

TESTE DE TENDÊNCIA E INCERTEZAS DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS PARA A REGIÃO DO LITORAL DE SÃO PAULO USANDO O MODELO Eta-CPTEC

Virginia P. Silveira^{1,2}, Iracema F.A. Cavalcanti¹

¹CPTEC/INPE – São José dos Campos - São Paulo – virginia.silveira@cptec.inpe.br

RESUMO: Neste estudo foi feito o cálculo de 6 índices de extremos climáticos de precipitação para as simulações do clima futuro (2040-2099) do modelo regional Eta-CPTEC. Os índices que apresentaram significância estatística acima de 95% foram o SDII e o R10mm. As análises de incerteza desses índices mostram que elas são maiores entre o fim da década de 2070 e fim da década de 2080. As tendências mostram que nas simulações do clima futuro as chuvas serão mais intensas, porém concentradas em um menor número de dias.

ABSTRACT: This study was performed through the computation of six indices of climate extremes of precipitation for simulations of future climate of the Eta-CPTEC regional model. The indices statistically significant above 95% were SDII and R10mm. The uncertainty analyses of these indices show that they are higher at the end of the 2070s and 2080s. The trends show that in simulations of future climate the precipitation will be more intense, but occurring in fewer days.

1-INTRODUÇÃO

Ainda existem incertezas sobre as mudanças climáticas e suas consequências regionais e globais. Os estudos para detectar as mudanças climáticas podem ser feitos usando séries históricas de variáveis atmosféricas (como temperatura e precipitação) de uma estação meteorológica ou de várias estações reajustadas em pontos de grade. Outra maneira é através do uso de modelos numéricos. Esta segunda forma nos mostra globalmente as mudanças no clima presente, e por meio de rodadas mais longas, cenários para o clima futuro.

Os cenários futuros em escala regional nos ajudam a entender melhor os impactos das mudanças do clima e nos direcionam para uma melhor adaptação a estas mudanças. Marengo et al. (2012) com o objetivo de estudar as projeções climáticas sobre a América do Sul usou o modelo regional Eta-CPTEC selecionando quatro membros do ensemble com diferentes sensibilidades do modelo climático global acoplado do Met Office Hadley Center - HadCM3. Comparando a rodada do clima presente (1961-1990) com as projeções futuras (2011-2040 e 2041-2070), os resultados mostraram um forte aquecimento no continente Sul Americano (4-6°C). Esse aquecimento causa um aumento no gradiente de temperatura continente-oceano que leva ao aumento do gradiente de pressão entre o continente e os oceanos. Conseqüentemente mudanças no transporte de umidade e precipitação são observadas. Essas mudanças na circulação atmosférica da América do Sul causam reduções da precipitação na Amazônia e Nordeste do Brasil (até 40%) e aumento da precipitação próximo à costa norte do Peru e Equador e no

sudeste da América do Sul, atingindo até 30% no norte da Argentina. Todas as alterações mais intensas foram após 2040.

No presente estudo foi feita uma análise de tendências e incertezas usando índices climáticos extremos para a precipitação proveniente das projeções do clima futuro com a utilização do modelo regional Eta-CPTEC.

2- MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MODELO

Neste trabalho foi usado o modelo regional Eta-CPTEC alinhado ao modelo global acoplado oceano-atmosfera do HadCM3. O modelo HadCM3 foi forçado com os gases do efeito estufa da atmosfera do cenário A1B SRES com 16 variantes, cada uma com uma sensibilidade climática diferente. Foi obtido um conjunto de respostas para a temperatura global com diferentes cenários, das quais quatro membros do conjunto foram selecionados para rodar o modelo Eta-CPTEC. Eles correspondem ao membro não perturbado (CNTL), ao membro de alta sensibilidade (HIGH), média sensibilidade (MID) e baixa sensibilidade (LOW). Uma melhor explicação pode ser encontrada em Marengo et al. (2012).

