

## Tendência das chuvas no Estado da Paraíba

(Tendency of the rains in Paraíba State in Brazil)

Rodrigo César Limeira<sup>1</sup>; Francisco de Assis Salviano de Sousa<sup>2</sup>; Vicente de Paulo Rodrigues da Silva<sup>3</sup>; Priscilla Teles de Oliveira<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande/PB  
rodrigocezarlimeira@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande/PB  
fassis@dca.ufcg.edu.br

<sup>3</sup>Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande/PB  
vicente@dca.ufcg.edu.br

<sup>4</sup>Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande/PB

**Abstract.** *In this work rainfall time series of 54 cities had been used to estimate the trend of rains in the Paraíba state. The statistical model Mann-Kendall test had been used. On the basis of the methodology had been elaborated possible rain scenes for the years of 2050 and 2100. It was observed increasing and decreasing alternation of trends in some studied cities. In the prognostics of the precipitation, Alhandra, situated in the microregion of the Coast presented the prognostics highest. In this city the estimate of rains for 2050 is of 1791 mm and for 2100 is equal to 1962,6 mm. The microregion of the Cariri was the one that presented the lesser rain prognostics. The estimate for Picuí in 2050 is equal to 369,7 mm and; for São Sebastião do Umbuzeiro in 2100 is equal to 266,5 mm.*

**Keywords.** *rainfall; tendency; Mann Kendall statistical test*

**Resumo.** *Neste trabalho foram utilizadas séries temporais de precipitação pluviométrica de 54 municípios para estimar a tendência das chuvas no Estado da Paraíba. O modelo estatístico de Mann-Kendall foi utilizado. Com base na metodologia foram elaborados possíveis cenários de chuvas para os anos de 2050 e 2100. Observou-se a alternância de tendências crescente e decrescente em vários municípios estudados. Quanto aos prognósticos da precipitação, Alhandra, situada na microrregião do Litoral apresentou os prognósticos mais elevados. Nesse município a estimativa de chuvas para 2050 é de 1791,0 mm e para 2100 é de 1962,6 mm. A microrregião do Cariri foi a que apresentou os menores prognósticos de chuva. A estimativa para Picuí em 2050 é de 369,7 mm e, para São Sebastião do Umbuzeiro em 2100 é de 266,5 mm.*

**Palavras-Chave.** *precipitação pluviométrica; tendência; teste estatístico de Mann Kendall*

## 1. INTRODUÇÃO

A interação entre a atmosfera, os oceanos e a fisiografia de uma determinada região são fatores determinantes para a variabilidade da precipitação, em que a mesma é juntamente com a temperatura do ar uma das mais importantes variáveis climáticas. Sob esta ótica, uma alteração no regime de precipitação de área específica, pode significar uma mudança no perfil do clima local, fato que pode ser prejudicial a todo o ecossistema da região e ao próprio homem.

A ação antropogênica através do desmatamento, queimadas e emissões de gases do efeito estufa, tem contribuído nas últimas décadas, para modificar o clima no planeta. Dessa forma, a partir do Século XVIII com a Revolução Industrial a utilização (queima) de combustíveis fósseis, como o carvão mineral e derivados do petróleo tem se intensificado. Com o uso crescente desses elementos a atmosfera começou a alterar sua composição, aumentando a quantidade de gases poluentes de longa vida, sendo o principal deles o CO<sub>2</sub>. O aumento excessivo desses gases forma uma espécie de barreira à radiação infravermelha mantendo-a próxima à superfície da Terra. Já que tais atividades mencionadas anteriormente perturbam o equilíbrio da atmosfera. Uma das conseqüências desse processo é o aquecimento do planeta, e a decorrente mudança climática, em que são alterados os componentes do clima, e o ciclo hidrológico.

Aproximadamente 80% da área do Estado da Paraíba estão inseridas na faixa semiárida, dentro dessa grande área situa-se o Sertão da Paraíba, microrregião muito afetada pela variação dos parâmetros climatológicos, causada pela influência de fenômenos de larga escala, dentre eles o El Niño.

Regiões de clima problemático como o semiárido do nordeste brasileiro são alvo de estudos climatológicos diversos, principalmente relacionados à precipitação pluviométrica, já que englobam contingentes populacionais consideráveis, além de possuírem graves problemas estruturais, tanto pela falta de políticas públicas adequadas, quanto pela irregularidade e escassez das chuvas.

O objetivo deste trabalho é utilizar análise estatística, para diagnosticar a tendência de séries climatológicas de precipitação pluviométrica do Estado da Paraíba, buscando quantificar essa tendência em termos de totais pluviométricos aproximados, para os cenários de 2050 e 2100.

