



DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM ANOS ANÔMALOS (MUITOS) SECOS PARA O MUNICÍPIO DE CAICÓ-RN

DETECTION OF TRENDS CLIMATE PLUVIOMETRIC PRECIPITATION IN YEARS ANOMALOUS (MANY) DRY FOR THE COUNTY OF CAICÓ-RN

DETECCIÓN DE TENDENCIAS CLIMÁTICAS DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIOMÉTRICA EN AÑOS ANOMALOS (MUCHOS) SECOS PARA EL MUNICIPIO DE CAICÓ-RN

Bruno Clayton Oliveira da Silva
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
E-mail: <brunoclayton@yahoo.com.br>.

Ranyére Silva Nóbrega
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
E-mail: <ranyere.nobrega@ufpe.br>.

Ana Maria Jerônimo Soares
Universidade Potiguar – UnP
E-mail: <amaria.soa@gmail.com>.

Resumo

O trabalho objetivou analisar a tendência da Precipitação Pluviométrica Acumulada Anual (PPAA), especialmente, em anos categorizados como anômalos secos ou muito secos, para o município de Caicó-RN. Para tanto, foi utilizada a série histórica correspondente ao período de 1911 a 2009, obtida a partir da Rede Hidroclimatológica do Nordeste, pertencente a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Ademais, fez-se uso dos seguintes recursos metodológicos e técnicos: Distribuições de Frequência; Medidas de Tendência Central e Dispersão; Testes de *Kolmogorov-Smirnov*; gráficos *Dot-plot*; teste T para amostra única ($\alpha = 0,05$); e, finalmente, o Teste de Mann-Kendall ($\alpha = 0,05$). Os resultados apontaram que 35,4%, do total de dados série (99 anos), foram considerados abaixo do normal, sendo 15,2% desses identificados como muito secos e 20,2% como secos. Além disso, avaliando-se a variabilidade dos totais precipitados por categoria (muito secos e secos), percebeu-se maior variação dentre os anos muito secos ($CV = 37,2\%$) em relação aos

anos secos ($CV = 9,9\%$). Além disto, notou-se que as PPAAAs, para ambas as categorias, não apresentaram diferenças significativas em relação à média da série. Finalmente, foram observadas tendências dispares, para as duas categorias em questão, sendo positiva para os anos muito secos e negativa para os anos secos.

Palavras-chave: Precipitação Pluviométrica; Estiagem Prolongada; Teste de Mann-Kendall.

Abstract

The objective of this work was to analyze the trend of annual accumulated Pluviometric Precipitation (PPAA), especially in years classified as anomalous dry or very dry, for the municipality of Caicó-RN. For that, the historical series corresponding to the period of 1911 a 2009, obtained from the Rede Hidroclimatológica do Nordeste, belonging to the Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) was used. In addition, the following methodological and technical resources were used: Frequency Distributions; Measures of Central Tendency and Dispersion; Kolmogorov-Smirnov tests; Dot-plot graphics; T test for single sample ($\alpha = 0.05$); And finally, the Mann-Kendall test ($\alpha = 0.05$). The results indicated that 35.4% of the total data series (99 years) were considered below normal, 15.2% of which were identified as very dry and 20.2% as dry. In addition, the variability of precipitated totals by category (very dry and dry) was higher in dry periods ($CV = 37.2\%$) than in dry years ($CV = 9.9\%$). In addition, it was noted that PPAAAs, for both categories, did not present significant differences in relation to the mean of the series. Finally, different trends were observed for the two categories in question, being positive for the very dry years and negative for the dry years.

Keywords: Pluviometric Precipitation; Dry; Mann-Kendall test.

Resumen

El trabajo objetivó analizar la tendencia de la Precipitación Pluviométrica Acumulada Anual (PPAA), especialmente, en años categorizados como anômalos secos o muy secos, para el municipio de Caicó-RN. Para ello, se utilizó la serie histórica correspondiente al período de 1911 a 2009, obtenida a partir de la Rede Hidroclimatológica do Nordeste, perteneciente a la Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Además, se hicieron uso de los siguientes recursos metodológicos y técnicos: Distribuciones de Frecuencia; Medidas de Tendencia Central y Dispersión; Pruebas de Kolmogorov-Smirnov; Gráficos Dot-plot; T para una muestra única ($\alpha = 0,05$); Y, finalmente, la prueba de Mann-Kendall ($\alpha = 0,05$). Los resultados apuntaron que el 35,4%, del total de datos serie (99 años), fueron considerados por debajo de lo normal, siendo el 15,2% de los identificados como muy secos y el 20,2% como secos. Además, evaluando la variabilidad de los totales precipitados por categoría (muy secos y secos), se percibió mayor variación entre los años muy secos ($CV = 37,2\%$) en relación con los años secos ($CV = 9,9\%$). Además, se notó que las PPAAAs, para ambas categorías, no presentaron diferencias significativas con relación al promedio de la serie. Finalmente, se observaron tendencias dispares para las dos categorías en cuestión, siendo positiva para los años muy secos y negativos para los años secos.

