



## ANÁLISE DE TENDÊNCIA E VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DO PARÁ

Franciani Pantoja Menezes<sup>1</sup>; Lindemberg Lima Fernandes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. Tucuruí-Pará - Brasil. E-mail: franciani.menezes@ifpa.edu.br

<sup>2</sup> Doutor em Desenvolvimento Socioambiental. Universidade Federal do Pará/FAESA/ITEC/UFGPA. Belém-Pará - Brasil

Recebido em: 03/10/2016 – Aprovado em: 21/11/2016 – Publicado em: 05/12/2016  
DOI: 10.18677/EnciBio\_2016B\_146

### RESUMO

Estudos sobre o comportamento da precipitação são necessários para o planejamento econômico, social e ambiental, especialmente nos trópicos onde a precipitação é um fator limitante para a produção agrícola. O objetivo deste estudo foi analisar a variabilidade e tendência da precipitação anual no estado do Pará, situado na Amazônia Brasileira, utilizando séries históricas de 66 postos pluviométricos, disponíveis na rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA), no período de 1982 a 2011. Os dados foram sistematizados e consistidos. Os testes não-paramétricos de Mann-Kendall (MK) e Spearman Rho (SR) foram usados para detectar possíveis tendências climáticas. Os resultados demonstraram que há uma grande variabilidade espacial e temporal da precipitação no estado do Pará relacionada à atuação de fenômenos climáticos como o El Niño. Apenas 6 estações (Acará, Brasil Novo, Tracambeua, Cajueiro, Santo Antonio e Uruará) apresentaram tendências significativas a um nível de significância de 5%, que podem estar relacionadas a atuação de fenômenos climáticos na região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mann-Kendall, Precipitação, Spearman Rho.

### TREND ANALYSIS AND VARIABILITY OF RAINFALL IN THE STATE OF PARA,

#### ABSTRACT

The analysis of rainfall trends and variability is necessary for efficient economic, social and environmental planning, particularly in the tropics where rainfall is a limiting factor in agricultural production. The objective of this study is to analyze the variability and trend in annual rainfall in the State of Para, situated in the Brazilian Amazon, using a historical data series from 1982 to 2011 obtained from 66 rain gauge stations of the hydro-meteorological network of the National Water Agency (NWA). Non-parametric Mann-Kendall and Spearman Rho tests were used to detect possible climate trends. Results revealed that only six stations (Acará, Brasil Novo, Tracambeua, Cajueiro, Santo Antonio and Uruara) showed noticeable trends at a significance level of 5%, and this is considered to be related to the action of climatic phenomena in the region. It is acknowledged that there is large spatio-temporal rainfall variability in the state of Para that is related to the action of climatic phenomena, such as El Niño.

**KEYWORDS:** Mann-Kendall, Rainfall, Spearman Rho.

## INTRODUÇÃO

A precipitação corresponde a uma característica meteorológica considerada das mais representativas para a caracterização do regime pluviométrico de uma região, sendo importante para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. A mudança na quantidade e distribuição da precipitação afeta diretamente a disponibilidade de água. Portanto, é importante a análise do comportamento da precipitação para o gerenciamento dos recursos hídricos.

As alterações climáticas podem ter impactos intensos no regime hidrológico de uma bacia hidrográfica (BAWDEN et al., 2014) e uma das grandes preocupações da comunidade científica nas últimas décadas diz respeito às alterações climáticas e suas consequências sociais, econômicas e ambientais (TOMOZEIU et al., 2000; QUIAN & LIN, 2005; LONGOBARDI & VILLANI, 2009; MAHAJAN et al., 2012). A análise de tendências dos dados de precipitação é necessária para o planejamento econômico e social, especialmente nos trópicos onde a precipitação é um fator limitante, isto é, corresponde a um fator de risco para a produção agrícola.

A variabilidade nos dados de precipitação pode fornecer um indicador sobre as mudanças no comportamento natural dos ecossistemas. Um passo importante neste processo é a capacidade de revelar que uma mudança ou tendência está presente nos registros de pluviosidade (MODARRES & SILVA, 2007). Os testes não-paramétricos de Mann- Kendall (MK) e Spearman Rho (SR) são exemplos de testes aplicadas para a detecção de tendências em estudos como (GAUTHIER, 2001; BURN & HAG ELNUR, 2002; YUE et al., 2002 ; ABDUL AZIZ & BURN, 2006; PARTAL & KAHYA, 2006; HAMED, 2008). Uma das razões para a utilização destes testes é por serem adequados para dados que não obedecem a uma distribuição normal encontrados em séries hidrológicas (YUE et al., 2002).

