de escala linear.

- *Power Transformation* (PT)

O método PT corresponde a um método de correção não linear (forma exponencial) que permite além da correção de erros de valores médios, a correção da variância. Primeiramente, o parâmetro b é definido ao igualar a variância das séries observadas e simuladas do presente (Equação 8) e utilizado para a correção das séries simuladas de precipitação (Equações 9 e 10) (TEUTSCHBEIN e SEIBERT, 2012).

$$CV_m(P_{obs}(d)) = CV_m(P_{contr}^{b_m}(d)) \quad (8)$$

$$P_{contr}^*(d) = P_{contr}^{b_m}(d) \cdot \left[\frac{\mu_m(P_{obs}(d))}{\mu_m(P_{contr}^{b_m}(d))} \right] \quad (9)$$

$$P_{scen}^*(d) = P_{scen}^{b_m}(d) \cdot \left[\frac{\mu_m(P_{obs}(d))}{\mu_m(P_{contr}^{b_m}(d))} \right] \quad (10)$$

Tendo que: CV_m – coeficiente de variação para cada mês.

- *Distribution Mapping* (DM)

O método DM busca corrigir a função de distribuição dos valores simulados, usando como base os dados observados. A distribuição de Gama, com parâmetros de forma e escala, é utilizada para correção de séries de precipitação. Essa correção é representada pelas Equações (11) e (12) (TEUTSCHBEIN e SEIBERT, 2012).

$$P_{contr}^*(d) = F_Y^{-1}(F_Y((P_{contr}(d) | \alpha_{contr,m}, \beta_{contr,m}) | \alpha_{obs,m}, \beta_{obs,m})) \quad (11)$$

$$P_{scen}^*(d) = F_Y^{-1}(F_Y((P_{scen}(d) | \alpha_{contr,m}, \beta_{contr,m}) | \alpha_{obs,m}, \beta_{obs,m})) \quad (12)$$

Tendo que: α – parâmetro de forma, β – parâmetro de escala.

A análise dos métodos de correção de erros sistemáticos foi realizada a partir dos seguintes parâmetros: precipitação média diária, intensidade de precipitação, desvio padrão, coeficiente de variação e probabilidade de dias úmidos. Foram considerados ainda a precipitação média mensal e a precipitação máxima anual (anos sem falhas) a fim de verificar o ajuste dos métodos de correção para dados mensais e valores extremos. A comparação entre os métodos de correção e a série de dados observados ocorreu a partir de dois critérios, o primeiro visual, com a análise gráfica, e o segundo por meio de estatística de ajuste, em que a medida do ajuste se deu pelo erro absoluto médio percentual (MAPE), apresentado na Equação 13.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{P_o - P_{c,e}}{P_o} \right| \times 100 \quad (13)$$

Tendo que: n – número de dados utilizados, P_o – precipitação observada, $P_{c,e}$ – precipitação estimada ou corrigida.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Correção De Erros Sistemáticos – Cenário de Referência (1961-2005)

Nas Figuras abaixo estão apresentados os resultados da correção do modelo climático Eta-MIROC5 por meio dos quatro métodos: *Linear Scaling* (LS), *Local Intensity Scaling* (LOCI), *Power Transformation* (PT) e *Distribution Mapping* (DM), sendo analisada a precipitação média mensal, probabilidade de dias úmidos, coeficiente de variação e intensidade de precipitação.

Figura 1 – Correção de erros sistemáticos pelo método *Linear Scaling* (LS)

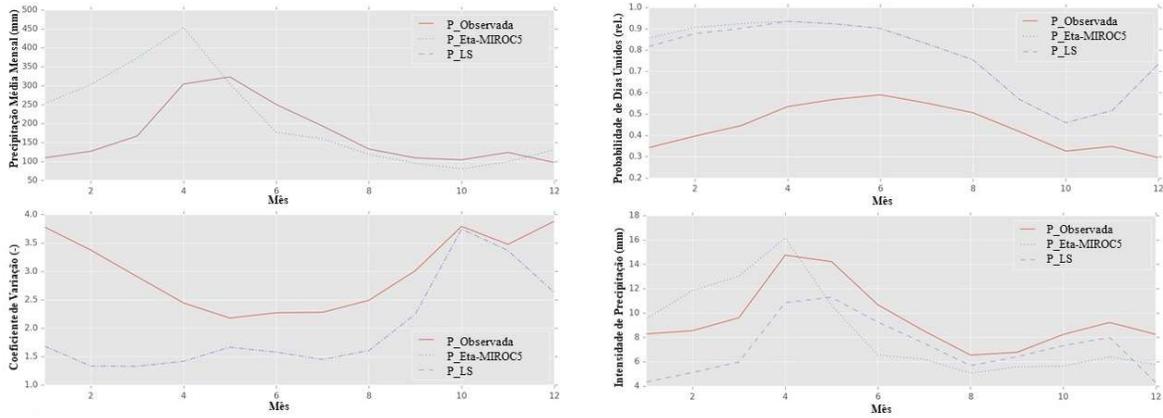


Figura 2 – Correção de erros sistemáticos pelo método *Local Intensity Scaling* (LOCI)

