ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA MICRORREGIÃO DO CARIRI PARAIBANO

Jaricélia Patrícia de Oliveira Sena¹; Daisy Beserra Lucena²

¹Aluna do Curso de Engenharia de Biossistemas, Unidade Acadêmica de Tecnologia e Desenvolvimento, UFCG, Sumé, PB, E-mail: jariceliasena@hotmail.com

²Meteorologista, Professora. Doutora, Unidade Acadêmica de Tecnologia e Desenvolvimento, UFCG, Sumé, PB, E-mail: daisylucena_@ufcg.edu.br *Orientadora e autora para correspondências.

Artigo recebido em 10/07/2013 e aceite em 30/09/2013

RESUMO

O teste paramétrico de análise de regressão e o teste não-paramétrico de Mann Kendall foram utilizados com o intuito de identificar a existência de tendência na série de precipitação anual e para o período chuvoso na microrregião do Cariri Paraibano. Os dados de precipitação utilizados foram provenientes do *Climate Prediction Center* (CPC) e da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), durante os anos de 1979 a 2010 e 1995 a 2010, respectivamente. Com base nos resultados encontrados, foi verificada a existência de uma tendência positiva da precipitação anual. Observa-se uma mudança brusca em torno do ano de 2000, onde antes deste ano tem-se redução de 13% e após um aumento de 24,5% na precipitação anual. Não foi verificada nenhuma tendência para o período chuvoso concluindo que outros meses é que contribuem para o aumento da precipitação anual encontrada.

Palavras-chave: Análise de Regressão, Teste de Mann Kendall, Teste de Pettitt, Tendência pluviométrica.

IDENTIFICATION OF PRECIPITATION TREND IN THE MICROREGION OF CARIRI PARAIBANO

ABSTRACT

The parametric test of regression analysis and the nonparametric Mann Kendall's test were used to identify the existence of the trend in annual precipitation series and for the rainy season in the microregion of Cariri Paraibano. The precipitation data used were from the Climate Prediction Center (CPC) and the Executive Agency for Water Management in the State of Paraíba (AESAs) during the years 1979-2010 and 1995-2010, respectively. Based on these results, it was verified the existence of a positive trend of annual precipitation. There is a sudden change around the year 2000, where before this year has been reduced 13% and after an increase of 24,5% in annual precipitation. Was not checked any significant tendency for the rainy season concluding that other months is contributing to the increase in annual precipitation found.

KEYWORDS: Regression Analysis, Mann Kendall's test, Pettitt's test, precipitation trend.

1. Introdução

Nos dias atuais é perceptível o aumento do interesse por parte dos pesquisadores, gestores e da sociedade por assuntos que envolvem o clima, suas variabilidades e mudanças. Isto devido principalmente aos eventos extremos e suas inúmeras implicações para toda a humanidade e a biodiversidades dos sistemas naturais.

A alteração climática, segundo a definição do IPCC¹, consiste numa variação estatisticamente significativa da média e/ou variabilidade das variáveis que definem o clima e que persiste durante um longo período, na ordem de décadas ou maior, sem uma identificação específica da causa dessa variação. Com esta definição, a alteração climática poderá ter causas naturais, antropogênicas (derivados de atividades humanas) ou ser resultado de ambos (SANTOS e MIRANDA, 2006).

Os efeitos dos eventos extremos, tais como secas, inundações, ondas de calor, frio intenso, aumento do nível do mar, mudança no regime de precipitação, aumento da temperatura, dentre outros, estão cada vez mais presentes atualmente e vem causando impactos por vezes, desastrosos à humanidade, com perdas econômicas

enormes, além de perdas de vidas. Esses eventos geralmente tem sido noticiado nos mais diversos meios de divulgação, como por exemplo, jornais escritos e televisionados, internet e revistas, e isto tem despertado o interesse pelo assunto da sociedade em geral, além da comunidade científica que cada vez mais trabalha na investigação de tais eventos (KOSTOPOULOU e JONES, 2005).

É dentro deste contexto que o estudo do clima, sua variabilidade, anomalias, tendências, seus impactos, além dos eventos extremos apresenta sua importância e tem sido motivo de vários estudos visando minimizar os efeitos sobre as diversas formas de vida. A região Nordeste do Brasil, principalmente na região semiárida, é periodicamente afetada pela ocorrência de secas com perdas parciais ou totais no setor agropecuário, que é praticamente de subsistência, além de comprometer também o abastecimento de água devido principalmente à irregularidade da estação chuvosa na região, com predominância de chuvas intensas e de curta duração (SILVA *et al.*, 1998).

