

## **VI-168 - ANÁLISE DE TENDÊNCIAS DE PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO DO SERIDÓ DO RIO GRANDE DO NORTE**

**Lucas Cunha de Azevedo<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Mestrando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

**Adelena Gonçalves Maia<sup>(2)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal da Bahia. Mestre e doutora em Engenharia Civil com ênfase em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EECC/USP). Professora adjunta da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

**Kellen Carla Lima<sup>(3)</sup>**

Bacharel em Meteorologia pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Meteorologia pela Universidade Federal de Pelotas e doutora em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Professora adjunta da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Teatrólogo Meira Pires, 1993- Natal - RN - CEP: 59080-090 - Brasil - Tel: (84) 99929-2615 - e-mail: [lucasazevedo31@hotmail.com](mailto:lucasazevedo31@hotmail.com)

### **RESUMO**

Evidências de mudanças climáticas em ocorrência no planeta são cada vez mais frequentes e consistentes, e suas perspectivas futuras apresentam desafios-chave para a engenharia de recursos hídricos. Prevê-se que regimes de precipitação sofrerão mudanças importantes, e disparidades entre regiões úmidas e regiões secas serão acentuadas; no contexto do semiárido nordestino, portanto, o estudo de tais mudanças é crucial para o planejamento adequado da gestão de seus escassos recursos hídricos. Este trabalho teve, portanto, o objetivo de avaliar tendências de precipitação na região do Seridó Potiguar, de clima semiárido. Para séries históricas de precipitação de seis municípios foram calculados 13 índices de precipitação a partir do software RClimDex 1.1, e aplicados os testes de Mann-Kendall, para determinação da significância de suas tendências, e do método de Theil-Sen, para estimar sua magnitude. Os resultados mostraram que a maioria das tendências significativas encontradas é negativa, e concentra-se principalmente na região do Seridó Ocidental; no entanto, em municípios do Seridó Oriental, com municípios localizados imediatamente a sotavento do Planalto da Borborema, algumas tendências positivas importantes foram observadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recursos hídricos, semiárido, índices climáticos, RClimDex, teste de Mann-Kendall, método de Theil-Sen.

### **INTRODUÇÃO**

As evidências de mudanças climáticas ocorrentes no planeta, além de suas possíveis consequências, têm ocupado um papel central em debates científicos nas últimas décadas. O relatório de avaliação de 2014, do *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* afirmou que o aquecimento do sistema climático global é, a este ponto, indubitável, e que em longo prazo tais mudanças devem acentuar as disparidades entre áreas secas (que tenderão a passar por crises hídricas ainda mais frequentes) e áreas úmidas (onde maiores e mais numerosos eventos extremos de precipitação podem causar enchentes e alagamentos mais comumente) (IPCC, 2014). Faz-se necessária, portanto, a investigação de variabilidades e tendências climáticas também em escalas locais, avaliando a magnitude e o impacto de tais mudanças ao longo do tempo.

Evidentemente, tais estudos têm um papel de especial importância no contexto do semiárido nordestino; 94% do território da região está sujeito à desertificação (VIEIRA et al., 2015), e períodos de secas severas têm feito parte de sua dinâmica climática por toda sua história, exigindo uma gestão de recursos hídricos especialmente cuidadosa. Prevê-se que ao longo do século XXI tais períodos secos se tornarão ainda mais longos, enquanto áreas de clima seco, no geral, sofrerão expansão, e zonas de clima semiárido passarão a ser consideradas áridas (IPCC, 2012; MARENGO E BERNASCONI, 2015; MARENGO et al., 2017).

