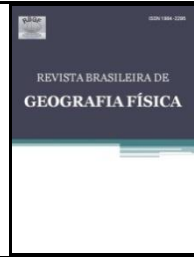




ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Detecção de Tendências Climáticas no Estado de Alagoas

Djane Fonseca da Silva¹ e Aline Bezerra de Sousa²

¹Meteorologista, Dr^a em Rec. Hídricos, Prof^a Universidade Federal do Ceará (UFC/Campus Cariri), Juazeiro do Norte (CE), CEP: 63040-310, e-mail: djane.fonseca@cariri.ufc.br

²Aluna do curso de Agronomia, bolsista PIBIC, Universidade Federal do Ceará (UFC/Campus Cariri), Juazeiro do Norte (CE), CEP: 63020-240, e-mail: alinelough@gmail.com

Artigo recebido em 25/05/2013 e aceito em 04/09/2013

RESUMO

Nesse estudo foram utilizados dados de precipitação, temperatura máxima e mínima obtidos através da Agência Nacional das águas (ANA) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período de 1961-2010. Todas as séries foram submetidas ao teste de Mann-Kendall para identificar tendências e depois os valores das mesmas serão submetidas ao teste de T-Student para verificar se os valores de tendência encontrados são significativos estatisticamente ou não. O norte do estado de Alagoas apresentou tendência de diminuição das precipitações e de aumento das temperaturas máximas. Com essas conclusões, políticas públicas devem ser adotadas, pois a região ficará mais quente e com menos chuvas, o que pode levar a conflitos devido disponibilidade hídrica, ao déficit hídrico, à fuga da população local, à diminuição de atividades agropecuárias etc.

Palavras-chave: Teste de Mann-Kendall, Teste de T-Student, Variações climáticas, Semiárido.

ABSTRACT

In this study were used data of precipitation, maximum and minimum temperature obtained through the National Water Agency (ANA) for the period 1961-2010 and by INMET. All series were subjected to the Mann-Kendall test for trends and then the values of the trends will be submitted to the Student's t-test to see if the trend values found are statistically significant or not. The northern state of Alagoas tended to decrease precipitation and increase the maximum temperatures. With these findings, public policy should be adopted, since the region will be warmer and less rainfall, which can lead to conflicts because of water availability, water deficit, the escape of the local population, the decrease of agricultural activities etc.

Keywords: Mann-Kendall test, T-Student student, Climate variations, Semi-arid

Introdução

Nos últimos anos há uma grande preocupação de pesquisadores em analisar as variabilidades climáticas que estão acontecendo no planeta, principalmente no que se refere a um possível aumento de eventos de precipitações intensas (BERTONI & TUCCI, 1993).

Na região Nordeste, estudo desse tipo, tem se mostrado muito importante e útil, visto

que os benefícios causados pelos resultados podem ser aplicados no dia-a-dia da população.

Existem diferentes técnicas que vem sendo usadas para diagnosticar tendências e/ou variações em séries temporais de dados ambientais. Entre essas técnicas, cita-se o teste estatístico de Mann-Kendall (HAMED e RAO, 1998; HAYLOCK *et al.*, 2006), o qual

é indicado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para verificar as tendências em dados meteorológicos, como nesse caso, precipitação. 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 (YEVJEVICH, 1972).

BACK (2001) usou o teste de Mann-Kendall, entre outras análises estatísticas, para identificar tendências anuais da temperatura e precipitação pluvial da estação meteorológica de Urussanga – SC. Os resultados indicaram que não foi identificada nenhuma tendência significativa na temperatura média do mês de julho. Também foi identificada a tendência significativa de aumento da precipitação pluvial total anual, e da precipitação pluvial total no quarto trimestre. Nos três primeiros trimestres do ano, nenhuma tendência significativa foi identificada.