Durante quase um século o semiárido nordestino sofreu fortes ações antrópicas, primeiro com o desenvolvimento da pecuária,

¹ do inglês, *Intergovernmental Panel on Climate Change*

denominado de ciclo do couro, e depois com agricultura, principalmente a cotonicultura, o conhecido ciclo do algodão (SANTOS, 2006). É dessa maneira que o semiárido caminha, onde a pecuária, a agricultura sofre com os problemas relacionados com as atividades antrópicas bem como as características naturais da região e as mudanças que vem ocorrendo no clima. A agricultura não-irrigada que já é uma atividade marginal, se torna ainda mais inadequada para a prática da agricultura de subsistência. Além dos diversos outros transtornos nos recursos hídricos, economia, saúde, turismo, dentre outros que afeta a todos quer seja nas grandes áreas urbanas quer seja nas áreas rurais.

Entre os diversos esforços realizados para o melhor entendimento das alterações no padrão do clima e tempo, destaca-se os estudos com relação a detecção de indícios de variabilidades, mudanças em séries temporais com base em métodos estatísticos. Trabalhos como os de Vicent *et al.* (2005), Haylock *et al.* (2006), Oliveira *et al.* (2006), Fachine e Galvêncio (2009), Lima *et al.* (2010), Lima *et al.* (2011), dentre vários outros são exemplos de trabalhos que analisam tendências climáticas para várias variáveis meteorológicas em diversas regiões do Brasil e da região Nordeste.

De acordo com Souza *et al.* (2006) técnicas estatística para avaliação de séries temporais são conhecidas desde a segunda metade do século XX. Testes quanto à existência e mensuração de tendência (regressão linear, teste de Mann-Kendall), bem como quanto à existência de ruptura de tendências (teste t de *Student* e teste de Sen) e localização desta na série (teste de Pettitt), são alguns dos possíveis métodos aplicáveis para detecção de singularidades dos ajustes em análise.

Diante do exposto, a variabilidade do clima do Nordeste, especificamente da região semiárida, com relação à variável precipitação que se reveste de grande importância no desenvolvimento econômico/social no Cariri Paraibano, necessita de estudos que visem aprimorar as informações já conhecidas sobre o comportamento, a distribuição espacial e temporal, a variabilidade, as mudanças, as anomalias e as tendências da precipitação, utilizando para isso a análise estatística. Desta forma, o objetivo principal deste trabalho é identificar possíveis tendências na série temporal da precipitação anual e durante o período chuvoso para a região do Cariri Paraibano, a partir de análises estatísticas.

2. Material e Métodos

2.1. Área de Estudo e dados utilizados

Este trabalho foi realizado na microrregião do Cariri Paraibano, que compreende 29 cidades, discriminadas a seguir (Figura 1): Amparo, Assunção, Camalaú, Congo, Coxixola, Livramento, Monteiro, Ouro Velho, Parari, Prata, São João do Tigre, São José dos Cordeiros, São Sebastião do Umbuzeiro, Serra Branca, Sumé, Taperoá, Zabelê, Alcantil, Barra de Santana, Barra de São Miguel,

Boqueirão, Cabaceiras, Caraúbas, Caturité, Gurjão, Riacho de Santo Antônio, Santo André, São Domingos do Cariri e São João do Cariri. A região caracteriza-se por temperaturas elevadas (médias anuais em torno de 26°), baixas amplitudes térmicas (Nascimento e Alves, 2008) e escassez de chuvas, apresentando grande variabilidade tanto no tempo como no espaço, apresentando uma média anual da precipitação em torno de 587 mm com desvio padrão de ± 230 mm (SENA *et al.* 2012).

Figura 1 – Localização do Cariri (lado esquerdo) e distribuição espacial das cidades do Cariri Paraibano (lado direito).

Fonte: SENA *et al.*, 2012

Utilizou-se os registros mensais de dados de precipitação, para os 29 cidades pertencentes a região do Cariri Paraibano, durante o período de 1979 a 2010, provenientes do CPC (*Climate Prediction Center*), centro pertencente ao NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*). A validação destes dados de precipitação para a região em estudo (Cariri Paraibano) foram realizados por Sena *et al.* (2012) e os resultados mostraram que os dados do CPC conseguem reproduzir bem a precipitação anual e para o período chuvoso da região. Também foram utilizados dados de precipitação mensal provenientes da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), para o período de 1995 a 2010, no entanto, para estes foram usadas apenas 13 (treze) cidades da região em estudo, devido a quantidade de falhas nos registros para as demais localidades, foram Camalaú, Congo, Coxixola, Serra Branca, Sumé, São José dos Cordeiros, São Sebastião do Umbuzeiro, Taperoá, Boqueirão, Cabaceiras, São José do Tigre, Caraúbas, São João do Cariri.