Palabras clave: Precipitación Pluviométrica; Estiramiento Prolongado; Prueba de Mann-

Kendall.

INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica sempre figurou dentre as variáveis climáticas de maior interesse à observação. Tal fato justifica-se dada a sua influência em inúmeros processos que norteiam as ações e/ou atividades humanas, tais como: abastecimento doméstico e/ou industrial, atividades agrícolas, dessedentação de animais, preservação da flora e da fauna, geração de energia elétrica, navegação, diluição de despejos, recreação e lazer (DERÍSIO, 2012).

No Nordeste do Brasil (NEB), especialmente em sua porção semiárida, a distribuição espaço-temporal da precipitação pluviométrica possui significativa relação com a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as Linhas de Instabilidade (LIs). O primeiro sistema é responsável pela elevação das precipitações pluviométricas em meados do verão e, mais significativamente, no outono. Já atuação das Linhas de Instabilidade (LIs) dá-se no final da primavera, durante o verão e, principalmente, no outono (SILVA, 2009).

Todavia, a frequência e intensidade da atuação dos sistemas citados, provocam oscilações regulares no comportamento das precipitações pluviométricas no NEB. Por conseguinte, a repercussão mais notória e, historicamente preocupante, são as estiagens prolongadas. Essa é entendida como um fenômeno climático que correspondendo à característica temporária do clima de certa área, decorrente de precipitações pluviométricas abaixo da normal climatológica, por certo período (FERREIRA *et al.*, 1994).

Em geral, as secas são caracterizadas em função de fatores naturais, tais como: o clima da região, a distribuição espacial e temporal das chuvas; a capacidade de armazenamento de água pelo solo; as flutuações dos lençóis freáticos subterrâneos; e a quantidade de água armazenada à superfície. Tudo isso torna extremamente difícil a definição consensual de seca (AZEVEDO E SILVA, 1994). Deste modo, o fenômeno das secas é comumente classificado, de acordo com o aspecto estudado, como seca: Meteorológica, Agrônômica, Hidrológica ou Social (EMBRAPA, 2009).

Historicamente, a região Nordeste do Brasil sempre foi afetada por grandes secas. Relatos de secas na região podem ser encontrados desde o século XVII, quando os

portugueses chegaram à região (ROSADO E ROSADO, 1985). Nas últimas duas décadas, os estudos sobre a avaliação de tendências climáticas para a precipitação pluviométrica, especialmente no NEB, têm tido grande destaque no âmbito da Climatologia brasileira

Em geral, tais trabalhos resultam da preocupação dos pesquisadores com os prognósticos de intensificação dos eventos de estiagem prolongada na região, em decorrência das Mudanças Climáticas Globais (MCGs); além, é claro, das repercussões socioeconômicas associadas àqueles eventos.

Como destaca Silva e Sousa (2013), mencionando Yevjevich (1972), “deve-se lembrar que tendência, em uma série temporal, é uma mudança sistemática e contínua em qualquer parâmetro de uma dada amostra, excluindo-se mudanças periódicas ou quase periódicas”.

Em face da relevância do tema, vários foram os pesquisadores que produziram importantes trabalhos com foco na detecção de tendência de chuvas, sobretudo, no Nordeste Brasileiro: Santos *et al.* (2009), Azevedo *et al.* (2010), Fetter *et al.* (2010), Lima *et al.* (2011), Sousa *et al.* (2011), Limeira *et al.* (2012), Fetter *et al.* (2012), Silva e Sousa (2013), Alves *et al.* (2013), Nóbrega *et al.* (2014) e Silva e Nóbrega (2016).