LIEBMANN *et al.* (2004) identificaram tendências lineares sazonais de precipitação da América do Sul central durante 1976-1999, e mostrou que a maior tendência positiva ocorreu ao sul de 20°S e sobre o sul do Brasil durante janeiro-março. Já para o período de 1948-1975, a tendência também foi positiva, mas com menor intensidade. Apontou-se que a possível causa dessa tendência tenha sido um aumento no percentual de dias chuvosos, e um aumento na média de dias chuvosos. A tendência de precipitação também foi relacionada com a tendência positiva da

Temperatura de Superfície do Mar, no Oceano Atlântico.

MARENGO e CAMARGO (2008), através do teste de Mann-Kendall, encontraram tendências de aquecimento na maioria das estações do Sudeste do Brasil, de 0,5 a 0,8 °C/decênio nas temperaturas mínimas e de 0,4 °C/decênio nas máximas temperaturas.

SANTOS (2008) avaliando as condições climáticas atuais da região Nordeste do Brasil, elaborou cenários climáticos para os anos de 2050 e 2100 e aplicou a esses dados o teste de Mann-Kendall. Os resultados obtidos indicam tendências crescentes nas séries temporais de temperatura do ar, estatisticamente significativas pelo teste de Mann-Kendall para os cenários de 2050 e 2100. Como também tendências nas taxas de evapotranspiração potencial, principalmente nas partes central, oeste e norte do Nordeste do Brasil nos dois cenários analisados.

SILVA *et al.* (2010) aplicaram o teste de Mann-Kendall em séries temporais do saldo de radiação no Nordeste do Brasil e concluíram que as mesmas exibiram reduções acentuadas entre 1948 e 1987, entretanto, no período de 1988 a 2006, comportamento inverso, sugerindo a presença do fenômeno “Global dimming” sobre a região Nordeste do Brasil.

SANSIGOLO e KAYANO (2010) ao analisarem as precipitações e temperaturas no Rio Grande do Sul concluíram que as precipitações só apresentaram tendências

significativas no verão, de aumento de 93 mm/100 anos, sobre uma média sazonal de 367 mm.

Assim, o objetivo desse trabalho é aplicar o teste de Mann-Kendall a dados de precipitação, temperatura máxima e mínima no estado de Alagoas, no intuito de determinar tendências climáticas em suas séries e indicar qual padrão as variáveis meteorológicas estão seguindo.

Materiais e Métodos

Área de estudo

O Estado de Alagoas (Figura 1) é uma das 27 unidades federativas do Brasil e está situado à leste da região Nordeste. Tem como limites Pernambuco (N e NO); Sergipe (S); Bahia (SO); e o oceano Atlântico (L). Ocupa uma área de 27.767 km², sendo ligeiramente maior que o Haiti. Sua capital é a cidade de Maceió. É formado por 102 municípios e suas cidades mais populosas são Maceió, Arapiraca, Palmeira dos Índios, Rio Largo, Penedo, União dos Palmares, São Miguel dos Campos, Santana do Ipanema, Delmiro Gouveia, Coruripe, Marechal Deodoro e Campo Alegre.

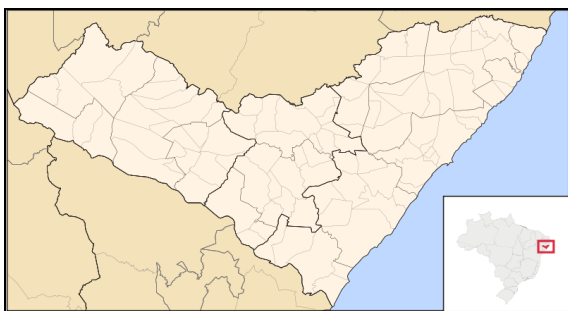


Figure 1. Estado de Alagoas (Fonte: Governo de Alagoas, 2013)

Cerca de 86% do território alagoano se encontra abaixo de 300 m de altitude, e 61% abaixo de 200 m. Apenas 1% fica acima de 600 m. A rede hidrográfica do estado é constituída por rios que correm diretamente para o Oceano Atlântico (como, por exemplo, o Camaragibe, o Mundaú, o Paraíba do Meio e o Coruripe) e por rios que deságuam no São Francisco (como o Marituba, o Traipu, o Ipanema, o Capiá e o Moxotó).