Todos os dados de precipitação foram padronizados (ou normalizados) segundo Wilks (2006), ou seja, as unidades físicas dos dados originais são canceladas, as variáveis padronizadas se tornam adimensionais. Quando se

transforma dados em anomalias padronizadas elas irão apresentar uma média igual a zero e um desvio padrão de 1, isto facilita a observação da variabilidade em torno da média.

2.2. Métodos de estimativas de Tendência

Inicialmente foram gerados gráficos de dispersão para a precipitação anual e para o período chuvoso que indicariam visualmente se a série apresentava ou não tendência. Após essa verificação foram aplicadas técnicas estatísticas para análise significativa da possível tendência.

Segundo Meyer (2000) há vários métodos de estimativa, os mais utilizados são:

- i) Ajustar uma função do tempo, como uma função linear, polinomial, exponencial ou outra função suave a variável climatológica no tempo t (Métodos paramétricos);
- ii) Suavizar (ou filtrar) os valores da série ao redor de um ponto para estimar a tendência naquele ponto (Método não paramétrico); e
- iii) Análise não paramétrica por meio de testes de hipóteses (Teste de Run, Mann Kendall).

Entre os diversos métodos para elaboração de estudo de tendências optou-se por dois métodos, um

paramétrico, a análise de regressão (método dos mínimos quadrados), pois sua análise estatística é de fácil entendimento e o outro um teste não-paramétrico, o teste de Mann Kendall, sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para identificação de tendência em séries temporais. Optou-se pela utilização de mais de uma técnica estatística para realizar uma comparação entre os resultados, o que torna em parte, os resultados mais robustos.

A seguir apresenta-se, brevemente, a metodologia utilizada em cada um dos métodos supracitados.

I. Análise de Regressão

A análise de regressão é um método classificado como paramétrico, visto que exige o ajuste dos dados empíricos/observados à uma distribuição teórica conhecida. Essa técnica é baseada no método dos mínimos quadrados, que consiste no ajuste de uma reta a um conjunto de pontos. Esse procedimento foram utilizados por Christofolletti (1992), Sentelhas *et al.* (1994), Back (2001), Roncato (2002), Galina (2002), Bieras e Santos (2006), dentre outros.

Para caracterizar objetivamente essa tendência temporal será traçada uma reta de regressão linear. A

regressão linear é um modelo adequado de representar matematicamente o comportamento de uma variável dependente (y) aqui a precipitação, em função de uma variável independente (x) no nosso caso os anos, se a relação entre elas é aproximadamente linear. (TRIOLA, 2005)

$$y = \beta x + \alpha$$

Em que; β é o coeficiente angular da reta e α é o coeficiente linear da reta.

O coeficiente angular (β) define o grau de inclinação da reta. Ou seja, $\beta > 0$ significa que a reta tem uma inclinação positiva e quando $\beta < 0$, a inclinação da reta é negativa. Dessa forma, em uma série temporal histórica, esse coeficiente indicará se a tendência é crescente ou decrescente no decorrer do tempo. Ademais, o coeficiente angular também mostra se essa variação ocorre de maneira brusca ou suave.

Uma importante parte da verificação de adequação de um modelo de regressão linear é a aplicação de um teste estatístico que verifique a significância estatística do coeficiente angular (inclinação da reta), para isto utilizar-se-á a estatística t de *Student*. O teste de hipótese para a inclinação da reta baseia-se na hipótese nula ($\beta = 0$) que não há tendência (TRIOLA, 2005).

II. Método de Mann Kendall

O teste de Mann Kendall (MK) é um teste não paramétrico que tem sido amplamente aplicado à detecção de tendências monotônicas em séries (ou seja, o teste não detecta se ocorre uma “mudança de direção” na tendência), sem especificar se tais tendências são lineares ou não lineares.

De acordo com Önöz e Bayazit (2003) os benefícios deste teste são a irrelevância dos dados não pertencerem a uma distribuição particular e o resultado dele são menos afetados por *outliers*, pois o cálculo baseia-se no sinal das diferenças e não diretamente nos valores da variável.