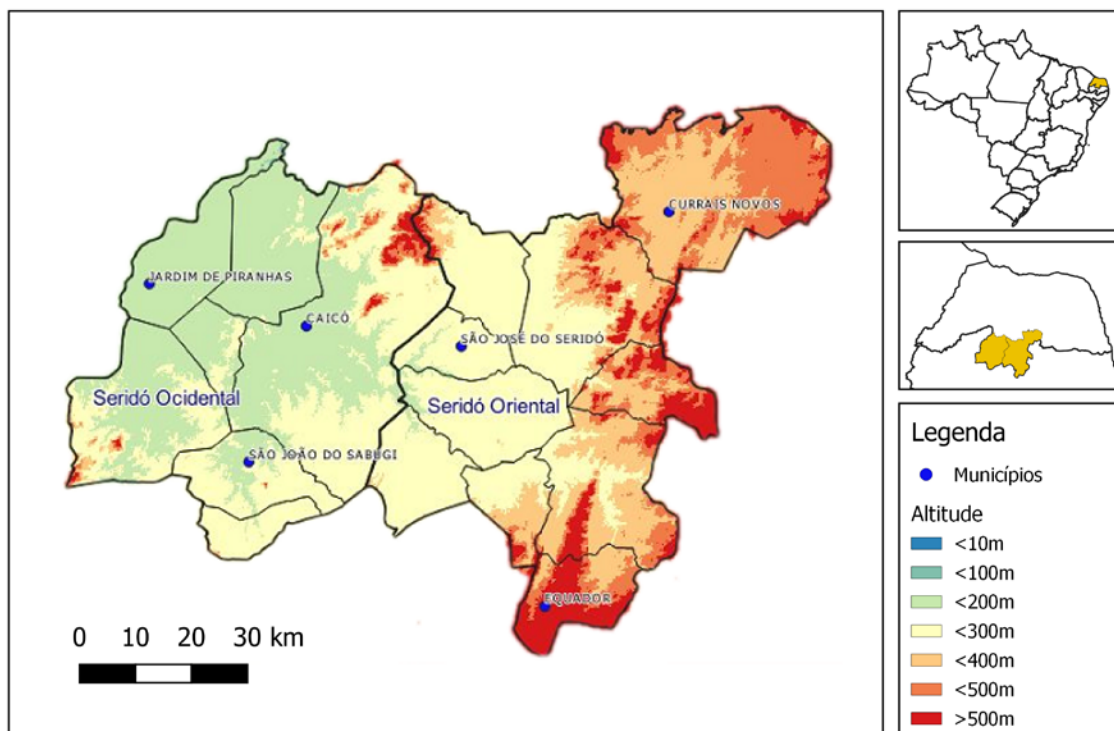
Tais tendências têm sido observadas em outros estudos. Oliveira et al. (2017), em análise envolvendo séries históricas de precipitação de 148 estações da região Nordeste, detectaram uma acentuação da sazonalidade da região Nordeste, com épocas úmidas tornando-se mais úmidas e épocas secas tornando-se mais secas. A notável exceção a esse comportamento foi a região do semiárido norte, envolvendo os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, em que as tendências negativas foram observadas tanto em épocas chuvosas quanto em épocas secas. Inserida neste contexto está a região do Seridó Potiguar, localizado ao sul do estado do Rio Grande do Norte; considerando as frequentes crises hídricas que acometem a região e seus impactos ambientais e socioeconômicos, mostra-se importante a avaliação dessas mudanças no âmbito local. Portanto, nesta pesquisa tem-se o objetivo de investigar tendências de precipitação na região semiárida do Seridó Potiguar, estado do Rio Grande do Norte, durante o período de 1963 a 2010.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O Seridó Potiguar, localizado na Mesorregião Central do Rio Grande do Norte, abrange uma área de 9.186,7km<sup>2</sup>, e é dividido em duas microrregiões denominadas de Seridó Oriental e Seridó Ocidental (IBGE, 2010). O clima da região é denominado, pela classificação de Nimer (1979), de Tropical de Zona Equatorial, de natureza semiárida - caracterizado por período seco de sete a oito meses, com curto período chuvoso concentrado em fins de verão e outono (influenciado principalmente pela movimentação ao sul da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT – nesta época). Os totais pluviométricos da região variam entre 500 e 850 mm por ano e sua irregularidade e concentração se reflete no regime dos rios seridoenses, de característica intermitente (MEDEIROS, 2003).