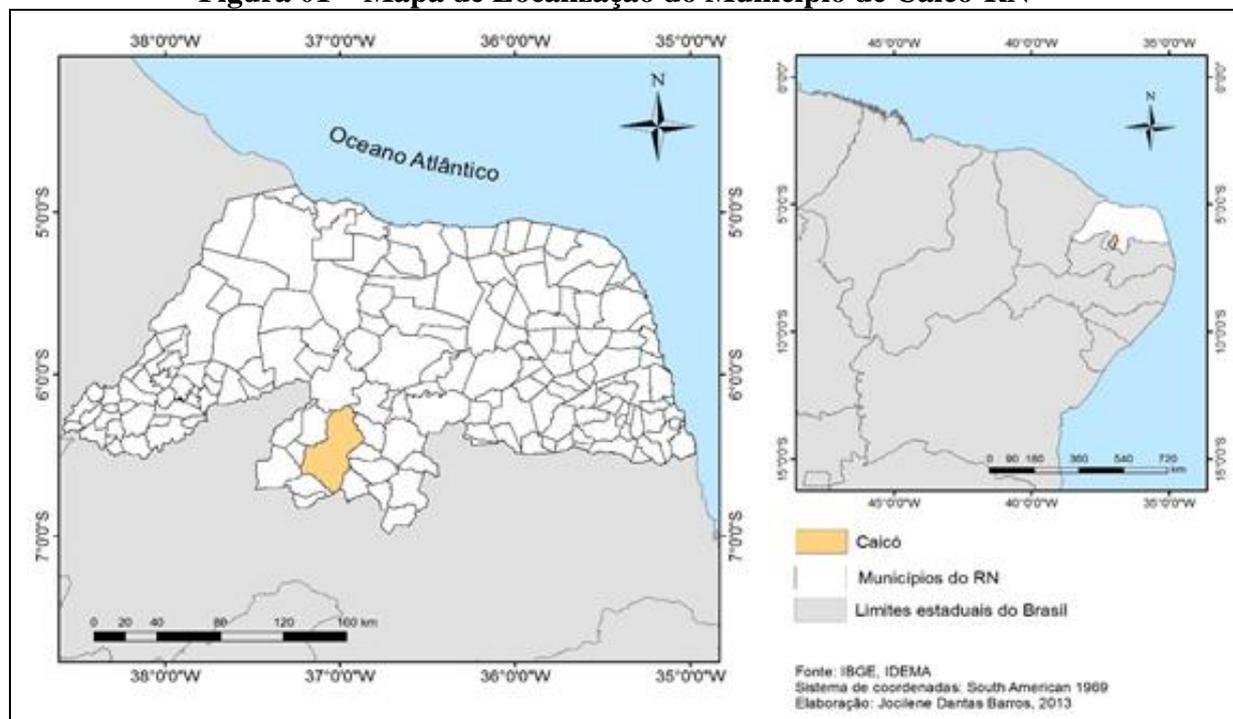
Apesar dos objetivos específicos dos citados trabalhos, todos, sem exceção, tiveram em comum a utilização do Teste de Mann Kendall (1945/1975). Tal fato justifica-se, pois, esse é o teste sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para avaliação da tendência em séries temporais de dados ambientais (YUE *et al.*, 2002 *apud* SILVA *et al.* 2010).

Diante do exposto, o trabalho objetivou caracterizar o comportamento dos totais precipitados anuais no município de Caicó-RN, em anos anômalos secos e muitos secos. Além disso, avaliou-se a tendência climática pluvial das supracitadas categorias de severidade de seca.

O recorte espacial do estudo se limita ao município de Caicó-RN, que se encontra inserido em uma das principais Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD) do país: o Núcleo de Desertificação do Seridó (PEREZ-MARIN *et al.*, 2012). O município de Caicó-RN possui uma área total de 1.228,57 km² (2,33% da superfície estadual), 151m de altitude e as seguintes coordenadas geográficas: latitude: 6° 27' 30" Sul e longitude: 37° 05' 52" Oeste. Além disso, limita-se com os municípios: ao norte, Jucurutu, Florânia e São Fernando; ao sul, São João do Sabugi; a leste, São José do Seridó, Cruzeta, Jardim do Seridó e Ouro Branco; e

a oeste, Timbaúba dos Batistas, São Fernando e Serra Negra do Norte (IDEMA, 2008). Logo abaixo, na figura 1, é apresentada a localização de Caicó-RN, em duas escalas:

Figura 01 – Mapa de Localização do Município de Caicó-RN



Fonte – Jocilene Dantas Barros (2015).

MATERIAIS E MÉTODOS

Séries Temporais

As séries temporais consistem em observações registradas em função do tempo cronológico. No trabalho, foi utilizada uma série temporal correspondente ao período de 1911 a 2009, obtida a partir da Rede Hidroclimatológica do Nordeste, pertencente a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 2012.), sendo essa composta por 99 dados/anos (1911 e 2009). Além da relevância da área de estudo, como já destacada, outros fatores justificam sua escolha: disponibilidade, consistência e ausência de falhas nos dados, além da extensão da série temporal.

Distribuições de Frequência

As distribuições de frequência são úteis quando se deseja resumir, de forma tabular, dados por classes, juntamente com as suas frequências correspondentes (SPIEGEL, 2008). Tal técnica foi usada na quantificação dos anos anômalos muito secos e secos.

Medidas de Tendência Central e Dispersão

As medidas de tendência central buscam descrever o agrupamento, em um ponto central, dos dados de uma série temporal – dentro de um conjunto de dados ordenados segundo suas grandezas (VIEIRA, 1999). Já as medidas de dispersão visam avaliar o quanto os dados tendem a dispersar-se em torno de certo valor médio (MORETTIN, 1999). No trabalho, as primeiras foram úteis na descrição dos totais precipitados. Já o segundo foi utilizado na avaliação de sua variabilidade.