Há três tipos de cobertura vegetal, em grande parte modificadas pela ação do homem, que estavam presentes no território alagoano: A floresta tropical na porção úmida do estado (microrregião da Mata alagoana); No Agreste, vegetação de transição para um clima mais seco, no centro; e a Caatinga, no oeste do estado. Toda a metade oriental do estado possui clima do tipo As, de Köppen, quente (médias anuais superiores a 24°C), com chuvas de outono-inverno relativamente abundantes (mais de 1.400mm). No interior, dominam condições semiáridas, clima BSh, com pluviosidade abaixo de 1.000 mm; essa região está incluída no chamado Polígono das Secas.

As estações do ano são definidas em duas, definidas pela periodicidade das chuvas. A estação seca tem início em setembro e termina em fevereiro e a chuvosa começa aproximadamente em março, terminando em agosto. A temperatura não sofre grandes oscilações, variando, no litoral, entre 22,5 e

28°C, e no sertão, entre 17 e 33°C (Governo de Alagoas, 2013).

O estado encontra-se com 44,36% de seu território dentro do Polígono das secas, segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO).

Dados

Os dados de precipitação utilizados foram obtidos através da Agência Nacional das águas (ANA) para o período de 1961-2010 e através do site www.hidrowebana.gov.br. As 13 localidades utilizadas foram: Maceió, Arapiraca, Atalaia, Batalha, Jacuípe, Limoeiro de Anadia, Murici, Passo de Camaragibe, Piaçabúçu, Piranhas, São Brás, Santana do Mundaú, São Miguel dos Campos.

Os dados de temperatura máxima e mínima foram obtidos junto ao INMET, para o período de 1961 a 2010, para cinco localidades: Maceió, Palmeira dos Índios, Pão de Açúcar, Porto de Pedras e Água Branca.

Todas as séries descritas anteriormente foram submetidas ao teste de Mann-Kendall para identificar tendências e depois os valores das mesmas foram submetidas ao teste de T-Student para verificar se os valores de tendência encontrados são significativos estatisticamente ou não.

O teste de Mann-Kendall requer que as séries sejam serialmente independentes, logo um teste de correlação serial deve ser previamente aplicado (SNEYERS, 1975).

Teste de Mann-Kendall

Esse é um teste não-paramétrico (MANN, 1945; KENDALL, 1975), sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para avaliação da tendência em séries temporais de dados ambientais.

Em geral, os estudos sobre tendências climáticas negligenciam a correlação serial nas séries temporais; correlações seriais positivas (negativas) aumentam (diminuem) a probabilidade de rejeitar a hipótese nula (VON STORCH, 1995). Nestes casos, devem-se filtrar as séries com um modelo autoregressivo, por exemplo, ou usar uma forma modificada do teste de Mann-Kendall para séries autocorrelacionadas, como proposto por HAMED e RAO (1998).

A existência de correlação serial nas séries deve ser avaliada pelo teste não paramétrico de seqüências. As séries não rejeitadas nestes testes foram submetidas ao teste de Mann-Kendall, um teste também não paramétrico usado para avaliar a existência de uma eventual tendência. Nos casos de séries que não passam no teste de seqüência, deve-se usar o teste de Mann-Kendall modificado para levar em conta a autocorrelação (HAMED e RAO, 1998), mas de qualquer forma tendências significativas devem ser removidas a priori (SANSIGOLO e KAYANO, 2010).

A estatística do teste é a seguinte (SILVA *et al.*, 2010):

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sign}(X_i - X_j)$$

Em que:

x_j são os dados estimados da sequência de valores, n é o comprimento 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 $\text{Var}(S)$, para uma situação na qual pode haver valores iguais de x , são calculadas pelas equações:

$$E[S] = 0 \tag{2}$$

$$\text{Var}[S] = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \tag{3}$$

Em que: (t_p) é número de dados com valores iguais num certo grupo (p th) e q é o número de grupos contendo valores iguais na série de dados num certo grupo p . O segundo termo representa um ajuste para dados censurados.