O aumento do desmatamento na Amazônia nos últimos anos, e as possíveis mudanças no clima regional e global tem motivado uma série de experimentos e modelos climáticos, pois há uma grande preocupação com as mudanças no uso do solo amazônico pela interferência antrópica, cuja tendência aponta para alterações e consequências climatológicas e ambientais em escala local e global (DURIEUX et al., 2003; D'ALMEIDA et al., 2007; DAVIDSON et al., 2012; COSTA & PIRES, 2010). Mudanças na precipitação, como redução anual pode ter grande efeito sobre a geração de energia elétrica, outro fator importante para o desenvolvimento da economia do estado do Pará e que depende do regime de precipitação.

Ao analisar a variabilidade da precipitação na Amazônia (MARENGO, 2004) observou uma redução dos índices de chuvas durante a ocorrência do forte El Niño na região nos anos de 1980 e 1990, observou ainda que a precipitação ao norte da Amazônia é sensível a presença de circulação de anomalias associada a fortes eventos de El Niño e La Niña, no entanto, as tendências de chuvas no sul da Amazônia não apresentaram redução significativa associada com o aumento do desmatamento e mudanças no uso da terra.

A região Amazônica sofre a influência de vários sistemas atmosféricos com variações espaciais e temporais bastante diferenciadas (ALCÂNTARA, 2011). Os fenômenos El Niño e La Niña afetam diretamente a circulação atmosférica definindo alterações na precipitação. As precipitações anuais na Amazônia tendem a decrescer do setor costeiro para o interior, decorrente da forma como se originam os sistemas de circulação ao penetrarem na região (FIGUEROA & NOBRE, 1990).

A ausência de registros climáticos adequados e contínuos são dificuldades para identificar claramente possíveis alterações e sua origem nas séries hidrológicas de precipitação da região Amazônica, portanto o desenvolvimento de estudos que

visem a analisar essas modificações nas séries temporais é fundamental para o setor de recursos hídricos, pois o processo de urbanização, o desmatamento, e as emissões de gases de efeito estufa são exemplos de atividades antrópicas que podem alterar aspectos importantes do ciclo hidrológico.

O objetivo deste estudo foi avaliar a partir de séries de precipitação no Estado do Pará, em um período de 30 anos, possíveis tendências de aumento ou redução de chuvas, através de métodos estatísticos, e avaliar a variabilidade da precipitação anual e a influência dos fenômenos climáticos na região.

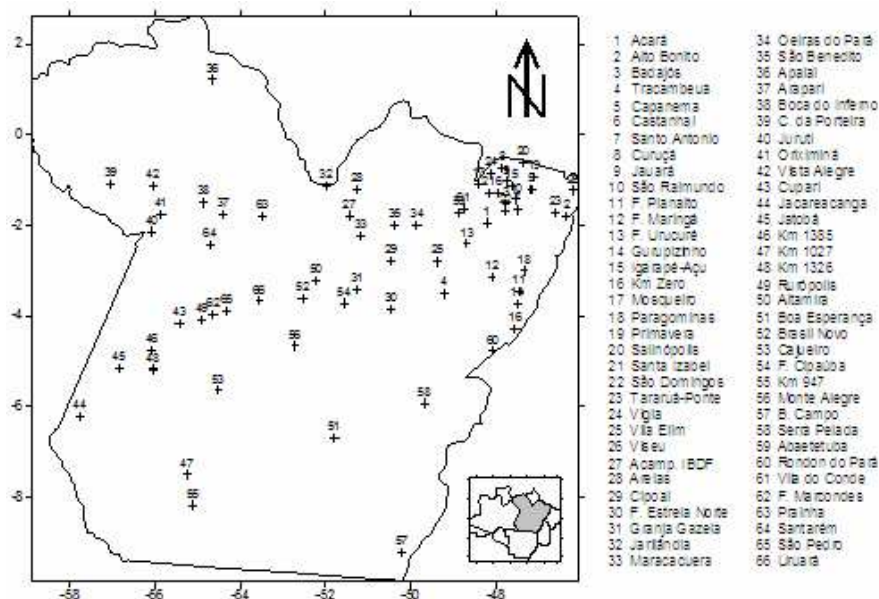
## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

O estado do Pará está localizado na Região Norte do Brasil, na Amazônia Brasileira, ocupando uma área de 1.247.954,6 Km<sup>2</sup>, é o segundo maior estado brasileiro em extensão e detém grande diversidade de recursos naturais. As principais atividades econômicas do estado são a mineração, madeireira, agricultura, pesca e pecuária.