## 2. Material e Métodos

No presente estudo utilizaram-se séries de precipitação anual de 54 municípios do Estado da Paraíba, com suas respectivas médias normais climatológicas, arquivadas no banco de dados da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA) da Universidade Federal de Campina Grande, sendo oriundas de postos pluviométricos e estações meteorológicas monitoradas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados faltosos foram eliminados, o que constitui uma limitação ao estudo a ser realizado.

A título de amostragem serão abordados os resultados obtidos em 9 municípios, e que foram bem expressivos ante a metodologia aplicada. Foram escolhidas localidades pertencentes às microrregiões do Litoral, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto-sertão de acordo

com a disponibilidade de dados de chuva, pois as séries de precipitação têm em todos os casos mais de trinta anos.

A Tabela 01 abaixo traz as características geográficas das localidades analisadas no estudo.

**Tabela 01 - Informações referentes a alguns municípios analisados na pesquisa**

Município	Micror.	Latitude (graus,min)	Longitude (graus, min)	Altitude (m)	Série de dados de precipitação(anos)
Alhandra	Litoral	-07 24	-34 54	049	1936 – 2006
Picuí	Cariri	-06 31	-36 22	450	1910 - 2006
S. S. Umbuzeiro	Cariri	-06 45	-37 12	600	1962 – 2006
Cabaceiras	Cariri	-07 30	-36 17	390	1926 – 2006
Pedra Lavrada	Cariri	-06 45	-38 28	525	1934 – 2006
Sousa	Alto-sertão	-08 09	-38 14	200	1910 – 2006
Itaporanga	Alto-sertão	-07 18	-38 10	230	1910 – 2006
Pombal	Sertão	-06 46	-37 49	178	1910 – 2006
Teixeira	Sertão	-07 13	-37 16	770	1911 – 2006

Para verificar a possibilidade de ocorrência de tendência nas séries temporais estudadas, fez-se uso do teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall, conforme a metodologia proposta por Sneyers (1992). Esse teste 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 (série aleatória simples).

(Goossens & Berger, 1986) afirmam que o teste de Mann-Kendall é o método mais apropriado para analisar mudanças climáticas em séries climatológicas e permite também a detecção e localização aproximada do ponto inicial de determinada tendência Back (2001). Este teste é uma ferramenta amplamente utilizada na literatura científica, e baseia-se na interdependência entre duas variáveis, e no caso de séries temporais uma delas, o tempo, é conhecido (Lázaro et al, 2001).

Considere uma série temporal de tamanho  $n$  ( $x_i$ , onde  $i = 1, \dots, n$ ), para cada  $x_i$ , o número  $m_i$  de  $x_j < x_i$  com  $j < i$  é calculado. Então obtem-se a equação (1):

$$d_N \approx \sum_{i=1}^N m_i \quad (1)$$

Segundo Back (2001), sob a hipótese nula ( $H_0$ ) de ausência de tendência  $d_N$ , a série com grande número de termos  $n$  apresenta uma distribuição normal respectivamente com média ( $E$ ) e variância ( $Var$ ), conforme as equações (2) e (3) abaixo:

$$E(d_N) = N(N-1)/4 \quad (2)$$

$$Var(d_N) = N(N-1)(2N+5)/72 \quad (3)$$

O sinal paramétrico estatístico  $u(d_N)$  é obtido pela equação (4) a seguir, e é comparado a uma distribuição padrão normal, que requer um nível de significância usual de 0,05 (Goossens & Berger, 1986; Sneyers, 1992).

$$u(d_N) = (d_N - E(d_N)) / \sqrt{Var(d_N)} \quad (4)$$

A hipótese nula é rejeitada quando há tendência significativa na série, ou seja, quando  $|u(d_N)| > 1,96$ . O sinal estatístico  $u(d_N)$  indica se a tendência é crescente ou decrescente, dessa forma ( $u(d_N) > 0$ ) indica tendência crescente, e ( $u(d_N) < 0$ ) indica uma tendência decrescente na série.

A versão sequencial do teste de Mann-Kendall consiste na representação gráfica da série temporal estudada, e de uma série retrograda. A série retrograda é calculada para cada  $x_i$ . O número  $m_j$  de termos  $x_j$ , com  $j > i$  e  $x_j < x_i$ . Uma tendência significativa caracteriza-se quando a curva que denota a série temporal estudada atinge um nível de significância de 5%. Se as curvas, da série temporal e da série retrograda se cruzam entre valores críticos da ordem de 5%, então existe uma mudança, e o ponto de intersecção representa o início da mesma.