Segundo Goossens e Berger (1986) o teste de Mann Kendall é o método mais apropriado para realizar análise de mudanças climáticas em séries climatológicas, possibilitando ainda, a detecção do ponto inicial da tendência.

Inicialmente proposto por Mann (1945) e posteriormente alterado por Kendall (1975), que criou a correspondente estatística MK. O teste MK consiste em comparar cada valor da série temporal com os valores restantes, sempre em ordem sequencial; é contado o número de vezes em que os termos restantes são maiores que o valor

analisado. A estatística S é obtida pela soma de todas as contagens, como segue:

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

$$\text{sin}al(x_i - x_j) = \begin{cases} -1, & \text{para } (x_i - x_j) < 0 \\ 0, & \text{para } (x_i - x_j) = 0 \\ 1, & \text{para } (x_i - x_j) > 0 \end{cases}$$

A estatística S tende à normalidade para n grande, com média e variância dadas por:

$$E(S) = 0 \quad \text{e} \quad \text{Var}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5)]$$

Em que n é o tamanho da série temporal. Assim, o teste estatístico Z_{MK} é dado por:

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

A presença de tendência estatisticamente significativa na série temporal é avaliada através do valor de Z_{MK} ; esta estatística é usada para testar a hipótese nula de que nenhuma tendência existe. Os valores positivos (negativos) de Z_{MK} indicam tendência crescente (decrescente). A significância estatística foi realizada pelo teste p -valor, a hipótese nula não é rejeitada se o valor de p for maior ou igual a α , se o valor p for menor do que α , a hipótese nula é rejeitada. Adotou-se um nível de significância de 5%.

Obregón e Marengo (2007) mostram que a estimativa da magnitude das tendências, a verdadeira inclinação

(taxa da variável por unidade de tempo) pode ser estimada através do cálculo aos mínimos quadrados da inclinação (β), utilizando o método de Regressão Linear. No entanto, este valor calculado desta maneira pode desviar-se muito do verdadeiro valor da inclinação se existem "outliers" nos dados, pelo qual se utiliza o procedimento simples, desenvolvido por Sen (1968) e estendido por Hirsch *et al.* (1982). Este teste de Sen possibilita identificar se houve ou não existência de mudanças de tendência na série.

III. Teste de Pettitt

Para localizar se houve uma mudança brusca na média da série podemos utilizar o teste de Pettitt. Este teste de Pettitt (Pettitt, 1979) indica se duas amostras oriundas da mesma série temporal podem ser consideradas pertencentes a mesma população. Adotou-se o nível de significância de 5% para aplicação deste teste. Esta estatística localiza o ponto onde houve uma mudança brusca na média de uma série temporal.

3. Resultados e Discussão

3.1. Variabilidade Interanual da Precipitação

Com relação à variabilidade interanual da precipitação padronizada, para o período entre 1979 e 2010, observa-se no Gráfico 1, a alta variabilidade da variável na região do Cariri Paraibano, apresentando uma média anual de 587 mm e um desvio padrão de 230 mm. Ainda pode ser visualizado a partir do gráfico 1 que os dados de precipitação apresentam uma tendência positiva (crescente).

Com o intuito de averiguar a significância estatística da tendência observada a partir do Gráfico 1 foram aplicados os testes de Análise de Regressão e o teste de Mann Kendall. Na Tabela 1 pode ser verificado os principais resultados referentes a estes testes.

A tendência a partir da análise de regressão foi verificada pelo teste de significância do coeficiente angular da reta ajustada (Tabela 1). Verifica-se que a hipótese nula (H_0) foi aceita, não tendo evidências de que haja alguma tendência, isto com um nível significativo de 5% de confiança. Entretanto, utilizando o teste de Mann Kendall (teste mais indicado pela OMM, para a identificação de tendências) verifica-se uma tendência positiva significativa (ver Tabela 1). Percebe-se que a inclinação positiva desta tendência calculada tanto pelo

método dos mínimos quadrados quanto pela inclinação de sen , o valor é praticamente o mesmo, em torno de 0,053 que corresponde a um aumento anual em média de 24,5%. Uma

tendência positiva também foi verificada no estudo de Limeira *et al.* (2012) para 3 cidades localizadas na região do Cariri da Paraíba.