O teste estatístico parametrizado (ZMK) é computado pela seguinte equação:

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

A presença de uma tendência estatisticamente significativa é avaliada usando o valor de Z . Essa estatística é usada Silva, D.F.; Souza, A.B.

para testar a hipótese nula, ou seja, que nenhuma tendência existe. Um valor positivo de ZMK indica um aumento da tendência, quando negativa indica uma tendência decrescente. Para testar a tendência crescente ou decrescente no nível de significância de p , a hipótese nula é rejeitada se o valor absoluto de Z for maior que $Z_{1-p/2}$, utilizando-se a tabela da distribuição normal cumulativa padrão.

Os níveis de significância de $p = 0,01$ e $0,05$ foram aplicados neste estudo. Uma estimativa não-paramétrica para o valor da inclinação da tendência é obtida de acordo com SILVA *et al.* (2010):

$$\beta = \text{Median} \left[\frac{X_j - X_i}{j - i} \right] \text{ para } i < j \tag{5}$$

Em que: x_j e x_i são os pontos dados medidos no tempo j e i , respectivamente.

Teste de significância de T-student

Tal teste foi usado nesse trabalho para considerar significativas ou não, os valores das tendências encontrados. Uma das mais utilizadas distribuições para pequenas amostras é a “t-Student”, a qual é bastante utilizado nos estudos de meteorologia (KOUSKY e KAYANO, 1994; KAYANO e KOUSKY, 1996; CASTRO, 2002), e pode ser calculado da seguinte forma:

$$t_c = t / \sqrt{(n-2) + t^2} \tag{6}$$

Em que: t_c = valor do percentil e c é o grau de liberdade. Foi usado $p = 0,95$ ou 95%; $t =$

valor do percentil tabelado de acordo com v

$(n-1)$; n é o número de dados.

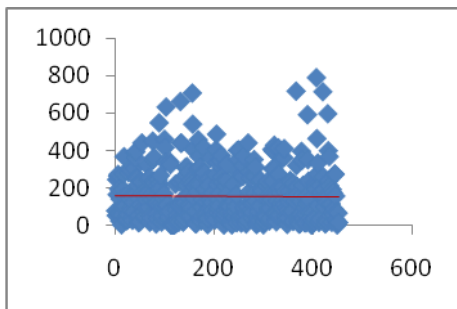
Resultados e Discussão

Precipitação

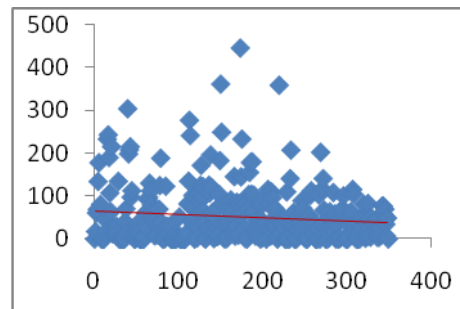
Os municípios de Maceió, Arapiraca, Batalha, Limoeiro de Anadia, Passo de Camaragibe, Piaçabúçu, Piranhas e Santana do Mundaú apresentaram tendência de diminuição na série de precipitação (Figura 2). Já Atalaia, Jacuípe, Murici, São Brás e São

Miguel dos Campos apresentaram tendência de aumento de precipitação.

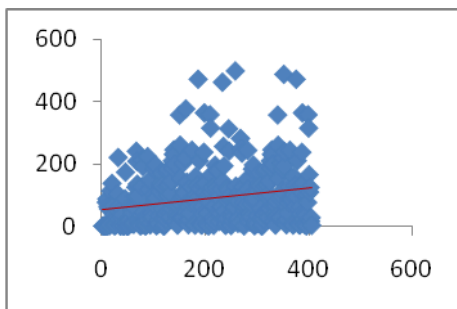
As maiores tendências de diminuição ocorreram em Santana do Mundaú (-10,5996 mm/ano) e em Arapiraca (-0,97 mm/ano), ambas no Agreste alagoano. Tendências de aumento de precipitação foram maiores em Atalaia, São Miguel dos Campos (ambos na Mata alagoana) e São Brás (Centro Sul alagoano).