Segundo a classificação de Köppen, são identificados três subtipos climáticos para o estado: “Af”, “Am” e “Aw”, tais subtipos pertencem ao clima tropical chuvoso, caracterizando-se por apresentar temperaturas médias mensais sempre superiores a 18°C e de acordo com (SECTAM, 2004), se diferenciam pela quantidade de precipitação pluviométrica média mensal e anual. A precipitação média anual varia de 2.000 a 2.500 mm. O regime pluviométrico do Estado é bem definido em estação chuvosa, que vai de dezembro a maio, regionalmente chamada de inverno, e estação menos chuvosa, que vai de junho a novembro, regionalmente chamada de verão.

O crescimento das cidades, intensificado a partir da década de 70, teve como resultado a retirada de boa parte da cobertura vegetal do estado. A região nordeste do Pará é a mais densamente povoada, sendo uma área de colonização mais antiga e também a mais intensivamente desmatada, restando poucas áreas ainda preservadas da Floresta Tropical Úmida Primária. A Figura 1 mostra a Amazônia Brasileira e a delimitação do estado do Pará, bem como a localização das estações pluviométricas utilizadas neste estudo.



**FIGURA 1:** Área de Estudo e Distribuição Espacial das Estações  
Fonte: Autores, (2016)

### Coleta de Dados

Os dados de precipitação anual foram obtidos na rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas - ANA, relativos ao período de 1982 a 2011. Foram selecionadas somente as estações contendo séries históricas com no mínimo de 30 anos de dados, pois de acordo WMO (1994) é necessário pelo menos 30 anos de dados para que se tenha uma confiabilidade na caracterização climática de uma região. Os dados foram sistematizados com o auxílio de planilhas eletrônicas. As estações pluviométricas foram plotadas em mapa georreferenciado do estado do Pará. Com o banco de dados definido, fez-se uma análise e consistência das séries históricas. Para a análise da tendência aplicou-se os testes não-paramétricos de Mann-Kendall e Spearman Rho (YUE et al., 2002; SHADMANI et al., 2012). As análises estatísticas foram realizadas através do software BioEstat 5.0.

### Mann Kendall

O teste de Mann-Kendall, desenvolvido por MANN (1945) e KENDALL (1975), é um teste não-paramétrico utilizado para avaliar tendências em séries temporais de dados ambientais (YUE et al., 2002). Segundo HAMED (2008), é o mais adequado para detecção de tendências de séries temporais hidrológicas. De acordo com KAHYA & KALAYCI (2004) é um excelente teste para detecção de tendências, e considera que na hipótese de estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores ocorre de forma independente, e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma. O teste confirma a existência de uma tendência positiva ou negativa para um determinado nível de confiança (LONGOBARDI & VILLANI, 2009). De acordo com YUE et al. (2002), o teste é baseado na estatística S definida conforme Equação 1:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i) \quad (1)$$

Em que o sinal  $(X_j - X_i)$  é obtido da seguinte forma (Equação 2):

$$\text{sgn}(X_j - X_i) = \begin{cases} +1 \text{ if } (X_j - X_i) > 0 \\ 0 \text{ if } (X_j - X_i) = 0 \\ -1 \text{ if } (X_j - X_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

MANN (1945) & KENDALL (1975) mostraram que a estatística S é normalmente distribuída com média e variância dada pela Equação 3:

$$E[S] = 0$$
$$\text{Var}[S] = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (3)$$

O valor da estatística Z é dado pela seguinte equação:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

A hipótese nula de ausência de tendência ( $H_0$ ), é rejeitada sempre que  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ , em que  $\alpha$  é o nível de significância adotado e  $Z_{\alpha/2}$  é o valor crítico de Z a partir da tabela padrão normal. Para o nível de significância de 5% o valor de  $Z_{\alpha/2}$  é 1.96. Os valores positivos de Z indicam tendências crescentes, enquanto que os valores negativos indicam tendências decrescentes.