Gráfico 1 – Variação interanual da precipitação padronizada para a região do Cariri Paraibano no período 1979 a 2010 com os dados o CPC. A linha na cor preta mostra a tendência linear da série, a linha pontilhada na cor vermelha e verde é a média calculada para o período correspondente pelo teste de Pettitt. ($\bar{X}$ = 587 mm e δ = 230 mm).

Tabela 1: Resultados referentes ao Teste de Mann Kendall e a Análise de regressão, realizado com os dados de precipitação para a região do Cariri Paraibano.

DADOS	Teste de Mann Kendall			Inclinação	Análise de Regressão			
	τ	p	Conclusão		β	t	t_c	Conclusão
ANUAL – CPC	0,323	0,009	Rejeita H_0 *	0,053	0,044	0,79	2,04	Aceita H_0
ANUAL - AESA	0,350	0,064	Rejeita H_0 *	0,094	0,113	1,97	2,14	Rejeita H_0 **
Período Chuvoso	0,028	0,835	Aceita H_0	0,004	0,005	-0,17	2,04	Aceita H_0

*Tendência significativa a nível de 5%, testada pelo p-valor

**Tendência significativa a nível de 5%, testada pelo teste *t-student*.

Como pode ser verificado no Gráfico 1, o que chama a atenção são os desvios apenas positivos após o ano de 2004, dessa forma foi aplicado o teste de Pettitt com o intuito de verificar a existência de uma mudança brusca da precipitação anual em relação a média no período em estudo. As linhas horizontais pontilhadas nas cores vermelha e verde no Gráfico 1 advém do resultado do teste de Pettitt, mostrando que houve uma mudança brusca na média no período em estudo, dividindo a série em dois períodos distintos, antes de 2001 com uma média em torno de 511,5 mm (redução de 13% em relação a média para o período

completo – 1979 a 2010) e após 2001 com um aumento em torno de 24,5%, apresentando uma média de 731 mm.

Para verificar a coerência deste teste dividimos a série inicial (1979-2010) nos dois períodos determinados pelo teste de Pettitt e foram esboçados os gráficos. Os resultados encontrados estão em acordo com o verificado pelo teste, ou seja, no primeiro período uma redução em torno de 10% (61 mm) em relação a média da normal para os 32 anos e para o período após o ano de 2001 (segundo período) um aumento de aproximadamente 23%, tendo a média de 720 mm, conforme pode ser visualizado no Gráfico 2 (a e b).

Gráfico 2 – Variação interanual da precipitação para a região do Cariri Paraibano com os dados do CPC para o período de: a) 1979 a 2000 e b) após 2001. A linha na cor preta mostra a tendência linear da série, a linha na cor vermelha corresponde a média para o período em estudo (primeiro ou segundo) e a linha verde a média para o período completo (1979-2010).

Como se utilizou dados do CPC, sendo dados provenientes não apenas de observação como também de interpolação e, apesar da validação dos mesmos por Sena *et al.* (2012), resolveu-se realizar uma comparação com dados apenas de observação provenientes da AESA, para assim averiguar e confirmar a quebra no ano de 2001, em que houve uma redução da média antes deste período e um aumento após o mesmo. Além de verificar o aumento (tendência positiva) observado na precipitação anual, principalmente no período após o ano de 2001, detectado pelos testes estatísticos (Pettitt, análise de regressão e MK).

Observa-se na Tabela 1, que os testes realizados com dados de 16 anos da AESA, para 13 cidades na região em estudo, que há uma concordância com a análise realizada com os dados do CPC, indicando também tendência positiva para a precipitação, o que pode ser verificado também a partir do Gráfico 3. Pode observar na Tabela 1 que a inclinação calculada tanto pela análise de regressão quanto pela inclinação de sen são valores praticamente idênticos, contudo os valores da inclinação realizados com os dados da AESA são maiores do que o calculado com os dados do CPC, ou seja, realmente há indícios de tendência positiva.

Gráfico 3 – Variação interanual da precipitação padronizada para a região do Cariri Paraibano no período 1995 a 2010 com os dados da AESA. A linha na cor preta mostra a tendência linear da série, a linha pontilhada na cor vermelha e verde é a média calculada para o período correspondente pelo teste de Pettitt. ($\bar{X} = 504,8$ mm e $\delta = 182,2$ mm)

Com relação à mudança brusca apontada pelo teste Pettitt nos dados do CPC, também se verificou com os dados da AESA. Todavia essa quebra que ocorreu no ano de 2001 nos dados do CPC, nos dados da AESA essa mudança foi apontada no ano de 2004, mesmo ocorrendo em anos diferentes esse não chama a atenção, tendo em vista que não foram em anos tão discrepantes (Gráfico 3). Os valores da média antes e após 2004 apresentam-se bem próximos ao encontrado anteriormente com os dados do CPC (ano de mudança 2001), são eles: 730 mm e 628,5 mm para o período antes o ponto de mudança e 511,5 mm e 408,6 mm para o período após, respectivamente para os dados do CPC e AESA.