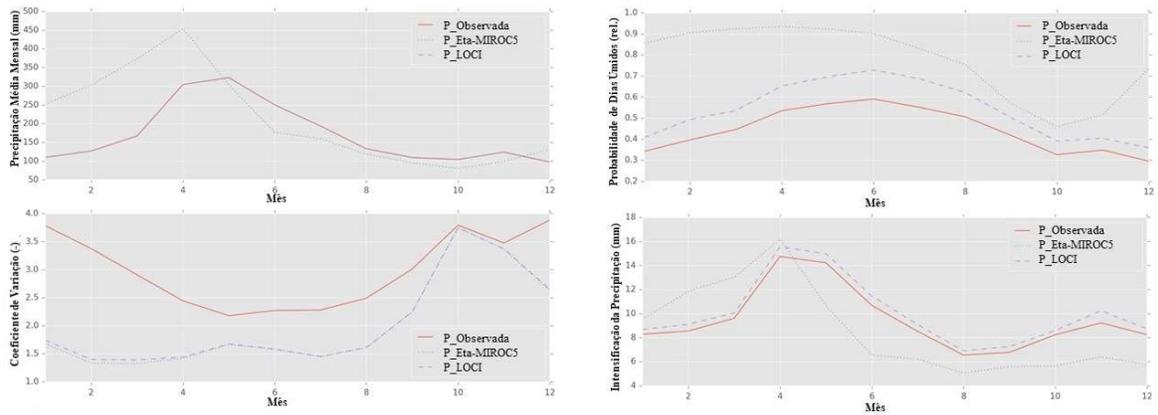


Figura 3 – Correção de erros sistemáticos pelo método *Power Transformation* (PT)

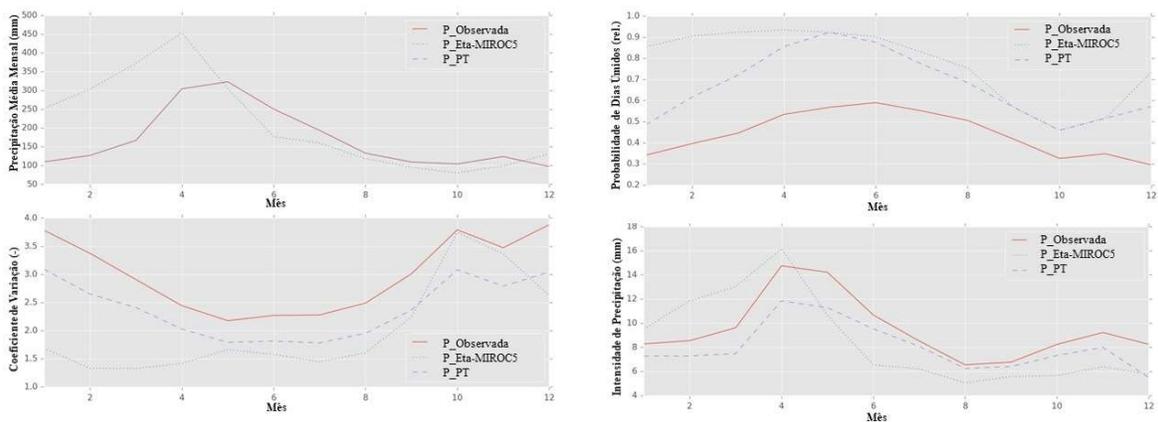
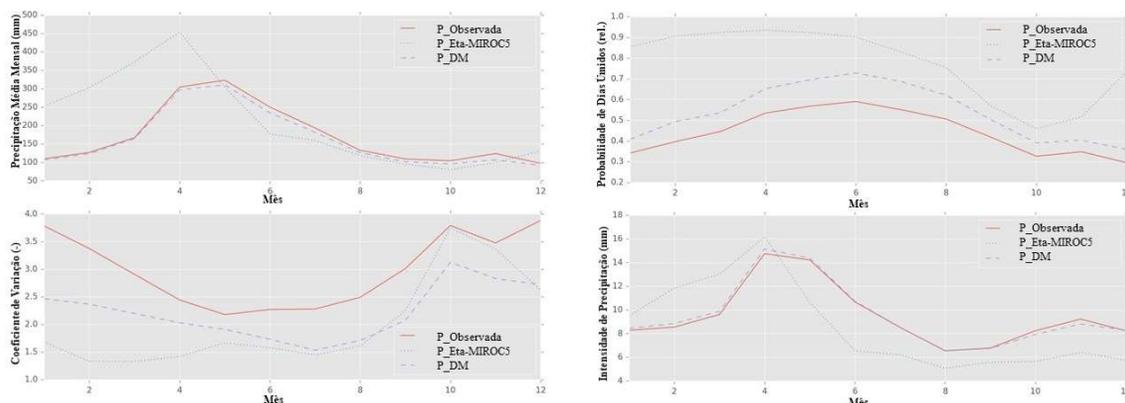