A topografia da região é formada pela Depressão Sertaneja e pelo Planalto da Borborema; as localidades imediatamente a sotavento do Planalto (como os municípios de Currais Novos e Equador), onde os ventos advindos de leste chegam já sem umidade, tendem a apresentar seus menores totais pluviométricos (DINIZ E PEREIRA, 2015).

Seis municípios da região foram utilizados como amostra para análise das tendências de precipitação – Caicó, Currais Novos, Equador, Jardim de Piranhas, São João do Sabugi e São José do Seridó (indicados na Figura 1, que ilustra também o perfil altimétrico da região). Tais municípios foram selecionados pela consistência dos dados registrados e por garantirem uma representatividade abrangente da região. As séries abrangem chuvas diárias entre os anos de 1963 e 2010, e são provenientes de observações da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).



**Figura 1: Altimetria da região do Seridó Potiguar, com destaque para municípios escolhidos para amostragem no estudo.**

Neste trabalho, foram calculados e analisados índices climáticos propostos pelo *Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI)*, uma equipe formada com o objetivo de promover medidas objetivas e caracterizações precisas da variabilidade e das mudanças do clima (WCRP, 2018). Todos os índices podem ser calculados por meio de software desenvolvido e disponibilizado para este fim pelo próprio ETCCDI, o RCLimDex 1.1, baseado na plataforma R. Dos 27 índices propostos pela equipe, 11 são relacionados à precipitação - suas descrições, encontradas em Zhang e Yang (2004), são detalhadas abaixo.

- PRCPTOT – Precipitação total anual nos dias úmidos ( $P \geq 1\text{mm}$ ), dada em milímetros;
- CDD – Número máximo de dias secos ( $P < 1\text{mm}$ ) consecutivos em um ano;
- CWD – Número máximo de dias úmidos ( $P \geq 1\text{mm}$ ) consecutivos em um ano;
- R10mm – Número de dias por ano em que  $P \geq 10\text{mm}$ ;
- R20mm – Número de dias por ano em que  $P \geq 20\text{mm}$ ;
- R50mm – Número de dias por ano em que  $P \geq 50\text{mm}$ ;
- Rx1day – Valor máximo anual de precipitação para um dia, em milímetros;
- Rx5day – Valor máximo anual de precipitação para cinco dias, em milímetros;
- R95p – Precipitação total anual para eventos acima do 95º percentil, em milímetros;
- R99p – Precipitação total anual para eventos acima do 99º percentil, em milímetros;
- SDII – Índice simples de intensidade da precipitação (precipitação total em dias úmidos dividida pelo número de dias úmidos).

A estes foram adicionados, para este trabalho, dois índices para avaliação de tendências e mudanças encontradas em épocas específicas do ano:

- PQU – Precipitação nos dias úmidos ( $P \geq 1\text{mm}$ ) do quadrimestre mais úmido, em milímetros;
- PQS – Precipitação nos dias úmidos ( $P \geq 1\text{mm}$ ) do quadrimestre mais seco, em milímetros;

A partir das séries obtidas para cada índice, os testes estatísticos foram aplicados.

Para a análise de tendências em variáveis hidrológicas, é preferencial a adoção de métodos estatísticos *não-paramétricos*, que têm a vantagem de não requerer que a variável estudada obedeça a uma distribuição normal, além de serem menos suscetíveis aos efeitos da presença de *outliers* (NAGHETTINI E PINTO, 2007). Neste trabalho foram utilizados dois desses métodos, conferindo-se os níveis de significância ( $\alpha$ ) de 5% e 10%.