3.2. Variabilidade da Precipitação durante o Período Chuvoso

A partir dos resultados das seções anteriores verifica-se que existe uma tendência positiva na precipitação anual para a região do Cariri Paraibano, desta forma, surge o interesse em conhecer qual ou quais os períodos em que há a contribuição para este aumento. Sendo assim, neste trabalho realizou-se a análise para o período chuvoso, trabalhou-se apenas com o

trimestre mais chuvoso (fevereiro a abril, segundo Sena et al., 2012). Nota-se claramente a partir do Gráfico 4, pela linha de tendência, que existe um sutil aumento. A inclinação calculada pelos testes de sen e dos mínimos quadrados mostra que o valor é muito pequeno (ver Tabela 1), praticamente zero, apontando que não há tendência. Corroborando com o gráfico, após a aplicação os testes de tendência, confirmou-se que, por nenhum dos métodos houve a rejeição da hipótese nula, ou seja, concluindo que não há tendência significativa (Tabela 1).

Essa ausência de tendência significativa da precipitação durante o período chuvoso provavelmente pode ser devido a grande variabilidade da variável que pode ser facilmente observada graficamente (Gráfico 4).

Sendo assim, pode-se concluir que o período chuvoso não tem influenciado no aumento da precipitação anual apontado através da tendência encontrada, ou seja, outros meses (períodos) estão contribuindo para este aumento anual. A partir deste resultado deve ser investigado qual ou quais os meses que apresentam um aumento da precipitação. Entretanto, é bom salientar que a climatologia da região segundo o trabalho de Sena *et al.* (2012) mostra que durante os seis

primeiros meses ocorre basicamente, toda a precipitação anual na região do Cariri, correspondendo a 78%, então é interessante averiguar se houve alguma mudança no comportamento (variabilidade) no decorrer das décadas.

3.3. Análise das Condições sobre os Oceanos

Avaliando os dois períodos apontados pelo teste de Pettitt, quanto às condições sobre os Oceanos Atlântico e Pacífico, ou seja, os eventos extremos que ocorrem sobre os oceanos, já que é sabido que as condições da

superfície do mar sobre os oceanos apresentam influência sobre a precipitação na região em estudo (SENA *et al.*, 2012b). Verifica-se que, para o primeiro período (1979-2000) sobre o Pacífico, observa-se o predomínio do evento El Niño configurado e no oceano Atlântico as condições são o gradiente meridional da Temperatura da superfície do mar (GRADM) positivo ou condições neutras (Tabela 2). Sendo assim, tem-se que as condições sobre os dois oceanos não favorece a formação de chuvas na região, podendo ser uma justificativa da redução da média neste período.

Gráfico 4 – Variabilidade para o período chuvoso da precipitação padronizada para a região do Cariri Paraibano no período 1979 a 2010 com os dados do CPC. A linha na cor preta mostra a tendência linear da série ($\bar{X}$ = 287 mm e δ = 147,4 mm).

Entretanto, analisando as condições para o segundo período, em que foi observado o aumento na média, verifica-se que sobre o oceano Pacífico predominou condições neutras, ou seja, anos que não esteve configurado nenhum evento extremo neste oceano. Já sobre o Atlântico não nota-se nenhum evento predominante (Tabela

2). Necessitando de estudos mais detalhados para investigar os fenômenos que contribuem para a ocorrência do aumento na precipitação anual, o que poderá cooperar para esta análise será a identificação dos meses que se observa o aumento da precipitação durante o período em estudo.

Tabela 2 – Eventos Extremos sobre os Oceanos. (a) Pacífico: Anos de El Niño e La Niña com sua devida intensidade. (b) Atlântico: Anos de GRADM + e GRADM -.