Figura 4 – Correção de erros sistemáticos pelo método *Distribution Mapping* (DM)



Na Figura 1 observa-se que o método *Linear Scaling* (LS) apresentou um comportamento de média mensal muito semelhante ao verificado na série observada, no entanto, o mesmo não acontece para a probabilidade de dias úmidos e a intensidade de precipitação. Já o método *Local Intensity Scaling* (LOCI), Figura 2, além de se assemelhar com a observada, quanto a média mensal, também apresenta comportamento mais próximo ao verificado na série observada na probabilidade de dias úmidos e intensidade de precipitação.

Assim como os métodos *Linear Scaling* (LS) e *Local Intensity Scaling* (LOCI), o método *Power Transformation* (PT) apresentou bom resultado no ajuste da precipitação média mensal (Figura 3). Os métodos *Power Transformation* (PT) e *Distribution Mapping* (DM) apresentaram resultados semelhantes para o coeficiente de variação, em que são verificados uma aproximação dos valores corrigidos com os observados quando comparados a série bruta. Na Figura 4 nota-se que a intensidade de precipitação foi mais bem ajustada pelo método *Distribution Mapping* (DM).

Na Tabela 1 são apresentadas as médias diárias de precipitação calculadas para cada um dos métodos de correção.

Tabela 1- Média diária e desvio padrão dos dados de precipitação observados, projetados e corrigidos

	Observada	Bruta	(LS)	(LOCI)	(PT)	(DM)
Média Diária (mm)	5,58	6,98	5,59	5,59	5,59	5,31
Desvio Padrão (mm)	11,89	13,31	11,17	11,27	13,24	12,16
Diferença entre as médias observada, projetadas e corrigidas (%)		25	0,18	0,18	0,18	4,84

Na Tabela 1 verifica-se um bom ajuste com relação à média diária observada para todos os métodos de correção analisados, já que, a média diária passa de 6,98 mm, proveniente do modelo bruto, que possui uma diferença de 25% da média observada, para 5,59 mm, nos métodos LS, LOCI e PT e 5,31 mm para o método DM. Foi observada uma diferença inferior a 0,5% entre a média diária observada e as médias corrigidas pelos métodos *Linear Scaling* (LS), *Local Intensity Scaling* (LOCI), e *Power Transformation* (PT). O método *Distribution Mapping* (DM) apresentou a maior diferença entre a média diária observada e a corrigida, cerca de 5%.

A Figura 5 e a Tabela 2 apresentam a precipitação média mensal observada, simulada e corrigida pelos métodos de correção de erros sistemáticos para o período de 1961 a 2005, assim como o erro absoluto médio percentual.

Figura 5- Valores de precipitação média mensal observados, simulados e corrigidos pelos métodos de correção de erros sistemáticos