O teste de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975) é comumente usado para verificar a existência de tendências em séries temporais, e tem sido recomendado para a avaliação de dados ambientais pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) (YUE et al., 2002). Para avaliar-se a significância das tendências encontradas com o método, calcula-se uma estatística padronizada do teste,  $Z_{MK}$ . O p-valor do teste pode então ser obtido a partir do valor de  $Z_{MK}$ , visto que a estatística do teste obedecerá uma distribuição normal. Uma descrição detalhada do método pode ser encontrada em Gajbhiye et al. (2016).

Enquanto o teste de Mann-Kendall é útil para a detecção de tendências estatisticamente significativas em uma série temporal, o método de Theil-Sen, proposto por Theil (1950) e Sen (1968) e expandido por Hirsch et al. (1982), tem a capacidade de estimar a *magnitude* da tendência existente, ou seja, sua taxa de variação linear (ou declividade), aqui denominada  $\beta$ . O valor de  $\beta$  consiste na mediana das declividades obtidas para todos os pares de valores da série. Um valor positivo de  $\beta$  indica uma tendência crescente, enquanto um valor negativo indica uma tendência decrescente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

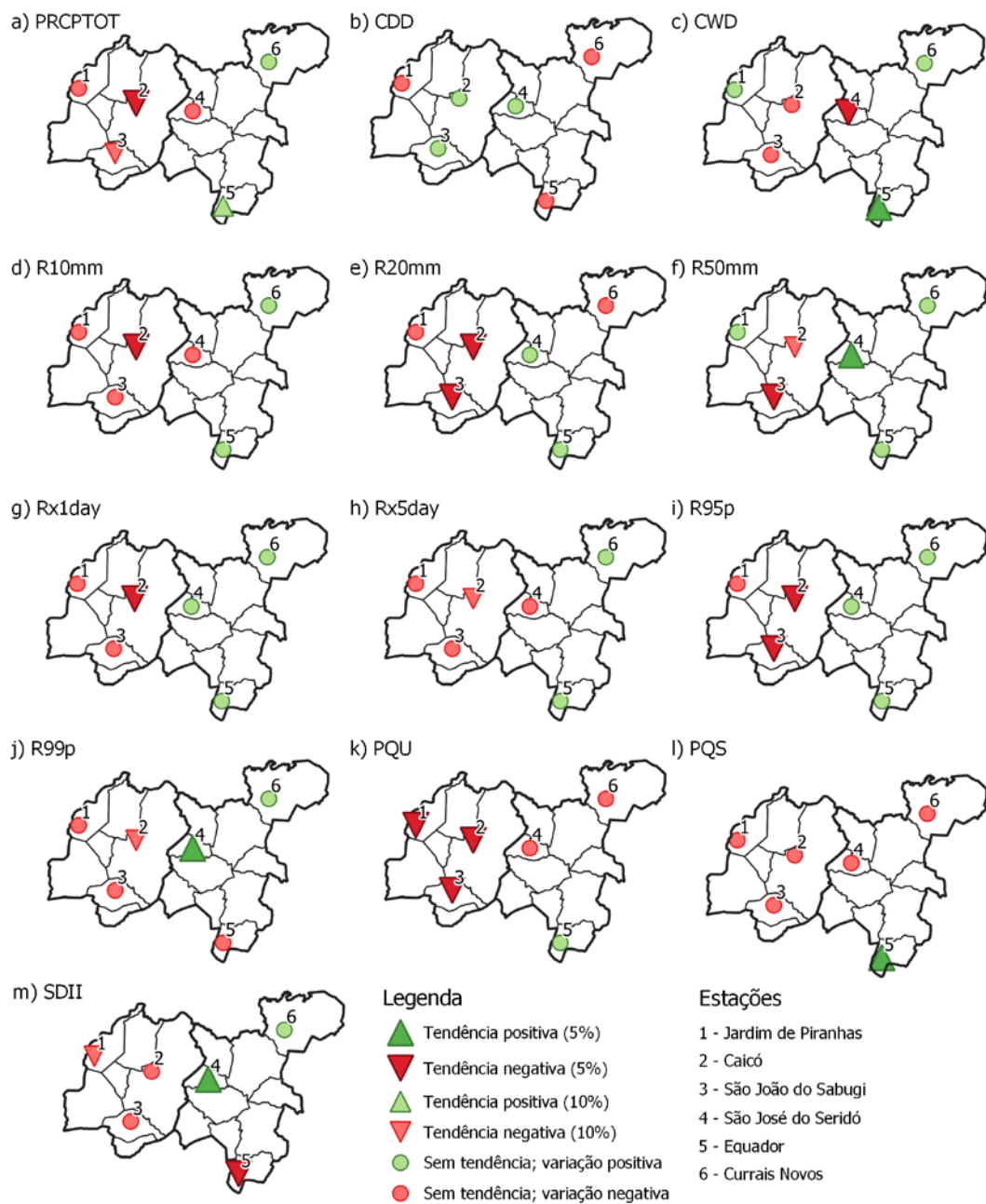
A diversidade geográfica dos municípios escolhidos mostra variabilidade nos totais pluviométricos; as chuvas médias anuais das estações selecionadas variam entre 486.3mm/ano (Equador) e 750.4mm/ano (São João do Sabugi). Nota-se, também, que o quadrimestre mais seco coincide para todas as localidades (os meses de agosto, setembro, outubro e novembro); por outro lado, o quadrimestre mais úmido é, na maioria das cidades, encontrado nos meses de fevereiro, março, abril e maio, com exceção de São José do Seridó e Equador, que encontram seus maiores totais nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril (Tabela 1).