(a)		(b)	
EL NIÑO	LA NIÑA	GRADM +	GRADM -
82/83 (F)	84/85 (M)	79	84
86/87 (M)	88/89 (F)	80	85
87/88 (M)	95/96 (M)	81	86
91/92 (F)	98/99 (M)	83	89
94/95 (M)	99/00 (M)	92	91
97/98 (F)	07/08 (F)	97	94
02/03 (M)	-	02	08
06/07 (M)	-	04	09
09/10 (F)	-	05	-
10	-	10	-
09 Eventos	06 Eventos	10 Eventos	08 Eventos

Observação: As letras em parênteses na tabela (a) referem-se à intensidade do evento em que, F – forte e M – moderado.

4. Conclusões

De acordo com os resultados encontrados, observou-se que existe uma tendência positiva significativa na série de precipitação anual para a região do Cariri paraibano tanto com os dados do CPC quanto os da AESA. Também foi verificado uma quebra em relação a média anual para o período 1979 a

2010, em torno do ano de 2000 (já que foi encontrado o ano de 2004 com os dados da AESA) apresentando uma redução de 13% antes deste ano e um aumento de 24,5% após. Constatou-se que o período chuvoso não apresentou nenhuma tendência o que pode se concluir que outros períodos ou meses contribui para o aumento anual encontrado para a precipitação anual na

região. Com relação à influência dos oceanos a análise mostrou que tal como mostrado na literatura eles tem influência na precipitação na região em estudo.

6. Referências

Back, A.J. 2001. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, p. 717-726.

Bieras, A.R.; Santos, M.J.Z. 2006. Variabilidade e tendência da precipitação pluviométrica anual e mensal do município de Bebedouro (SP), no período de 1983 a 2003. Climatologia e Estudos da Paisagem Rio Claro, vol. 11, n.1/2.

Christofoletti, A.L.H. 1992. Procedimentos de análise utilizados no estudo da precipitação. Geociências, São Paulo, v 11, n.1.

Fechine, J.A.L.; Galvêncio, J.D. 2009. Tendência das precipitações na bacia hidrográfica do Rio Brígida – Estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 2, n. 2.

Galina, M.H. 2002. Mudanças climáticas de curto prazo: Tendências dos regimes térmicos e hídricos e do balanço hídrico nos municípios de Ribeirão Preto, Campinas e Presidente Prudente (SP) no período de 1969-2001. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geografia. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Campus de Rio Claro. Universidade Estadual Paulista.

5. Agradecimentos

A UFCG pelo apoio institucional e a AESA pela concessão dos dados de precipitação.

Goossens, C.; Berger, A. 1986. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. Annales Geophysicae, Berlin, v. 4, n. B4, p. 385-400.

Haylock, M.R.; Peterson, T.C.; Alves, L.M.; Ambrizzi, T.; Anunciação, Y.M.T.; Baez, J.; Barros, V.R.; Merlato, M.A.; Bidegain, M.; Coronel, G.; Corradi, V.; Garcia, V.J.; Grimm, A.M.; Karoly, D.; Marengo, J.A.; Marino, M.B.; Moncunill, D.F.; Nechet, D.; Quintana, J.; Rebello, E.; Rusticucci, M.; Santos, J.L.; Trebejo, I.; Vicent, L.A. 2006. 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.

Hirsch, R. M.; Slack, J. R.; Smith, R.A. 1982. Techniques Of Trend Analysis For Monthly Water Quality Data. Water Resources Research, V. 18, N. 1, P. 107-121.

Kendall, M. G. 1975. Rank Correlation Methods. London: Charles Griffin, 120 P.

Kostopoulou, E., Jones, P. D. 2005. Assesment Of Climate Extremes In The Eastern Mediterranean. Meteorology And Atmospheric Physics, V. 89, P. 69-85.

Júnior, E.V.B. ; Galvêncio, J.D. 2009. Análise Climatológica Da Quadra

Chuvosa Do Município De Belém De São Francisco – PE, Para O Período De 1962 A 2009. Revista Brasileira De Geografia Física. P 31-42.

Lima, R.A.F.A.; Menezes, H.E.A.; Brito, J.I.B. 2010. Diagnóstico De Tendência De Mudanças Na Temperatura Do Ar No Nordeste Setentrional. Revista Caatinga, Vol. 23, Nº 2.

Lima, J.R.A.; Neves, P.J.D.; Araújo, L.E.; Azevedo, P.V. 2011. Identificação De Tendências Climáticas No Estado Da Bahia. Revista de Geografia (UFPE). Vol. 28, nº 3.