2.2 ÁREA DE ESTUDO

A região de estudo foi a área centrada no ponto de maior precipitação anual sobre o litoral do estado de São Paulo (46,5°W e 24,2°S), Figura 1. Para encontrar esta área foi feita a climatologia do clima presente (1961-1990) do membro CNTL do modelo regional Eta-CPTEC.

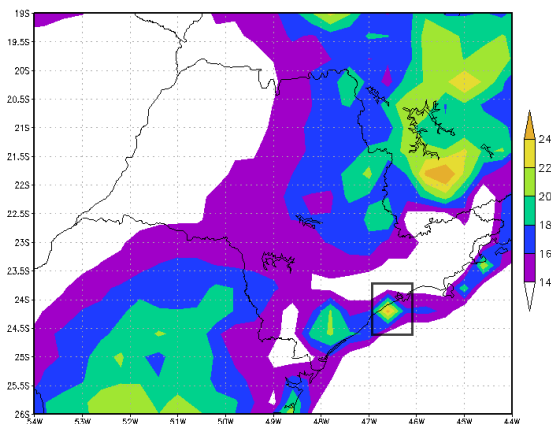


Figura 1: Climatologia da precipitação (1961-1990) para o estado de São Paulo usando o membro CNTL da rodada do modelo regional Eta-CPTEC. O quadrado preto no litoral de São Paulo é a área estudada.

2.3 ÍNDICES CLIMÁTICOS E TESTE DE TENDÊNCIA DE MANN-KENDALL

Os índices climáticos para os extremos da precipitação usados nesse trabalho estão descritos na Tabela 1. Para calcular estes índices foi feito o ensemble (média dos membros) do clima futuro (2040-2099) do modelo regional Eta-CPTEC.

TABELA 1: Índices de precipitação com suas definições e unidades. Dias chuvosos são aqueles com precipitação $\geq 1mm$ e dias secos com precipitação $< 1mm$.

| Sigla | Definição | Unidade |
|----------------|--|---------|
| SDII | Precipitação média dos dias chuvosos | mm/dia |
| SDII_10 | Precipitação média dos dias com precipitação $\geq 10mm$ | mm/dia |
| R1mm | Porcentagem de dias chuvosos | % |
| R10mm | Porcentagem de dias com precipitação $\geq 10mm$ | % |
| CDD | Número máximo de dias consecutivos secos | dias |
| CWD | Número máximo de dias consecutivos chuvosos | dias |

O teste de Mann-Kendall foi usado para o cálculo da tendência. Este é um teste não paramétrico e pode ser usado em séries descontínuas com distribuição desconhecida, com a vantagem de usar a magnitude relativa dos valores da série. Porém, os dados precisam ser variáveis aleatórias, independentes e identicamente distribuídas (Gilbert, 1983). A análise de tendência foi calculada usando o Tau de Kendall e para analisar o local da mudança de tendência na série é calculado o Teste Sequencial de Mann-Kendall [u(t)]. Este teste baseia-se nas sucessões de valores climáticos, onde estes são independentes e a distribuição da probabilidade deve permanecer a mesma. O ponto de início da mudança da tendência é determinado aplicando o mesmo princípio na série inversa [u*(t)]. A intersecção das curvas u(t) e u*(t) localiza o ponto de mudança da tendência, quando esta ocorre dentro do intervalo de confiabilidade (significância estatística de 95%).

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 mostra a série temporal dos índices climáticos da Tabela 1 para o clima futuro (2040-2099) e o teste de tendência de Mann-Kendall. Apenas dois índices climáticos apresentam significância estatística: SDII e R10mm. Apesar das tendências dos outros índices climáticos não apresentarem significância estatística na série toda, em algum período foi observada significância estatística. Assim, analisar também esses índices nos ajudará a entender melhor as mudanças do clima futuro.