**Tabela 1: Precipitações médias e quadrimestres mais chuvoso e mais seco para as estações utilizadas no estudo.**

Município	Número	Precipitação anual média	Quadrimestre mais chuvoso	Quadrimestre mais seco
Jardim de Piranhas	1	743,5	FMAM	ASON
Caicó Batalhão	2	735,6	FMAM	ASON
São João do Sabugi	3	750,4	FMAM	ASON
São José do Seridó	4	651,7	JFMA	ASON
Equador	5	466,3	JFMA	ASON
Currais Novos	6	541,9	FMAM	ASON

O principal mecanismo causador das chuvas observadas no primeiro semestre na região semiárida é o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para o sul; os movimentos ascendentes de ventos encontrados na zona intensificam a formação de chuvas. Por outro lado, no inverno a ZCIT se encontra em uma posição mais ao norte, e movimentos descendentes são formados na região semiárida, inibindo a formação de chuvas (MOLION E BERNARDO, 2002; DINIZ E PEREIRA, 2015).

Os resultados da aplicação do teste de Mann-Kendall está disposto na Figura 2. A Tabela 2, por sua vez, apresenta as declividades obtidas pelo método de Theil-Sen, para cada um dos índices climáticos calculados e para cada um dos municípios.



**Figura 2: Distribuição espacial das tendências observadas para cada índice nas estações estudadas, de acordo com o teste de Mann-Kendall.**



**Tabela 2: Declividades de Theil-Sen para precipitação em cidades do Seridó do Rio Grande do Norte.**

Índice	1 - Jardim de Piranhas	2 - Caicó	3 - São João do Sabugi	4 - São José do Seridó	5 - Equador	6 - Currais Novos
PRCPTOT	-4,60	<b>-7,28*</b>	<b>-5,41</b>	-2,15	<b>+3,16</b>	+0,05
CDD	0,00	+0,97	+0,28	+0,84	-0,86	-0,15
CWD	0,00	-0,03	0,00	<b>-0,17*</b>	<b>+0,08*</b>	0,00
R10	-0,13	<b>-0,21*</b>	-0,09	-0,11	+0,07	0,00
R20	-0,05	<b>-0,14*</b>	<b>-0,09*</b>	+0,03	+0,02	0,00
R50	0,00	<b>-0,01</b>	<b>-0,05*</b>	<b>0,00*</b>	0,00	0,00
Rx1day	-0,34	<b>-0,50*</b>	-0,24	+0,32	+0,06	+0,25
Rx5day	-0,27	<b>-0,99</b>	-0,27	-0,05	+0,14	+0,23
R95p	-0,08	<b>-2,52*</b>	<b>-3,43*</b>	+1,86	0,00	+0,60
R99p	0,00	<b>0,00</b>	0,00	<b>0,00*</b>	0,00	0,00
SDII	<b>-0,08</b>	-0,05	-0,01	<b>+0,07*</b>	<b>-0,20*</b>	+0,02
PQU	<b>-5,03*</b>	<b>-5,47*</b>	<b>-6,37*</b>	-2,78	+1,40	-0,83
PQS	0,00	-0,14	0,00	-0,10	<b>0,00*</b>	0,00