Testes de Kolmogorov-Smirnov

O Teste de *Kolmogorov-Smirnov* mede a distância máxima entre os resultados de uma distribuição a ser testada e os valores associados à distribuição hipoteticamente verdadeira. A estatística do teste é dada por D , representando a diferença máxima entre as funções acumuladas de probabilidade teórica ($F(x)$) e empírica ($F(a)$). O teste é dado por (ARAÚJO *et al.*, 2008):

$$D = \text{máx}|F(x) - F(a)|$$

(1)

No trabalho o teste foi aplicado para averiguação da normalidade das séries de anomalias de precipitação para anos muitos secos e secos.

Teste T de Student

O teste T de *Student* foi aplicado para avaliar se havia diferença significativa entre os acumulados das séries, para anos anômalos secos e muito secos, em relação as suas

respectivas médias. A formulação do teste é dada por (VIERA, 1999):

$$T = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

(2)

Onde \bar{x} : média amostral. μ_0 : média populacional. s : desvio padrão amostral. n : amostra.

Teste de Mann-Kendall

Como já destacado, o Teste de Mann-Kendall é um teste não-paramétrico sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para avaliação da tendência em séries temporais de dados ambientais. Segundo Silva *et al.* (2009, p. 3), A estatística ‘S’ do teste é dada por:

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sin al}(x_i - x_j)$$

(3)

Onde: x_j são os dados estimados da sequência de valores, n e o número de elementos da série temporal e o sinal $(x_i - x_j)$ é igual a -1 para $(x_i - x_j) < 0$; 0, para $(x_i - x_j) = 0$; e 1 para $(x_i - x_j) > 0$. Kendall (1975) mostrou que S é normalmente distribuída com média $E(S)$ e variância $\text{Var}(S)$, que para uma situação na qual pode haver valores iguais de x , são calculadas pelas equações:

$$E(S) = 0 \quad (4)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (5)$$

O valor positivo de ‘S’ indica tendência positiva dos dados; do contrário, ter-se-á tendência decrescente. Sabendo-se que ‘S’ é normalmente distribuída, pode-se testar se a tendência positiva ou negativa é significativamente diferente de zero; se ‘S’ é significativamente diferente de zero, a H_0 pode ser rejeitada; inversamente. Logo H_1 é aceita. O teste é dado por:

Detecção de tendências climáticas da precipitação pluviométrica em anos anômalos (muitos) secos para o município de Caicó-RN

$$Z_{mk} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{para } S > 0 \\ 0 & \text{para } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{para } S < 0 \end{cases}$$

(6)

A presença de tendência significativa foi avaliada usando-se o valor de Z, (p-valor = 5%), empregada para testar H_0 . Onde, um valor positivo de Z_{mk} indica um aumento da tendência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do trabalho serão apresentados e discutidos em três etapas, segundo a: 1. Análise exploratória da série; 2. Caracterização das precipitações pluviométricas em anos anômalos secos e muitos secos; 3. Análise da tendência da precipitação pluviométrica para o Núcleo de Desertificação do Seridó-RN, a partir dos dados da Estação de Caicó-RN.

Na análise exploratória, levou-se em consideração as apreciações de normalidade e independência dos resíduos de cada um dos níveis de severidade avaliados: anos anômalos secos e muitos secos. Destaca-se que os resultados destas análises são de extrema relevância, haja vista que eles nortearam o (não) emprego de determinadas técnicas, em especial, dos testes paramétricos. Os resultados de tais análises são apresentados abaixo, no quadro 1:

Quadro 1 – Resultado do teste de normalidade aplicado para os anos anômalos muito secos e secos

TESTES DE NORMALIDADE		
	CATEGORIAS	
	Muito Secos	Secos
Estatística: Kolmogorov-Smirnov	0,16	0,12
P-valor	0,38	0,66

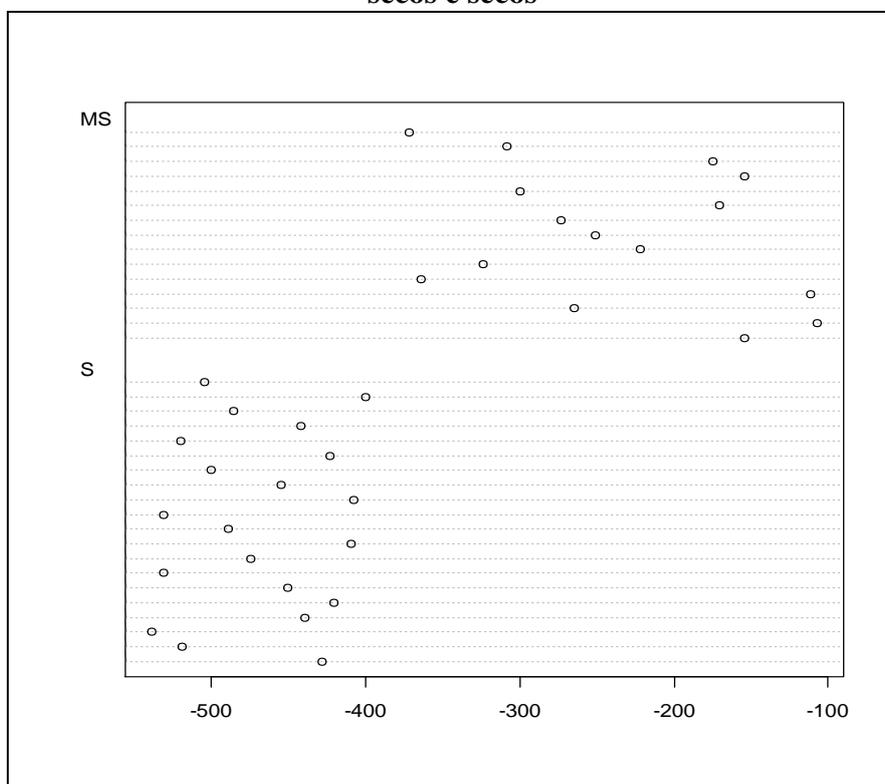
Fonte: Arquivo próprio (2016).