### Spearman Rho

Spearman Rho é um teste não-paramétrico semelhante ao Mann-Kendall, com potência uniforme para tendências lineares e não lineares e é comumente usado para verificar tendências em séries temporais (GAUTHIER, 2001). Neste teste, a hipótese nula, de ausência de tendência ( $H_0$ ), ocorre quando todos os dados da série temporal são independentes e identicamente distribuídos, enquanto a hipótese alternativa, com tendência ( $H_1$ ), existe um aumento ou a diminuição tendências (YUE et al., 2002). A estatística D teste SR é expressa como se segue:

A estatística D do teste de Spearman é dada pela seguinte equação:

$$D = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R_i - i)^2}{n(n^2 - n)} \quad (5)$$

A estatística do teste padronizado  $Z_{SR}$  é expressa de acordo com a Equação 6:

$$Z_{SR} = D \sqrt{\frac{n - 2}{1 - D^2}} \quad (6)$$

Onde  $R_i$  é o ranking da precipitação medida no intervalo  $i$  e  $n$  é o tamanho da amostra. Os valores positivos de  $Z_{SR}$  indicam tendências crescentes, enquanto que  $Z_{SR}$  negativo indica tendências negativas nas séries temporais. Quando  $|Z_{SR}| > t_{(n-2, 1-\alpha/2)}$ , a hipótese nula é rejeitada e uma tendência significativa existe na série temporal. O parâmetro  $t_{(n-2, 1-\alpha/2)}$  é o valor crítico de  $t$  a partir da tabela t-student, para o nível significativo de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise de Tendência

Para assegurar uma exploração eficaz das características da tendência, os resultados foram avaliados para o nível de significância de 5%. Foram avaliadas as tendências da precipitação para estações de forma individual. Para um nível de significância de 5%, o teste de Mann Kendall apresentou tendência na precipitação anual em 6 das 66 estações analisadas, já com o teste de Spearman Rho apenas 3 estações apresentaram tendência.

As estações Acará, Brasil Novo e Uruará mostraram uma tendência positiva significativa para o teste de MK, indicando um aumento na precipitação anual observada. Já as estações Santo Antonio, Tracambeua e Cajueiro apresentaram tendências negativas. As demais estações mostraram tendências pouco significativas ao nível de 5 %, para o MK. Os resultados dos testes de Mann-Kendall e Spearman são apresentados na Tabela 1.

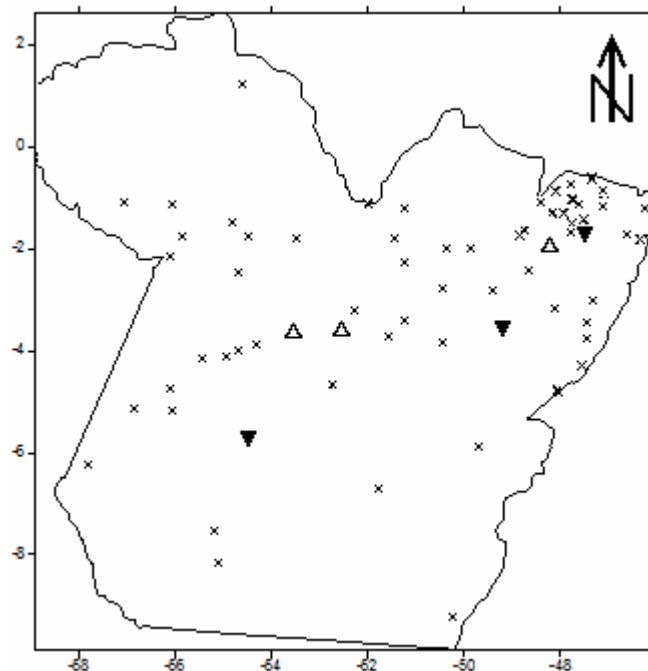
**TABELA 1:** Resultados dos Testes de MK e SR

<b>Estação</b>	<b>MK</b>	<b>SR</b>
Acará	3.443*	3.411*
Santo Antonio	-2.301*	-1.971
Tracambeua	-1.990*	-1.961
Cajueiro	-2.872*	-2.841*
Brasil Novo	2.230*	2.160*
Uruará	1.980*	1.988

\*Significativo a 5%. Fonte: Autores, (2016)

A distribuição espacial das estações com tendências crescentes ou decrescentes significativas a 5%, para os testes de Mann-Kendall e Spearman Rho são mostradas na Figura 2. Os resultados não mostraram núcleos com fortes tendências de acréscimo e/ou decréscimo de precipitação, ou seja, as tendências significativas não ficaram concentradas em uma única região do estado. Apenas duas estações que apresentaram tendências significativas crescentes foram espacialmente situadas na porção central da área de estudo.