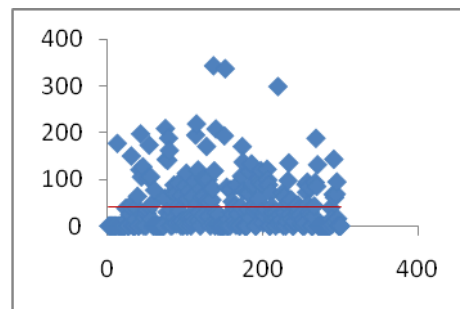
Maceió



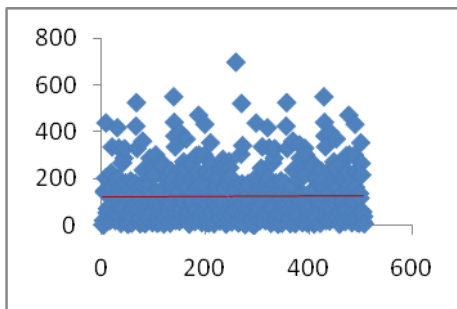
Arapiraca



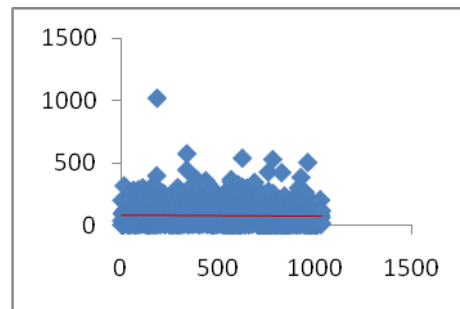
Atalaia



Batalha



Jacuípe



Limoeiro de Anadia

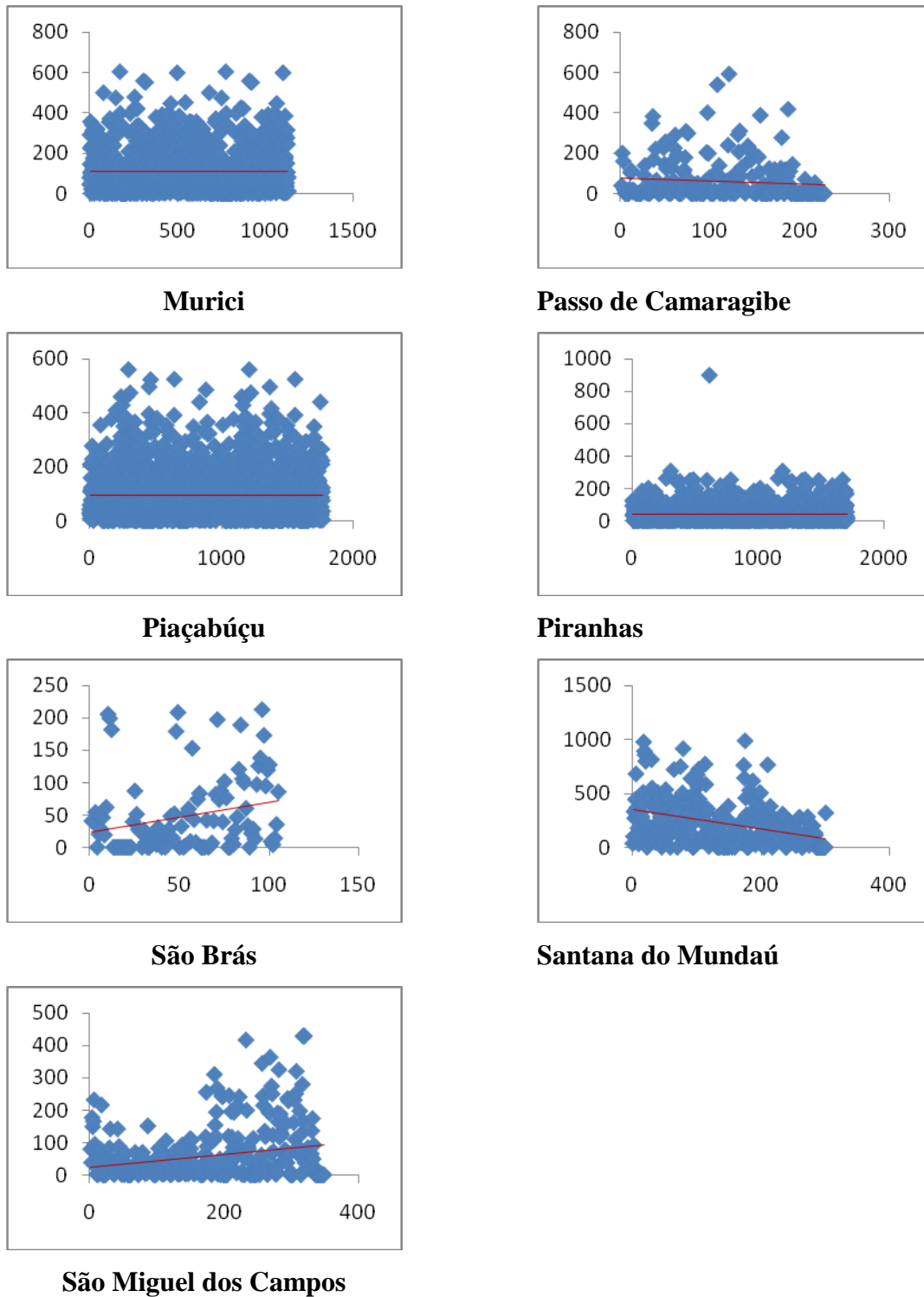


Figura 2. Tendências nas séries de precipitação em municípios de Alagoas. Os eixos mostram pares de valores de precipitação.

Tabela 1. Tendências nas séries de precipitação em Alagoas (mm/ano)

Município	Tendência Anual	Status da tendência	Teste T
Maceió	- 0,2004 mm/ano	Diminuição	Com significância

Arapiraca	- 0,97 mm/ano	Diminuição	Com significância
Atalaia	+ 2,05 mm/ano	Aumento	Com significância
Batalha	- 0,0012 mm/ano	Diminuição	Com significância
Jacuípe	+ 0,084 mm/ano	Aumento	Com significância
Limoeiro de Anadia	- 0,09 mm/ano	Diminuição	Com significância
Murici	+ 0,0036 mm/ano	Aumento	Com significância
Passo de Camaragibe	- 1,8 mm/ano	Diminuição	Com significância