Como observado no quadro 1, os p-valores são superiores ao nível de significância pré-definido ($\alpha = 5\%$). Isto significa que, para ambos os níveis de severidade de seca, os resíduos dos dados apresentam normalidade. Para a análise de independência de cada categoria – outra premissa para aplicação de várias técnicas a seguir – foi utilizado o gráfico Dot-plot, apresentado, logo abaixo, na figura 2:

Analisando-se o gráfico acima, percebe-se que a “nuvem” que representa os resíduos de cada uma das categorias não apresenta uma tendência definida. Deste modo, conclui-se que não há autocorrelação no comportamento dos resíduos. Portanto, os dados de ambos os níveis de severidade de seca podem ser considerados como independentes.

Para a caracterização das precipitações pluviométricas anuais, em anos anômalos secos e muitos secos, tomou-se como base a classificação apresentada por Silva *et al.* (2015) para a mesma série aqui trabalhada. Tal classificação foi orientada a partir do trabalho de Xavier e Xavier (1984) que utilizou a técnica dos Quantis. Os intervalos obtidos para cada nível de severidade de seca, especificamente para o comportamento dos totais pluviais anuais de Caicó-RN, são apresentados no quadro 2:

Figura 2 – Representação gráfica da distribuição dos dados relativos aos anos muito secos e secos



Fonte: Arquivo próprio (2016).

Quadro 2 – Classificação quantitativa e qualitativa dos anos anômalos muito secos e secos para estação de Caicó-RN

CLASSES QUANTIS	CLASSIF. QUANTITATIVA	CLASSIF. QUALITATIVA
$x_i \leq Q(0,15)$	$x_i \leq 371,8\text{mm}$	Muito Seco
$Q(0,15) < x_i \leq Q(0,35)$	$371,8\text{mm} < x_i \leq 539,0\text{mm}$	Seco

Fonte: Arquivo próprio (2016).

Como apresentado no quadro 3, do total de dados da série, um número/percentual significativo deles, foi categorizado como Muito Seco ou Seco; as duas categorias consideradas anômalas, e típicas de anos em que os totais pluviométricos são registrados abaixo da ‘climatologia da área’ (‘normal’).

Quadro 3 – Distribuição de frequência dos anos muito secos e secos para a estação de Caicó-RN

CLASSIF. QUANTITATIVA	CLASSIF. QUALITATIVA	f_i	$f_iP(\%)$
$x_i \leq 371,8\text{mm}$	Muito Seco	15	15,2%
$371,8\text{mm} < x \leq 539,0\text{mm}$	Seco	20	20,2%
-----	-----	35	35,2%

Fonte: Arquivo próprio (2016).

Em termos absolutos, pode-se notar que, de um total de 35 anos anômalos registrados na série temporal, 15 desses foram enquadrados como Muito Secos e 20 como Secos; o que representem termos relativos, respectivamente, 15,2% e 20,2%. Diante do exposto nos quadros 2 e 3, pode-se concluir que em 35 dos 99 anos analisados(o equivalente a 35,4%) houveram totais pluviométricos abaixo da normalidade do município.

Destaca-se que, segundo Silva (2015), o quantil (em mm) que representa a normalidade da precipitação pluviométrica total anual de Caicó-RN é 539,0 mm. Portanto, para realidade de Caicó-RN, precipitações acumuladas anuais inferiores a este valor são características de anos anômalos secos ou muito secos (abaixo da normal). A seguir, será realizada a caracterização do comportamento da precipitação pluviométrica anual, tanto para os anos anômalos secos como muito secos. Tais resultados são apresentados no quadro 4:

Quadro 4 – Estatísticas caracterizadoras dos anos anômalos muito secos e secos para o município de Caicó-RN

ESTATÍSTICAS	SECOS	MUITO SECOS
Média (mm)	468,6	236,8
Moda (mm)	531,3	#N/D
Mediana (mm)	464,9	251,1
Máximo (mm)	539	371,8
Mínimo (mm)	399,9	107,1
Amplitude (mm)	139,1	264,7
Desvio Padrão (mm)	46,5	88,0
Coefficiente de Variação (%)	9,90%	37,20%

Fonte: Arquivo próprio (2016).