O maior valor positivo e estatisticamente significativo foi encontrado na série histórica da estação Acará (3.443), situada na porção Nordeste do Pará onde a precipitação é mais abundante, pois é uma região fortemente influenciada por fenômenos climáticos. Os resultados da análise encontraram evidência estatisticamente significativa de tendência na quantidade de chuvas na região de estudo ao longo dos últimos 30 anos, demonstrando que os dois testes não-paramétricos utilizados mostraram comportamentos similares para os dados de alguns postos pluviométricos observados. O teste de correlação de Spearman confirmou os resultados obtidos pelo teste de Mann-Kendall, para a série histórica de três estações.



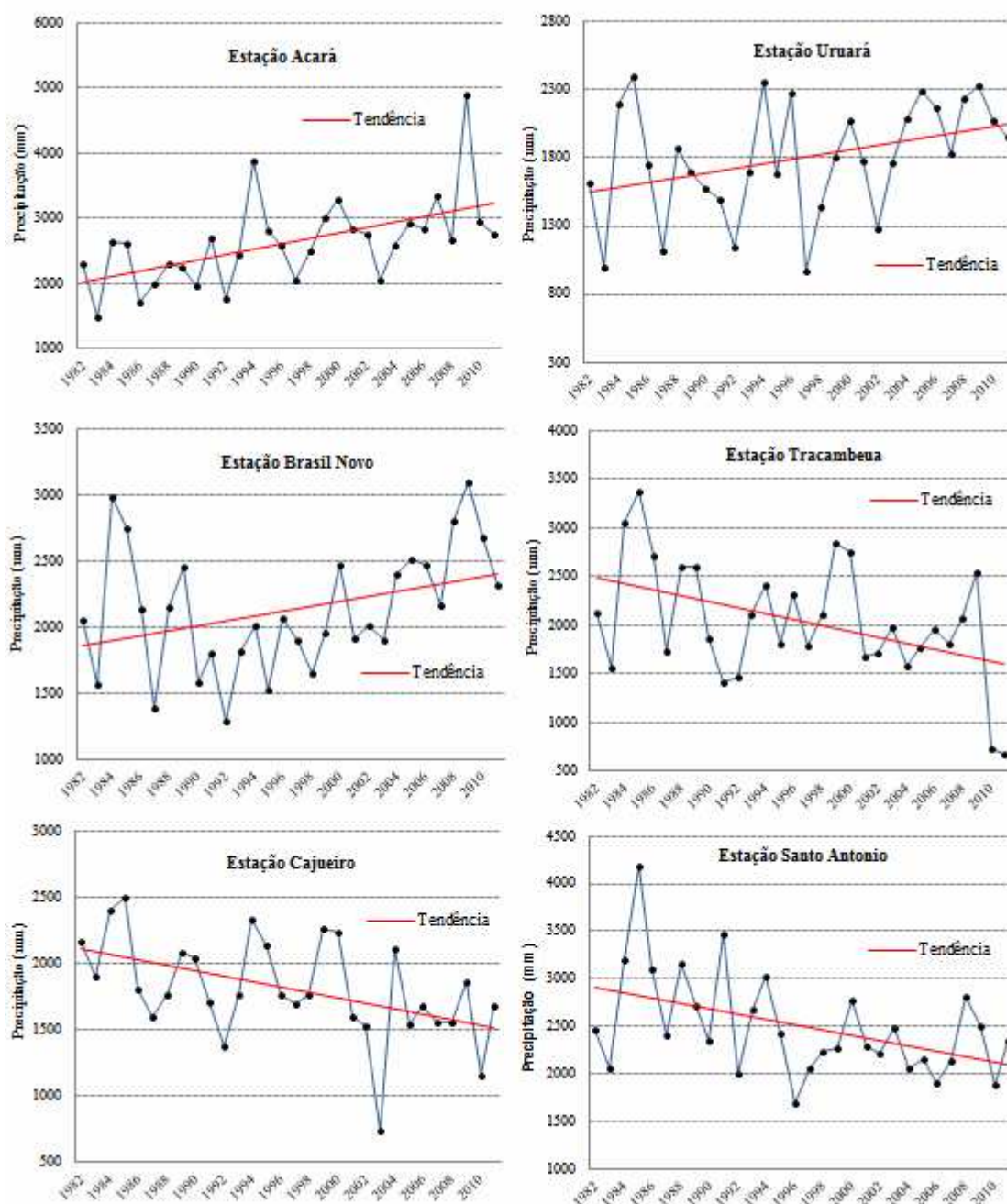
**FIGURA 2:** Localização de estações com tendências crescentes e decrescentes.  
 Fonte: Autores, (2016)