Valores em **vermelho** - Z negativo pelo teste de Mann-Kendall;

Valores em **verde** - Z positivo pelo teste de Mann-Kendall;

Valores em **negrito** - tendência significativa pelo teste de Mann-Kendall, a 10%;

Valores em **negrito**, com asterisco (\*) - tendência significativa pelo teste de Mann-Kendall, a 5%.

De maneira geral, a Tabela 2 e Figura 2 mostram forte predominância de variações negativas nos índices da região do Seridó Ocidental e de variações positivas na região do Seridó Oriental; a maioria dessas variações, no entanto, não tem significância estatística. Ainda assim, tendências significativas são encontradas em todos os municípios, com exceção da cidade de Currais Novos, mas encontram-se principalmente na região Ocidental e são predominantemente negativas.

O município de Caicó foi evidentemente o mais influenciado por tendências, em sua maioria negativas e significativas, causadas por uma redução sensível nos totais precipitados entre 1963 e 2010, de -7,28mm/ano, a maior entre todos os municípios estudados (em módulo). Tal diminuição também afetou negativamente os índices R10, R20 e R50, sugerindo uma queda na frequência das chuvas, Rx1day e Rx5day, logo quedas em sua intensidade, e PQU, indicando que a época chuvosa da cidade (fevereiro-março-abril-maio) tem se tornado mais seca. Variações não-significativas, mas com baixos p-valores, também são observadas para os índices CDD (positiva) e CWD (negativa), o que mostra a possibilidade de prolongamentos de períodos secos e encurtamentos de períodos úmidos na região.

Para as cidades de Jardim de Piranhas e São João do Sabugi existe a grande predominância de variações negativas, em sua maioria não-significativas. Contudo, para Jardim de Piranhas existe uma declividade notavelmente alta (mesmo que não-significativa) de redução do índice de precipitação total, o que pode ter causado a tendência negativa significativa no índice SDII. Uma quantidade maior de tendências significativas é encontrada no município de São João do Sabugi, particularmente para os índices PRCPTOT, R20, R50 e R95p, o que indicaria, assim como em Caicó, uma redução dos totais precipitados concomitante com uma redução na frequência de chuvas de média e alta intensidade. Em ambos os municípios (e, portanto, para todo o Seridó Ocidental) existe uma tendência negativa significativa no índice PQU, o que sugere que a chuva no quadrimestre FMAM tem sido reduzida ou redistribuída para outras épocas.

O município de São José do Seridó apresenta um comportamento mais peculiar em suas tendências: embora índices de total precipitado (PRCPTOT, PQU, PQS) tenham sofrido uma redução não-significativa, alguns índices relacionados a precipitações intensas (R99p e R50) apresentaram tendências positivas significativas, o que pode indicar que eventos chuvosos se concentraram em períodos de tempo menores e tornaram-se mais intensos (hipótese corroborada pela tendência negativa apresentada pelo índice CWD). Em consequência, é

observada também uma alta significativa no índice SDII: embora o total precipitado não tenha sofrido uma tendência em particular, torna-se evidente que o número de dias em que houve precipitação diminuiu.