Primeiramente, no que tange aos anos muito secos, o resultado obtido para a precipitação pluviométrica média anual foi de 236,8 mm, não houve valor modal e a precipitação mediana foi de 251,1mm. Já em relação à variabilidade dos totais precipitados anualmente, seus resultados apontaram para uma precipitação pluviométrica anual máxima de 371,8mm (2001), e mínima de 107,1 mm (1919). Assim, sua amplitude foi de 264,7mm. A partir de tal resultado, percebe-se que a variabilidade entre os extremos da série foi significativa, pois o valor da amplitude supera em cerca de 247% o valor mínimo registrado.

Ainda em relação aos anos muito secos, os resultados ainda demonstraram que o desvio padrão amostral (s), das precipitações pluviométricas totais anuais, foi de 88,0mm. Isto significa que a variação média anual da precipitação pluviométrica foi de 88,0mm. Finalmente, calculado o coeficiente de variação amostral (CV%) para os anos muito secos, chegou-se ao resultado de 37,2%. Assim, com base no CV (%) obtido concluir-se que a razão entre 's' e a média encontrada foi alta; visto que seu valor supera 30,0% da média obtida.

Já em relação aos anos secos, o resultado obtido da precipitação pluviométrica média anual foi de 468,6mm, seu valor modal foi de 531,3mm e sua mediana foi igual a 464,9mm. Já em relação às medidas de dispersão, os seus resultados apontaram para uma precipitação pluviométrica anual máxima de 539,0mm (1920) e mínima de 339,9mm (1997). Assim sua amplitude foi de 139,1mm. Logo, percebe-se que a variabilidade entre os extremos

da série é significativa, mas, bem inferior àquela observada para os anos muito secos.

Ainda em relação aos anos secos, os resultados demonstraram que o 's' da série foi de 46,5mm. Por fim, calculado o CV (%) da precipitação pluviométrica total anual, chegou-se ao resultado de 9,9%. Tal resultado sugere que razão entre 's' e a média da precipitação pluviométrica total anual é baixa, visto que seu valor não supera 15,0% da média.

Realizada a etapa de análise univariada, procedeu-se a avaliação comparativa dos níveis de severidade de seca (anos anômalos secos e muitos secos). Inicialmente, para observância das variações entre as médias, aplicou-se o teste T para amostras únicas. Os resultados desta avaliação encontram-se dispostos no quadro 5:

Como apontado sinteticamente, esta técnica foi aplicada para verificar se havia diferença entre o total acumulado anual, de cada categoria, em relação a suas respectivas médias. A partir da análise do quadro 5, tomando-se como base os resultados, especialmente, dos p-valores obtidos (ambos aproximadamente iguais a 1,0), conclui-se que a hipótese nula não deve ser rejeitada. Deste modo, para $\alpha = 5\%$, pode-se afirmar que, para ambas as categorias, não existem diferenças, estatisticamente significativas, entre os totais anuais acumulados em relação as suas médias.

Quadro 5 – Resultados da avaliação para média em anos anômalos muito secos e secos

INFORMAÇÕES	MUITO SECOS	SECOS
T	1,5E-04	-0,0005
Graus de Liberdade	14,0	19,0
P-valor	0,9999	0,9996
Média Amostral	236,8	468,6
Desvio padrão amostral	88,0	46,5
Tamanho da amostra	15	20
Hipótese Alternativa: Diferente de	236,8	468,63
Intervalo de Confiança	95%	95%
Limite Inferior	188,1	446,9
Limite Superior	285,5	490,4

Fonte: Arquivo próprio (2016).

Procedidas às etapas de caracterização dos anos anômalos muito secos e secos, avançou-se para a etapa final: a análise da tendência de tais categorias. A partir do emprego

do teste de Mann Kendall, pode-se notar que a estatística ‘S’ do teste mostrou-se positiva (29), para os anos anômalos muito secos. Tal resultado indica tendência positiva dos dados, que crescem com o tempo (SILVA, *et al.*, 2010). Assim, já a partir de tal resultado, pode-se apontar que os totais anuais dos anos anômalos muito secos tenderam ao crescimento.

Não obstante, para a mesma categoria, testou-se a tendência positiva encontrada, a fim de se observar se essa ela era significativamente diferente de zero e, além disso, se houve aumento ou, do contrário, diminuição da tendência calculada. Como o valor de ‘S’ apresentou-se como significativamente diferente de zero, assumiu-se H_1 .