A simulação do clima futuro do modelo regional Eta-CPTEC mostra que nos dias chuvosos (precipitação diária acima de 1mm) há um aumento significativo da precipitação média anual (SDII) de 0,89mm/dia, porém a porcentagem de dias (R1mm) e o número de dias consecutivos chuvosos (CWD) diminuem. O teste de Mann-Kendall indica que a tendência crescente do índice SDII começa em 2045, tornando-se significativa em 2065. Já para o número de dias consecutivos secos (CDD), a tendência é crescente, começando em 2048 e tornando significativa no fim da década de 2080.

Para os dias com precipitação diária acima de 10mm, a tendência é crescente para a precipitação média anual (SDII_10) e para a porcentagem de dias (R10mm), começando no início da década de 2060 e tornando-se significativa na década de 2080.

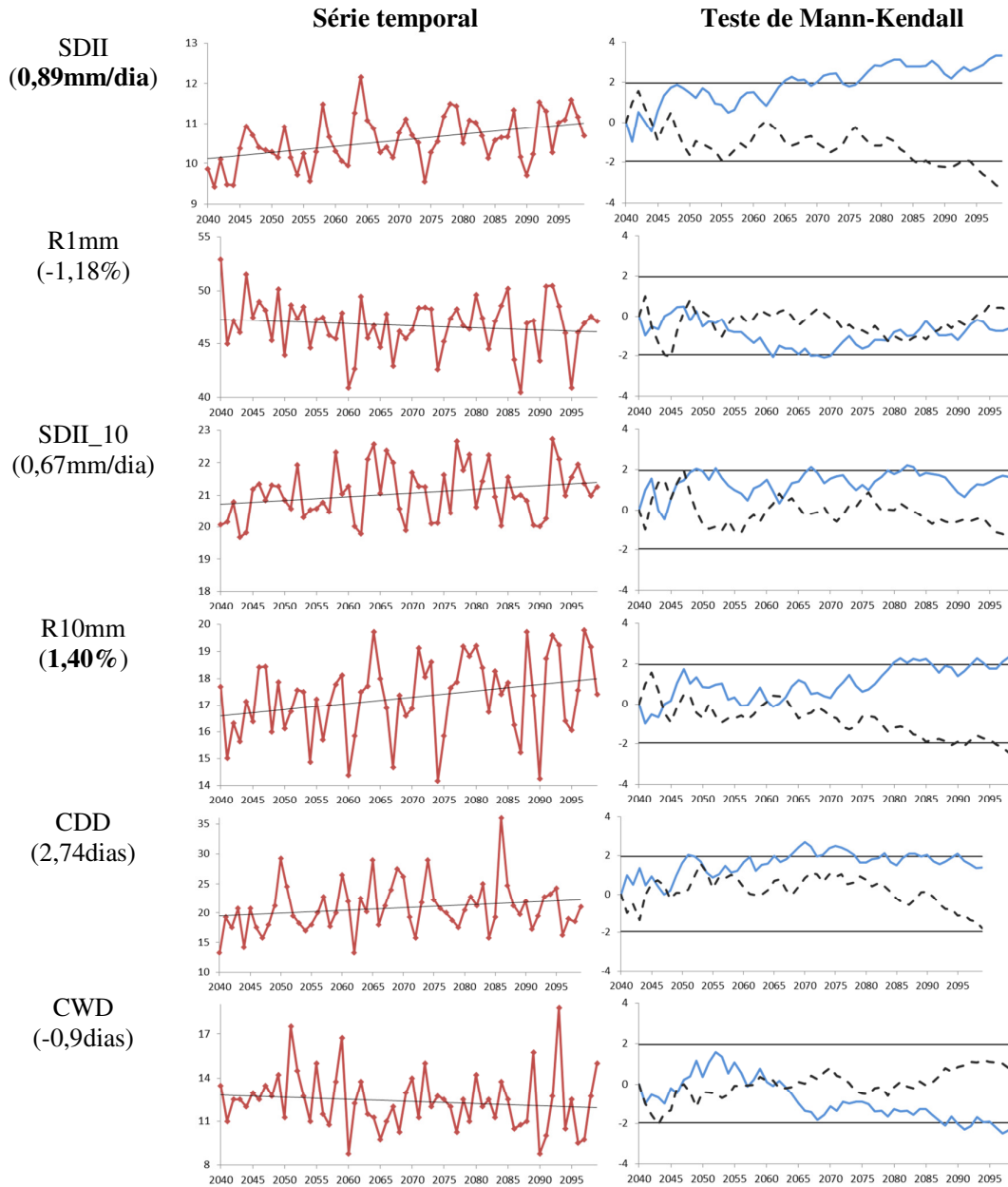


Figura 2: Primeira coluna mostra o valor da tendência do índice climático (os acima de 95% estão em negrito), a segunda coluna mostra a série temporal e a terceira coluna o teste de Mann-Kendall. A linha contínua azul representa o teste de Mann-Kendall $u(t)$, a pontilhada preta a série inversa $u^*(t)$ e a linha contínua preta a significância estatística de 95%.

A Figura 3 mostra as incertezas dos índices climáticos que apresentam significância estatística (SDII e R10mm). Durante o período estudado, são observados anos de maior incerteza seguidos

de anos com menos incerteza, porém entre o fim da década de 2070 e fim da década de 2080 as incertezas parece ser maiores.

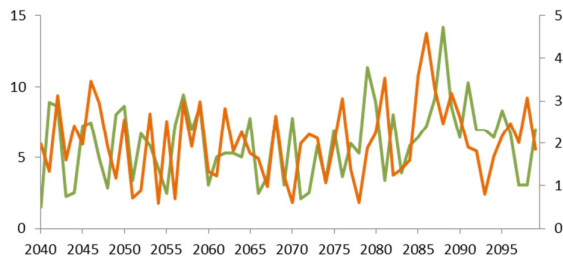


Figura 3: Incerteza climática (diferença entre os membros de maior e menor valor). O eixo da esquerda corresponde ao índice R10mm (linha verde) e o eixo da direita corresponde ao índice SDII (linha laranja).

4-CONCLUSÃO