Os municípios de Currais Novos e Equador, ambos localizados na região imediatamente a sotavento do Planalto da Borborema, são as duas cidades de menor média pluviométrica anual entre as selecionadas, e também mostram um perfil de tendências evidentemente diferente dos outros quatro municípios. Enquanto para Currais Novos não foram encontradas tendências significativas para nenhum índice, Equador apresenta uma notória tendência significativa positiva em sua precipitação total, aparentemente motivada em parte por uma grande alta nos totais pluviométricos observados após o ano de 2000. Aumenta também o índice CWD, o que indica períodos chuvosos mais longos, mas diminui o índice SDII; a ausência de tendência decrescente na precipitação total sugere que tal queda é motivada pelo aumento de dias úmidos ( $P \geq 1\text{mm}$ ).

A predominância de tendências significativas negativas na região do Seridó corrobora resultados do estudo de Oliveira et al. (2017), que atestam que na região semiárida norte do Nordeste (incluindo o estado do Rio Grande do Norte) existe uma tendência de agravamento das condições de seca; algumas tendências negativas na precipitação da região Nordeste também haviam sido detectadas previamente por Haylock et al. (2006) e Skansi et al. (2013). É comum, no entanto, que outros estudos locais, utilizando outras metodologias, encontrem também tendências positivas como as que foram mostradas para municípios do Seridó Oriental – são os exemplos de Santos e Brito (2007) e Santos et al. (2009), que constataram a presença de algumas tendências positivas significativas na precipitação dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Ceará.

Verifica-se na Tabela 2 que para alguns dos índices (R50, R99p, PQS) e em algumas cidades, de forma anômala, o teste de Mann-Kendall detectou tendências em casos que a declividade encontrada foi nula; a análise dos dados leva a constatar que tal fenômeno ocorre em índices que assumem de forma muito recorrente o valor 0 (o que acontece com frequência, visto que as cidades são de clima seco), prejudicando assim a acurácia do método de Theil-Sen.

## CONCLUSÕES

A análise dos resultados dos testes de tendência mostrou: (i) Nos municípios localizados mais a oeste (Caicó, São João do Sabugi, São José do Seridó e Jardim de Piranhas), de clima levemente mais úmido, há tendências significativas e não-significativas à redução dos totais precipitados - diminuições significativas de frequência e intensidade são detectadas por diversos índices estudados. Notavelmente, o município de Caicó reúne a maioria das tendências significativas encontradas, e no município de São José do Seridó existe uma tendência de aumento de eventos extremos e maior concentração de dias chuvosos; (ii) Nos municípios localizados mais a leste (Equador e Currais Novos), situados imediatamente a sotavento do Planalto da Borborema e de clima mais seco, a maioria das variações encontradas é positiva; apenas em Equador, no entanto, são encontradas evidências de tendências significativas de aumento nos totais pluviométricos e na quantidade de dias úmidos consecutivos por ano.

Sugere-se a futura realização de outros trabalhos, adotando metodologias diversas, envolvendo outros municípios na mesma região (para melhor investigar a magnitude e a aplicabilidade das tendências aqui encontradas) e mesmo outras regiões do semiárido, para verificar o grau de influência regional de tais tendências. Além disso, faz-se necessária uma avaliação de formas pelas quais a engenharia de recursos hídricos possa lidar com tais mudanças em um futuro próximo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DINIZ, M. T. M.; PEREIRA, V. H. C. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: Sistemas atmosféricos atuais e mapeamento de tipos de clima. Boletim Goiano de Geografia, v. 35, n. 3, p. 488-506, set./dez. 2015.
2. GAJBHIYE, S.; MESHRAM, C.; MIRABBASI, R.; SHARMA, S. K. Trend analysis of rainfall time series for Sindh river basin in India. Theoretical and Applied Climatology, v. 125, p. 593-608, 2016.
3. HAYLOCK, M. R.; PETERSON, T. C.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T.; ANUNCIAÇÃO, Y. M. T.; BAEZ, J.; BARROS, V. R.; BERLATO, M. A.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; CORRALDI, V.;