A partir dos valores de tendência obtidos para os municípios analisados, foram elaborados cenários de precipitação para os anos de 2050 e 2100. Esses cenários foram obtidos a partir da definição de Silva (comunicação pessoal) pela equação (5):

$$C_n = \bar{p} + t \times \Delta T \quad (5)$$

Em que:  $\bar{p}$  é a média normal climatológica da precipitação;

$t$  é a tendência da série;

$\Delta T$  é o intervalo de tempo entre o ano do prognóstico e o último ano de dados da série.

### 3. Resultados e Discussão

A tabela a seguir mostra alguns resultados importantes obtidos no estudo.

**Tabela 02 – Tendência, precipitação média normal climatológica, níveis de significância e prognósticos de chuvas para alguns municípios do estado da Paraíba.**

Município	Tendência	Média (mm)	Significância (%)	Prog.(2050) (mm)	Prog.(2100) (mm)
Alhandra	3,43	1636,60	47,16	1791,04	1962,63
Picuí	0,51	347,26	52,86	369,77	395,34
São Sebastião do Umbuzeiro	-2,72	531,96	33,20	406,24	266,55
Cabaceiras	2,47	341,33	1,82	464,47	588,00
Pedra Lavrada	2,62	362,51	1,68	477,76	608,72
Sousa	2,77	736,30	4,04	880,41	1018,97
Itaporanga	2,58	867,79	2,08	1004,46	1133,39
Pombal	2,94	717,21	0,90	855,62	1002,86
Teixeira	3,32	691,65	2,04	847,47	1013,24

Os níveis de significância oscilaram bastante em todas as microrregiões, no entanto os melhores valores obtidos foram: 1,82% para Cabaceiras e 1,68% para Pedra Lavrada no Cariri, 2,04% para Teixeira e 0,90% para Pombal no Sertão, 2,08% para Itaporanga e 4,04% para Sousa no alto-sertão do estado. Nas localidades de Alhandra no litoral, São Sebastião do Umbuzeiro e Picuí no Cariri, os prognósticos de precipitação obtidos são menos confiáveis, com níveis de significância de 47,16%, 33,20% e 52,86% respectivamente.

A microrregião do litoral apresentou os prognósticos mais elevados de precipitação, sendo representada por Alhandra, cuja estimativa de chuvas é de 1791,04 mm para 2050 e 1962,63 mm para 2100. Picuí com 369,77 mm para 2050, e São Sebastião do Umbuzeiro com 266,55 mm para 2100, no cariri, foram às localidades onde se registraram os menores prognósticos de chuva no referido estudo.

#### 4. Considerações Finais

Foi observada tendência crescente ou decrescente de chuvas para todos os 54 municípios analisados do Estado da Paraíba.

A microrregião do Litoral foi a que apresentou os prognósticos de chuva mais elevados, sendo representada por Alhandra, cuja estimativa de chuvas é de 1791,04 mm para 2050 e 1962,63 mm para 2100.

Picuí com 369,77 mm para 2050, e São Sebastião do Umbuzeiro com 266,55 mm para 2100, no Cariri, foram os municípios onde se registraram os menores prognósticos de chuva no referido estudo.

A localidade de Pombal foi a que apresentou melhor confiabilidade para os prognósticos, com nível de significância de 0,90.

Uma limitação à realização desse estudo foi à presença de dados faltosos no interior das séries de precipitação dos municípios, que prejudicou a qualidade dos resultados obtidos.

#### 5. Referências

BACK, Álvaro José. Aplicação de Análise Estatística para Identificação de Tendências Climáticas. **Pesq. Agropec. Bras. Brasília**, v. 36, n. 5, p. 717-726. 2001.

GOOSSENS, C.H.; BERGER, A. Annual and Seasonal Climatic Variation Over the Northern Hemisphere and Europe During the Last Century. **Annales Geophysicae**, 4: p. 385-400. 1986.

MANN, H.B., Nonparametric Tests Against Trend. **Econometrica** v.13, p. 245-259. 1945.

REPELLI, C.; ALVES, J.M.B. O uso de Análise de Correlações Canônicas para Prognosticar a Variabilidade Espacial da Precipitação sobre o Nordeste do Brasil. **Rev. Brás. Meteor.** v.11, p.67-75. 1996.

SILVA, V. P. R Comportamento Estatístico de Séries Temporais de Pluviometria no Nordeste do Brasil. **Dissertação de Mestrado**. UFPB, Programa de Pós Graduação em Meteorologia, Campina Grande, Campus II, DCA, 1992. P.16.



SNEYERS, R. On the use of Statistical Analysis for the Objective Determination of Climatic Change. *Meteorol. Zeitschrift*. V.1: p. 247–256. 1992.