Piaçabúçu	-0,0084 mm/ano	Diminuição	Com significância
Piranhas	- 0,000096 mm/ano	Diminuição	Sem significância
São Brás	+ 5,5572 mm/ano	Aumento	Com significância
Santana do Mundaú	- 10,5996 mm/ano	Diminuição	Com significância
S. Miguel dos Campos	+ 2,394 mm/ano	Aumento	Com significância

Como a tendência de diminuição em Piranhas não apresentou significância estatística (Tabela 1), assim, as tendências de diminuição se encontram preferencialmente ao norte do estado de Alagoas, em direção ao estado de Pernambuco e as tendências de aumento distribuem-se da Mata alagoana ao sul do estado, em direção ao rio São Francisco (Figura 3).

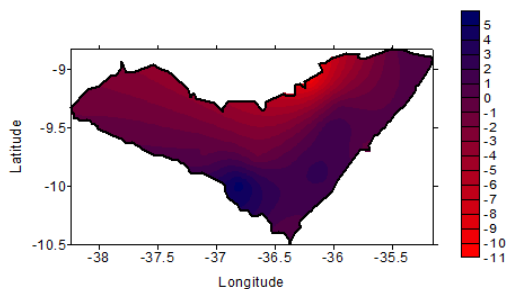


Figura 3. Distribuição espacial das tendências na precipitação de Alagoas

Da Silva (2013, *in prelo*) encontrou tendência de diminuição de precipitação para

três macrorregiões do Ceará e tendência de aumento para outras cinco macrorregiões.