Finalmente, avaliou-se se a tendência positiva verificada poderia ser considerada estatisticamente significativa, para o nível de significância de 5%. Para tanto, utilizou o valor de Z, da tabela normal padrão acumulada. Esta estatística é empregada para testar a hipótese nula, isto é, que nenhuma tendência existe. A partir dos cálculos, pode-se afirmar que a tendência positiva encontrada é estatisticamente significativa, para o nível de significância citado, pois o valor de Z_{mk} calculado supera os valores de $Z_{1-p/2}$.

Os procedimentos adotados para a avaliação da tendência, para os anos considerados secos, foram idênticos àqueles empregados a análise dos anos muito secos. Porém, como será visto, os resultados obtidos variaram significativamente.

Calculada a estatística ‘S’ do teste, para os anos secos, os resultados sinalizaram para uma tendência negativa da precipitação pluviométrica total anual, já que o valor de ‘S’ encontrado foi igual a -9,0. Tal resultado indica tendência negativa dos dados. Deste modo, pode-se apontar que os totais precipitados anuais, para o município de Caicó-RN, em anos secos, tendeu a decrescer durante o período de analisado.

Para a mesma categoria, testou-se a tendência negativa encontrada, para observar se essa é significativamente diferente de zero e se houve um aumento ou diminuição da tendência calculada. Como o valor de ‘S’ apresentou-se como significativamente diferente de zero, a H_1 foi assumida.

Por fim, avaliou-se se a tendência negativa, referente aos anos secos, pode ser considerada estatisticamente significativa ($\alpha = 5\%$). Para tanto, como procedido anteriormente, tal avaliação utilizou o valor de Z. A partir dos cálculos, pode-se afirmar que a tendência negativa é estatisticamente significativa, pois o valor de Z_{mk} calculado supera os valores de $Z_{1-p/2}$.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do trabalho notou-se que, do total de dados da série, 35,4% deles foram considerados abaixo do normal ($539,0\text{mm} < x_i < 760,8\text{mm}$). Logo, ter-se-á uma razão média aproximada de 1 a cada 3 anos com precipitações pluviométricas totais anuais consideradas abaixo da normalidade.

Durante a descrição do comportamento da variável climática em questão, observou-se que apesar dos anos anômalos muito secos e secos se enquadrarem como anos abaixo do normal, há diferenças significativas entre eles em relação às estatísticas analisadas (média, s, CV%...).

Outro aspecto relevante é que, a partir da análise de tendência, pôde-se perceber, mais uma vez, que o comportamento das duas categorias divergiu bastante, tendo os anos anômalos muito secos apresentado tendência positiva e os anos anômalos secos negativa.

Inferir-se, em relação aos resultados da análise de tendência, que os anos marcados por precipitações pluviométricas totais anuais críticas/extremas (anos muito secos) diminuíram sua intensidade, pois se estimou que seus os totais precipitados anualmente aumentaram. Já os anos menos críticos/extremos (anos secos), aumentaram sua intensidade, visto que se estimou que seus totais precipitados anualmente diminuíram.

Diante do quadro apresentado, entende-se que as estratégias de convivência com o semiárido, por parte de suas populações – figuram, cada vez mais, como um elemento fundamental para minimização dos impactos negativos das estiagens prolongadas.

Ao mesmo tempo, acredita-se que o conhecimento desta grande e particular unidade geográfica (o semiárido), deve ocorrer não só em escala regional, mas, sobretudo, em escala local. Daí a relevância correspondente a trabalhos como esse, que prezam por um nível de detalhamento profundo de subáreas inseridas no heterogêneo semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. Análise da distribuição da distribuição decadal e tendência da precipitação pluvial no município de Caraúbas-PB. In: Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro, 1, 2013, Campina Grande-PB. **Anais...** Campina Grande: UFCG, 5p. 2013.

ARAÚJO, L. E; SOUSA, F. A. S; RIBEIRO, M. A. F. G; SANTOS, A. S.; MEDEIROS, P. C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.2, 162-169, 2008.

AZEVEDO, P. V; SOUZA, I. F; SILVA, V. P. R; QUEIROZ, M. G. Tendência climática da precipitação pluviométrica no estado de Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16, 2010, Belém-PA. **Anais...** Belém-PA: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 16, 2010.

AZEVEDO, P. V. e SILVA, V. P. R. Índice de seca para microrregião do agreste da Borborema no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.9, n.1, p.66-72, 1994.

DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: Oficina de textos, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Índices para Quantificação da Seca**. Brasília: EMBRAPA, 2009.

FERREIRA, D. G; MELO, H. P; NETO, F. R. R; NASCIMENTO, P. J. S. A Desertificação no Nordeste do Brasil: Diagnóstico e Perspectiva. In: Conferência Nacional e Seminário Latino-Americano da Desertificação, Fortaleza, 7 a 11 de março de 1994: Fortaleza-CE. **Anais...** Fortaleza-CE: SLAD, 1994, 56p.