A aplicação dos testes não-paramétricos (MK e SR) escolhidos para a verificação de tendências resultou em valores similares para três estações das séries de dados analisados, apresentando pequenas diferenças entre as suas estatísticas. Portanto, estes testes tiveram desempenho semelhante no nível de significância de 5%. Nos casos em que a detecção de significância foi diferente, o valor do nível significativo de aceitação de tendência exibiu baixa diferença. O desempenho similar de ambos os testes é confirmado por estudos de YUE et al. (2002) e SHADMANI et al. (2012).

### **Variabilidade Interanual da Precipitação**

Os gráficos da Figura 3 representam a distribuição dos totais anuais de precipitações para as estações que apresentaram tendências significativas, mostrando a variabilidade temporal no decorrer de 30 anos. Observa-se que as menores precipitações coincidem com os anos de El Niño, e as maiores precipitações com a ocorrência do La Niña, mostrando que estes fenômenos climáticos têm certa influência sobre a precipitação da área estudada.





**FIGURA 3:** Variação anual da precipitação para as estações com tendência significativa.

Fonte: Autores, (2016)

A precipitação média anual nas estações Santo Antonio, Tracambeua e Cajueiro, mostraram significativa tendência de queda durante todo o período de estudo, estes resultados são corroborados pelo teste de Mann-Kendall (Tabela 1).

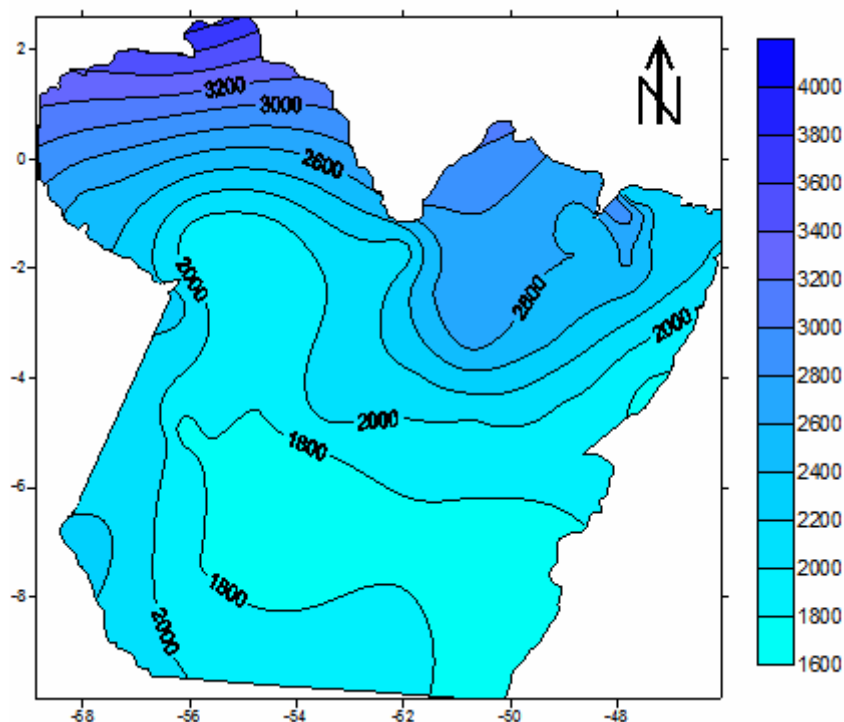
Observa-se uma tendência linear decrescente ao longo do período de estudo nas estações Tracambeua, Cajueiro e Santo Antonio. Essa redução na precipitação pluvial pode ser explicada pela maior concentração de eventos El Niño nas últimas 3 décadas, que provocam diminuição da precipitação pluvial no Estado do Pará.