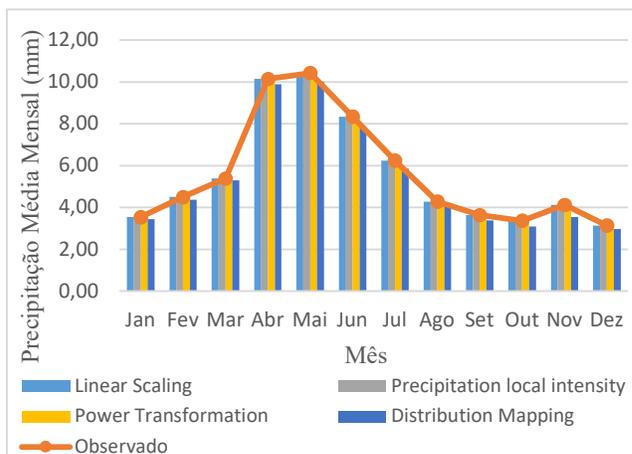


Tabela 2- Erro médio absoluto percentual

Métodos de Correção	MAPE (%)
Bruto	49,58
Linear Scaling (LS)	0,0031
Local Intensity Scaling (LOCI)	0,0015
Power Transformation (PT)	0,0027
Distribution Mapping (DM)	5,41

Semelhante ao que foi constatado nas médias diárias, os métodos de correção resultaram em bons ajustes da precipitação média mensal, com erro médio absoluto percentual passando de cerca de 50%, oriundo do modelo bruto, para valores inferiores a 10%. O método *Local Intensity Scaling (LOCI)* apresentou o melhor ajuste com um erro absoluto médio percentual de 0,0015%. Novamente, o método *distribution mapping (DM)* apresentou resultado inferior aos demais, com erro médio absoluto percentual de cerca de 5%. A Figura 6 e a Tabela 3 apresentam os valores de precipitação máxima anual e o erro absoluto médio percentual, por se tratar de valores máximos, apenas os anos sem falhas foram utilizados.

Figura 6- Valores de precipitação máxima anual observados, simulados e corrigidos pelos métodos de correção de erros sistemáticos

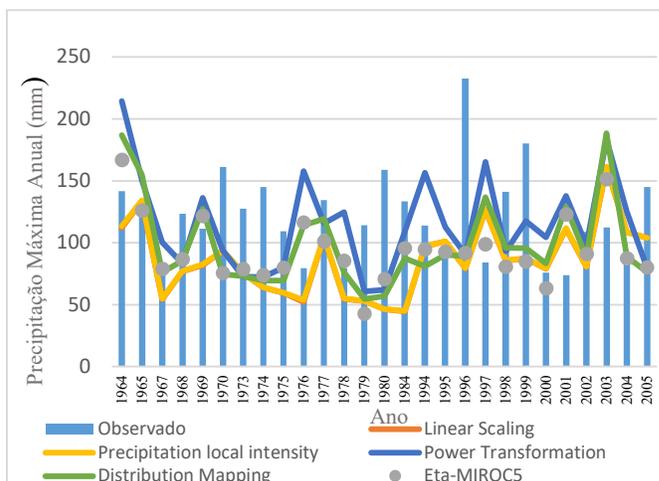


Tabela 3- Erro absoluto médio percentual (%)

Métodos de Correção	MAPE (%)
Bruto	30,96
Linear Scaling (LS)	36,54
Local Intensity Scaling (LOCI)	44,04
Power Transformation (PT)	44,04
Distribution Mapping (DM)	35,59

Na Figura 6 observa-se uma dificuldade dos métodos para ajustar a precipitação máxima anual, isso é evidenciado pelos erros absolutos médios percentuais, encontrados na Tabela 3, onde o resultado bruto do modelo ETA-MIROC5 apresentou erro menor do que as correções realizadas por todos os métodos averiguados. Dentre eles, os métodos Local Intensity Scaling (LOCI) e Power Transformation (PT) foram os que apresentaram os piores resultados.

CONCLUSÕES

O estudo buscou apresentar e comparar a aplicação de quatro métodos diferentes de correção de erros sistemáticos: *Linear Scaling* (LS), *Local Intensity Scaling* (LOCI), *Power Transformation* (PT) e *Distribution Mapping* (DM), calculados através do software *CMHyd*, a partir dos parâmetros: precipitação média diária, intensidade de precipitação, desvio padrão, coeficiente de variação e probabilidade de dias úmidos. Também, de forma a verificar o ajuste dos métodos para valores mensais e extremos, foram analisados os parâmetros: precipitação média mensal e precipitação máxima anual.

O método *Linear Scaling* (LS) se destacou ao apresentar um bom ajuste dos valores de precipitação média mensal, coeficiente de variação e precipitação média diária, no entanto, não foi capaz de representar bem os parâmetros de probabilidade de dias úmidos e intensidade de precipitação. Já o método *Distribution Mapping* (DM), ao contrário dos outros métodos, não fez um bom ajuste dos dados de precipitação média mensal e diária, mas se destacou positivamente ao representar a intensidade de precipitação, quando comparado aos valores observados.