Neste trabalho foi estudada a tendência de 6 índices climáticos extremos para a precipitação da simulação do clima futuro (2040-2099) no litoral de São Paulo usando o modelo regional Eta-CPTEC. Apenas dois índices apresentam tendência significativa durante o período: SDII e R10mm. O SDII mostra que a tendência da precipitação média mensal dos dias chuvosos indica, nas projeções, um aumento de 0,89mm/dia (começando em 2045) e o R10mm mostra um aumento da porcentagem de dias com chuva acima de 10mm/dia com início em 2063 e torna-se significativa após a década de 2080. Para esses índices, as incertezas são maiores entre o fim da década de 2070 e fim da década de 2080. Os outros índices não apresentaram tendência significativa no período, mas em alguns anos eles são significativas (como podemos observar nos gráficos do teste de Mann-Kendall). O CDD e o CWD apresentaram sinais contrários de tendência, positivos e negativos, respectivamente, e o R1mm apresentou tendência negativa. Em resumo, estes resultados mostram que é projetado um aumento de precipitação média mensal, um aumento no número de dias consecutivos sem chuva, no clima futuro, indicando um aumento na intensidade dos eventos extremos de chuva.

AGRADECIMENTO

À FAPESP pelo projeto: “Assessment of Impacts and Vulnerability to Climate Change in Brazil and strategies for Adaptation options project”(Ref. 2008/58161-1).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GILBERT, R. O., **Statistical methods for environmental pollution monitoring**. New York: Van Nostrand Reinhold, 320 p., 1983. MARENGO, J.A.; CHOU, S.C.; KAY, G.; ALVES L.M.; PESQUERO, J.F.; SOARES, W.R.; SANTOS, D.C.; LYRA, A.A.; SUEIRO, G.; BETTS, R.; CHAGAS, D.J.; GOMES, J.L.; BUSTAMANTE, F.J.; TAVARES, P., 2012. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins. **Climate Dynamics**, v.38, p.1829-1848.