As maiores precipitações registradas nas estações Santo Antonio, Tracambeua e Cajueiro, ocorreram no ano de 1985, ano de ocorrência do fenômeno climático La Niña, que afeta o clima da Amazônia com tendência de chuvas



abundantes. Para as estações Acará, Brasil Novo e Uruará, as precipitações mínimas foram registradas nos anos de 1983, 1992 e 1997, respectivamente, anos de forte El Niño, demonstrando que a variabilidade anual da precipitação possui forte correlação com os fenômenos atmosféricos, estes resultados estão de acordo com os estudos de MARENGO (2004) sobre a variabilidade da precipitação na Amazônia.

A observação dos últimos 30 anos das séries revela que houve uma grande variabilidade da precipitação, no período de 1982 a 2011. E esta análise fornece fortes evidências da relação entre a precipitação registrada nas estações pluviométricas e os fenômenos climáticos e demonstrando que a variabilidade da precipitação está relacionada principalmente à variabilidade dos diferentes fenômenos climáticos. Quanto à variação espacial da precipitação, observa-se na Figura 4 que as maiores precipitações ao longo dos 30 anos analisados, ocorrem ao Norte, Nordeste e Noroeste (região litorânea do estado), onde a precipitação pode atingir até 4.000 mm.



**FIGURA 4:** Precipitação Média Anual para uma Climatologia de 30 anos.  
Fonte: Autores, (2016).

Na porção Sul, Sudeste e Sudoeste do estado, são observadas as menores precipitações devido a interação de fenômenos atmosféricos, como a Alta Bolívia (AB), que de acordo com FIGUEROA & NOBRE (1990) quando a AB enfraquece, se move para o Norte e na região Sul da Amazônia inicia a estação seca. Observa-se que a precipitação tende a decrescer da faixa litorânea para o interior do estado. Há uma grande variabilidade espacial e temporal da precipitação no estado do Pará, que pode estar relacionada à grande extensão territorial do estado e também a atuação de vários fenômenos atmosféricos.

## CONCLUSÕES

A análise de tendência climática do estado do Pará nas três últimas décadas, segundo a precipitação pluviométrica anual apresentou tendência em 6 estações, conforme o teste de Mann-Kendall, ao nível de significância de 5%, confirmando ausência de tendência para as outras 60 estações com séries históricas analisadas.

As Tendências na precipitação apresentaram relação com fenômenos climáticos na região, por exemplo, com o El Niño. Verificou-se quanto a espacialidade, no que diz respeito ao aumento e diminuição da precipitação não se concentraram em uma única região do estado. Apenas duas estações que apresentaram tendências significativas crescentes foram espacialmente situadas na porção central da área de estudo. A atuação de fenômenos climáticos globais parece explicar grande parte da variabilidade e tendências na precipitação no estado do Pará. Quanto ao desempenho dos dois testes (Mann-Kendall e Spearman Rho), apresentaram de uma forma geral resultados semelhantes.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Pará – FAPESPA pelo financiamento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ABDUL AZIZ O.; BURN D. Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River Basin. **Journal of Hydrology**, v. 319, p. 282–29. 2006. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2005.06.039.

ALCÂNTARA, C. R. Verification of the Role of the Low Level Jets in Amazon Squall Lines. **Atmospheric Research**, v. 100, p. 36 – 44. 2011. DOI: 10.1016/j.atmosres.2010.12.023

BAWDEN A.; LINTON H.; BURN D.; PROWSE T. A spatiotemporal analysis of hydrological trends and variability in the Athabasca River region, Canada. **Journal of Hydrology**, v. 509, p. 333–342. 2014. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2013.11.051.

BURN D.; HAG ELNUR M. Detection of hydrologic trends and variability. **Journal of Hydrology**, v. 255, p. 107 – 122. 2002. DOI: 10.1016/S0022-1694(01)00514-5.

COSTA M.; PIRES G. Effects of Amazon and Central Brazil deforestation scenarios on the Duration of the dry season in the arc of deforestation. **International Journal of Climatology**, v. 30, p. 1970 – 1979. 2010. DOI: 10.1002/joc.2048.