Quanto aos valores extremos de precipitação, pode-se afirmar que nenhum método aplicado conseguiu ajustar bem as precipitações máximas anuais, apresentando erros superiores à projeção bruta (mais de 35% quando comparados aos valores observados).

Por fim, esse trabalho além de mostrar a importância da aplicação dos métodos de correção de erros sistemáticos, também indica que os métodos aplicados não fazem uma boa correção de valores diários extremos, sugerindo-se então, para trabalhos futuros, a aplicação e comparação de outros métodos de correção.

REFERÊNCIAS

- ANA, Agência Nacional de Águas (2016). “*Mudanças climáticas e recursos hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação*”. Brasília.
- ANDRADE, A. B.; BRANDÃO, P. R. B (2009). “*Geografia de Salvador*”. EDUFBA -Salvador, 160p.
- BARBOSA, C. C.; CALIJURI, M. C.; SANTOS, A. C. A.; LADWIG, R. (2021). “*Future projections of water level and thermal regime changes of a multipurpose subtropical reservoir (Sao Paulo, Brazil)*”. *Science of the Total Environment*, v. 770, n. January, p. (1-11).
- CHOU, S. C.; LYRA, A.; MOURÃO, C.; DEREZYNSKI, C. P. (2014). “*Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios*”. *American Journal of Climate Change*, v. 03, n. 05, p. 512–527.
- COSTA, R. L.; BAPTISTA, G. M. M.; GOMES, H. B.; SILVA, F. D. S.; ROCHA, R. L.; SALVADOR, M. A.; HERDIES, D. L. (2020). “*Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014*”. *Weather and Climate Extremes*, v. 28.
- DEBORTOLI, N. S.; CAMARINHA, P. I. M.; MARENGO, J. A.; RODRIGUES, R. R. (2017). “*An index of Brazil’s vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change*”. *Natural Hazards*, v. 86, n. 2, p. 557–582.
- FARIAS, C. W. L. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; LINS, F. C. A.; MONTENEGRO, A. A. A. (2020). “*Trend correction of future climate projections simulated by the Eta - Hadgem2-Es regional model for the Mundaú River Basin, Northeastern Brazil*”. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 03, p. 288–301.
- FESER, F.; ROCKEL, B.; STORCH, H. V.; WINTERFELDT, J.; ZAHN, M. (2011). “*Regional climate models add value to global model data: a review and selected examples*”. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 92, n. 9, p. 1181–1192.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021). “*Área territorial brasileira 2020*”. Rio de Janeiro.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021). *"Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2020"*.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. (2014). *"Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change"* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

RATHJENS, H.; BIEGER, K.; SRINIVASAN, R.; CHAUBEY, I.; ARNOLD, J. G. (2016). *"CMhyd User Manual Documentation for preparing simulated climate change data for hydrologic impact studies"*. p. p.16p.

SHARMA, D.; GUPTA, A. D.; BABEL, M. S. (2007). *"Spatial disaggregation of bias-corrected GCM precipitation for improved hydrologic simulation: Ping River Basin, Thailand"*. Hydrology and Earth System Sciences, p. 1373–1390.

TEUTSCHBEIN, C.; SEIBERT, J. *"Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods"*. (2012). Journal of Hydrology, v. 456–457, p. 12–29.

VOGEL, J.; KOLIAN M. J.; JULIANA. A.; HOSTERMAN, H.; PEERS, J., KRISHLAND, D; CARNEY, K. (2020). *"Past is prologue: A case study exploration of the role of climate indicators in adaptation in the United States"*. Climate Services, v. 20, n. November, p. 100202.

WATANABE, M.; SUZUKI, O'ISHI, R., KOMURO, Y.; WATANABE, S.; EMORE, S.; TEKEMURA, T.; CHIKIRA, M.; OGURA, T.; SEKIGUCHI, M.; TAKATA, K.; YAMAZAKI, D.; YOKOHATA, T.; NOZAWA, T.; HASUMI, H.; TATEBE, H.; KIMOTO, M. (2010). *"Improved Climate Simulation by MIROC5: Mean States, Variability and Climate Sensitivity"*. Journal of Climate. p. 6312–6335.

ZHANG, B; SHRESTA, N. K.; DAGGUPATI, P.; RUDRA, R.; SHUKLA, R.; KAUR, B.; HOU, J. (2018). *"Quantifying the Impacts of Climate Change on Streamflow Dynamics of Two Major Rivers of the Northern Lake Erie Basin in Canada"*. Sustainability (10). p (1-23)