FETTER, R; OLIVEIRA, C. H; SAITO, C. H. As Chuvas na Microrregião Geográfica do Seridó: contribuições para a seleção de áreas nos estudos de mudanças climáticas da Rede Clima. In: Encontro da ANPPAS, 5, 2010, Florianópolis-SC. **Anais...** Florianópolis-SC: ANPPAS, 2010.

FETTER, R; OLIVEIRA, C. H; SAITO, C. H. **Revista Geonorte**, Ed. especial 2, v.1, n.5, p.271 – 282, 2012.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. **Perfil do seu município**: Caicó-RN. Natal-RN: IDEMA, 2008. 32 p.

LIMA, J. R. A; NEVES, D. J. D; ARAUJO, L. E; AZEVEDO, P. V. Identificação de tendências climáticas no estado da Bahia. **Revista de Geografia da UFPE**, v. 28, n. 3, p. 172 – 187, 2011.

LIMEIRA, R. C; SOUSA, F. A. S; SILVA, V. P. R; OLIVEIRA, P. T. Tendência das chuvas no Estado da Paraíba. **Revista Hispeci e Lema Online**, ano 3, n.3, nov. 7p. 2012.

MORETTIN, L. G. **Estatística básica: probabilidade**. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1999.

NOGREGA, J. N; SANTOS, C. A. C; GOMES, O. M; BEZERRA, B. G; BRITO, J. I. B. Eventos extremos de precipitação nas mesoregiões da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.2, 2014.

PEREZ-MARIN, A. M; CAVALCANTE, A. M. B; MEDEIROS, S. S; TINÔCO, L. B. M; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? **Parcerias Estratégicas (Parc. Estrat.)**, v.17, n.34, 87-106, 2012.

ROSADO, V; ROSADO, A. **Livro das Secas**. 11. ed. Natal: EDUFRN, 1985.

SANTOS, D. N; SILVA, V. P. R; SOUSA, A. S; SILVA, R. A. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.492–500, 2010.

SILVA, B. C. O. **Estudo Teórico-Bioclimático da Potencialidade de Desenvolvimento do *Aedes aegypti* no estado do Rio Grande do Norte**. Dissertação: Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da UFRN (PRODEMA/UFRN). Natal, RN, 2009.

SILVA, B. C. O; NÓBREGA, R. S; SILVA, F. M. Classificação e caracterização dos anos secos e muitos secos em Caicó-RN. In: Simpósio Internacional de Climatologia, 6, 2015, Natal-RN. **Anais...** Natal-RN: SIC, v.1, 2015.

SILVA, B. C. O; NÓBREGA, R. S. Tendência da precipitação pluviométrica em anos anômalos (muito) secos para o Núcleo de Desertificação do Seridó-RN. **In: Educação Ambiental & Biogeografia**.1 ed. Ituiutaba-MG: Barlavento, v.2, p. 630-640. 2016.

SILVA, R. A; SILVA, V. P. R; CAVALCANTI, E. P; SANTOS, D. N. Estudo da Variabilidade da Radiação Solar no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.14, n.5, p.501–509, 2010.

SILVA, D; SOUSA, A. Detecção de Tendências Climáticas no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.3, p. 442-455. 2013.

SOUSA, F. A. S; MORAIS, H. F; SILVA, V. P. R. Influência da Urbanização no Clima da Cidade de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**. n. 1, v.?, p. 134-145, 2011.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: Pearson Makron Books, Coleção Schaum. 2008.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. Biblioteca Celso Furtado. Acesso em: <http://pageserver-nt.sudene.gov.br/biblioteca/asp/busca02.asp>. Disponível em: 15/06/2012. Acesso em: 20/01/2016.

VIEIRA, Sônia A. A. **Elementos de estatística**. São Paulo: Atlas, 1999.

XAVIER, T. M. B. S; XAVIER, A. F. S. Classificação de anos secos e chuvosos na região Nordeste do Brasil e sua distribuição espacial. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 3, 1984, Belo Horizonte – MG. **Anais...** Rio de Janeiro: SBM, v.1, p.267-289, 1984.

Autores

Bruno Claytton Oliveira da Silva – Possui Graduação em Geografia e Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, ambos cursados na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Atualmente é Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e é Docente da Secretaria de Estado da Educação e da Cultura (SEEC-RN) e da Universidade Potiguar (UnP).

Ranyére Silva Nóbrega – Possui Graduação em Meteorologia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Mestrado e Doutorado em Meteorologia, ambos cursados na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Atualmente é Docente dos Programas de Pós-Graduação em Geografia, Ensino de Ciências Ambientais e de Gestão de Riscos e Desastres Naturais da Universidade Federal de Pernambuco.

Ana Maria Jerônimo Soares – Atualmente é Discente do curso de Graduação em Administração da Universidade Potiguar (UnP).

Artigo recebido em: 30 de julho de 2017.

Artigo aceito em: 27 de setembro de 2017.