DAVIDSON E.; ARAUJO A.; ARTAXO P.; BALCH J.; BROWN I.; Bustamante M.; Coe M.; DeFries R.; Keller M.; Longo M.; Munger W.; Schroeder W.; Soares-Filho B.; Souza C.; Wofsy S. The Amazon Basin in Transition. **Nature**, v. 481, p. 321 – 328. 2012. DOI: 10.1038/nature10717.

D'ALMEIDA C.; VOROSMARTY C.; HURTT G.; MARENGO J.; DINGMAN S.; KEIM B. The Effects of Deforestation on the Hydrological cycle in Amazonia: A Review on Scale and Resolution. **International Journal of Climatology**, v. 27, p. 633 – 647. 2007. DOI: 10.1002/joc.1475.

DURIEUX L.; MACHADO L.; LAURENT H. The Impact of Deforestation on Cloud Cover Over the Amazon Arc of Deforestation. **Remote Sensing of Environment**, v. 86, p. 132 – 140. 2003. DOI: 10.1016/S0034-4257(03)00095-6.

Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTAM. **Macrozoneamento Econômico Ecológico do Estado do Pará**. Diretoria Ambiental, 132, Belém, 2004. Disponível em <http://www.sema.pa.gov.br>.

FIGUEROA S.; NOBRE C. Precipitations Distribution Over Central and Western Tropical South American. **Climanálise**, v. 5, p. 36 – 48. 1990. DOI: 10.1590/S0102-77862010000200004.

GAUTHIER T.; Detecting Trends Using Spearman's Rank Correlation Coefficient. **Environmental Forensics**, v. 2, p. 359 – 362. 2001. DOI: 10.1006/enfo.2001.0061.

HAMED K. Trend Detection in Hydrologic Data: the Mann-Kendall Trend Test Under the Scaling Hypothesis. **Journal of Hydrology**, v. 349, p. 350 – 363. 2008. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2007.11.009.

KAHYA E.; KALAYCI S. Trend Analysis of Streamflow in Turkey. **Journal of Hydrology**, v. 289, p. 128 – 144. 2004. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2003.11.006.

KENDALL M. **Rank Correlation Measures**. Charles Griffin: London, U.K, p.220. 1975.

LONGOBARDI A.; VILLANI P. Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in the Mediterranean area. **International Journal of Climatology**. DOI: 10.1002/joc.2001. 2009.

MARENGO J. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 78, p. 79 – 96. 2004. DOI: 10.1007/s00704-004-0045-8.

MAHAJAN S.; NORTH G.; SARAVANAN R.; GENTON M. Statistical significance of trends in monthly heavy precipitation over the US. **Climate Dynamics**, v. 38, p. 1375 – 1387. 2012. DOI: 10.1007/s00382-011-1091-4.

MANN H. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, 13, 245 – 259. 1945. DOI: 10.2307/1907187.

MODARRES R.; SILVA V. Rainfall Trends in Arid and Semi-Arid Regions of Iran. **Journal of Arid Environments**, v. 70, p. 344 – 355. 2007. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2006.12.024.

PARTAL T.; KAHYA E. Trend Analysis in Turkish Precipitation Data. **Hydrological Processes**, 20, 2011 – 2026. 2006. DOI: 10.1002/hyp.5993.

QIAN W.; LIN X. Regional trends in recent precipitation indices in China. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 90, p. 193 – 207. 2005. DOI: 10.1007/s00703-004-0101-z.

SHADMANI M.; MAROFI S.; ROKNIAN M. Trend Analysis in Reference Evapotranspiration Using Mann-Kendall and Spearman's Rho Tests in Arid Regions of Iran. **Water Resource Management**, v. 26, p. 211 – 224. 2012. DOI: 10.1007/s11269-011-9913-z.

TOMOZEIU R.; BUSUIOC A.; MARLETTO V.; ZINONI F.; CACCIAMANI C. Detection of changes in the summer precipitation time series of the region Emilia-Romagna, Italy. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 67, p. 193 – 200. 2000. DOI: 10.1007/s007040070008.

YUE S., PILON P., CAVADIAS G. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. **Journal of Hydrology**, 259, 254 – 271. 2002. DOI: 10.1016/S0022-1694(01)00594-7.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION – WMO. Chapter 20: design and **evaluation of hydrological networks**, 5<sup>o</sup> Edition, N<sup>o</sup> 168, 781pp. 1994.