- GARCIA, V. J.; GRIMM, A. M.; KAROLY, D.; MARENGO, J. A.; MARINO, M. B.; MONCUNIL, D. F.; NECHET, D.; QUINTANA, J.; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J. L.; TREBEJO, I.; VINCENT, L. A. Trends in total and extreme South American rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature. *Journal of Climate*, v. 19, p. 1490-1512, 2006.
4. HIRSCH, R. M.; SLACK, J. R.; SMITH, R. A. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research*, v. 18, p. 107-121, 1982.
  5. IBGE. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acessado em: 20 de outubro de 2018.
  6. IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Core Writing Team; PACHAURI, R.K.; MEYER, L.A. (eds.). IPCC, Gênova, Suíça, 2014.
  7. IPCC. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Aspecial report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: FIELD, C. B., BARROS, V., STOCKER, T. F., QIN, D., DOKKEN, D. J., EBI, K. L., MASTRANDEA, M. D., MACH, K. J., PLATTNER, G.-K., ALLEN, S. K., TIGNOR, M., MIDGLEY, P. M. (eds) Cambridge University Press, Cambridge, 2012. 582 pp.
  8. KENDALL, M. G. Rank Correlation Methods. 4a edição. Charles Griffin, Londres, 1975.
  9. MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, v. 33, p. 245-249, 1945.
  10. MARENGO, J. A., BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. *Climatic Change*, v. 129, p. 103-115, 2015.
  11. MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil – past, present and future. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 129, p. 1189 – 1200, 2017.
  12. MEDEIROS, W. D. A. Sítios geológicos e geomorfológicos dos municípios de Acari, Carnaúba dos Dantas e Currais Novos, região Seridó do Rio Grande do Norte. 2003. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.
  13. MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*. Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.
  14. NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. de A. Hidrologia estatística. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p. ISBN 978-85-7499-023-1.
  15. NÍMER, E. Um modelo metodológico da classificação de climas. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 41, n. 4, p. 59-89, 1979.
  16. OLIVEIRA, P. T.; SANTOS E SILVA, C. M.; LIMA, K. C. Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of Northeast Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 130, p. 77-90, 2017.
  17. SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B. Análise dos índices de extremos para o semi-árido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 22, n. 3, p. 303-312, 2007.
  18. 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, n. 1, p. 39-47, 2009.
  19. SEN, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, v. 63, n. 324, p. 1379-1389, 1968.
  20. SKANSI, M. M.; BRUNET, M.; SIGRÓ, J.; AGUILAR, E.; GROENING, J. A. A.; BENTANCUR, O. J.; GEIER, Y. R. C.; AMAYA, R. L. C.; JÁCOME, H.; RAMOS, A. M.; ROJAS, C. O.; PASTEN, A. M.; MITRO, S. S.; JIMENEZ, C. V.; MARTINEZ, R.; ALEXANDER, L. V.; JONES, P. D. Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America. *Global and Planetary Change*, v. 100, p. 295-307, 2013.
  21. THEIL, H. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis, 1, 2 and 3. *Proceedings of the Royal Netherlands Academy of Sciences*, v. 53, p. 386-392, 521-525, 1397-1412, 1950.
  22. VIEIRA, R. M. S. P. et al. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. *Solid Earth*, v. 6, p. 347 – 360, 2015.
  23. WCRP – World Climate Research Programme. CCI/WCRP/JCOMM Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI). Disponível em: < <https://www.wcrp-climate.org/etccdi> >. Acesso em: 03 de maio de 2018.
  24. YUE, P. S.; YANG, T. C.; WU, C. K. Impact of climate change on water resources in southern Taiwan. *Journal of Hydrology*. v. 260, p. 161-175, 2002.
  25. ZHANG, X.; YANG, F.; RCLimDex (1.0) User manual. Climate Research Branch, Environment Canada, Downsview, Ontario Canada, 2004.