Limeira, R.C.; Sousa, F.A.S.De; Silva, V.P.R.Da; Oliveira, P.T. 2012. Tendência das chuvas no Estado da Paraíba. Revista Hispeci&Lema On Line – ano III – n.3.

Mann, H. B. 1945. Econometrica. The econometric society, v.13, n.3, p.245-259.

Meyer, P. L. 2000. Probabilidade: Aplicações à Estatística. São Paulo: LTC, 426 p.

Nascimento, S.S.; Alves, J.J.A. 2008. Ecoclimatologia do Cariri Paraibano. Revista Geográfica Acadêmica. V.2, n. 3 (xii, 2008). p. 28-41, ISSN 1678-7226.

Obregón, G.; Marengo, J.A. 2007. Caracterização do Clima no Século XX no Brasil: Tendências de Chuvas e Temperaturas médias e extremas. Relatório nº 2. Ministério do Meio Ambiente. CPTEC/INPE, São Paulo/Brasil.

Oliveira, F.M.; Lira, V.M.; Dantas, R.T.; Souza, W.M. 2006. Variabilidade temporal da precipitação em municípios localizados em diferentes sub-regiões

do Estado de Pernambuco. Caminhos de Geografia. Uberlândia. Vol. 6, nº 19.

ÖNÖZ, B.; BAYAZIT, M.C. The Power of statistical teste for trend detection, Turkish. J. Eng. Env. Sci., v. 27, p. 247-251, 2003.

Pettitt, A.N. 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. Applied Statistic, London, v. 28, n.2, p. 126-135.

Roncato, R.A. 2002. Variabilidade e tendência climática na região de Campinas (SP) e sua relação com o uso do solo. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP. Rio Claro.

Santos, C.A.C. 2006. Estimativas e Tendências de Índices de Detecção de Mudanças Climáticas com Base na Precipitação Diária no Rio Grande do Norte e na Paraíba. Campina Grande. 115p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande.

Santos, F.D., Miranda, P. 2006. Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de adaptação – Projecto SIAM II, Gradiva – Publicações, Lisboa.

Sen, P. K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau, J. Am. Stat. Assoc., 63, 1379-1389.

Sena, J.P.O.; Melo, J.S.; Lucena, D.B.; Melo, E.C.S. 2012. Comparação entre dados de chuva derivados do Climate Prediction Center e observados para a região do Cariri Paraibano. Revista Brasileira de Geografia Física. v. 2.p. 412-420.

Sena, J.P.O.; Melo, J.S.; Lucena, D.B. 2012. A variabilidade dos Oceanos

Atlântico e Pacífico e a Influência sobre a Precipitação e a Agricultura do Cariri Paraibano. Terra: Qualidade de Vida, Mobilidade e Segurança nas Cidades. Livro Eletrônico. Organizador: Giovanni Seabra. Vol. 4. ISBN 978-85-237-0630-2. João Pessoa: Editora Universitária. p. 271-284.

Sentelhas, P.C.; Camargo, A.P.De; Camargo, M.B.P. De, Alfonsi, R.R. 1994. Um século de desmatamento: efeitos no regime térmico, pluvial e no balanço hídrico em Campinas, SP. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.2, p. 99-103.

Silva, V.P.R.; Correia, A.A.; Coelho, M.S. 1998. Análise de tendência das séries de precipitação pluvial do Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.1, p.111-114.

Souza, C. F. ; Silveira, A. L. L. ; Collischonn, W. 2006. Análise de vazões diárias por métodos de séries

temporais. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 2006, Curitiba. Recursos Hídricos e e gestão territorial: anais. Curitiba : ABRH.

Triola, M.F. 2005. Introdução a Estatística. 9ª Edição. Editora LTC. Rio de Janeiro. 656 p.

Vincent, L. A.; Peterson, T.C.; Barros, V.R.; Marino, M.B.; Rusticucci, M.; Carrasco, G.; Ramirez, E.; Alves, L.M.; Ambrizzi, T.; Berlato, M.A.; Grimm, A.M.; Marengo, J.A.; Molion, L.; Moncunill, D.F.; Rebello, E.; Anunciação, Y.M.T.; Quintana, J.; Santos, J.L.; Baez, J.; Coronel, G.; Garcia, J.; Trebejo, I.; Bidegain, M.; Haylock, M.R.; Karoly, D. 2005. Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960–2000. Journal of Climate, v. 18, n. 23, p. 5011-5023.

Wilks, D.S. 2006. Statistical methods in the atmospheric sciences. 2ª Edition. Elsevier. 649 p.