Da Silva e Silva (2011) encontraram tendências de diminuição de precipitação de 2,19 mm/ano no Cariri cearense e de 4,16 mm/ano na Região Metropolitana de Fortaleza.

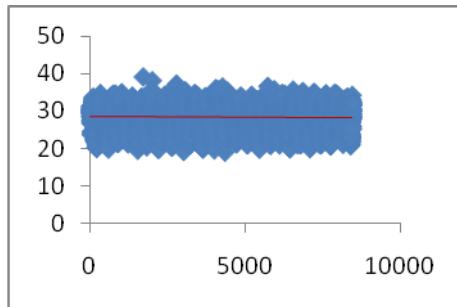
Tendência de diminuição de precipitação também foi observada no Chile por Rusticucci e Penalba (2000). Já tendências de aumento foram encontradas por Haylock et al. (2006) sobre o Nordeste do Brasil, por Santos e Brito (2007) para Paraíba e Rio Grande do Norte e por Campos e Ruivo (2009) para Corumbá (MS), com valor de tendência de 10,56 mm/ano.

Temperatura máxima

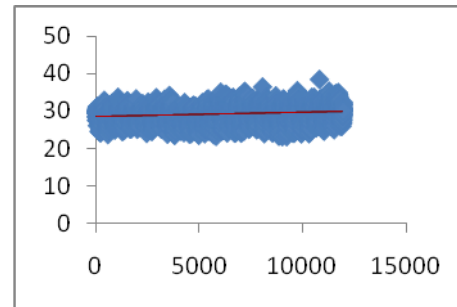
As temperaturas máximas tendem a aumentar em Maceió, Palmeira dos Índios, Pão de Açúcar e Porto de pedras. Das séries analisadas, somente Água Branca, no Alto

Sertão, que apresentou tendência de diminuição nas temperaturas máximas, no entanto, sem significância estatística segundo

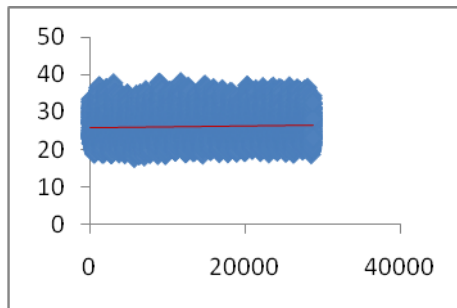
teste de t-Student (Tabela 2 e Figuras 4a a 4e).



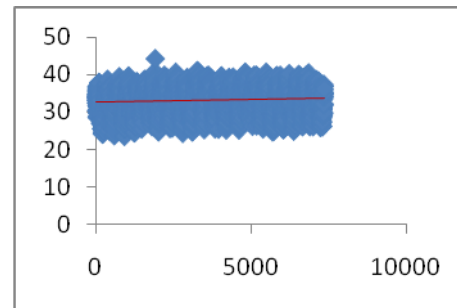
Água Branca



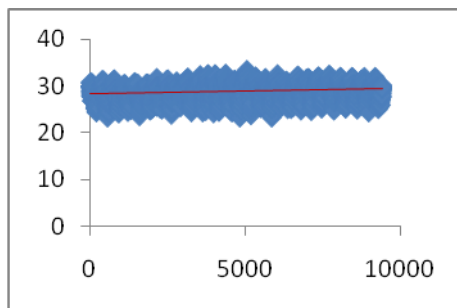
Maceió



Palmeira dos Índios



Pão de açúcar



Porto de pedras

Figura 4. Tendências nas séries de temperatura máxima em municípios de Alagoas. Os eixos mostram pares de valores de temperatura máxima.

Tabela 2. Tendências nas séries de temperatura máxima em Alagoas (°C/ano)

Município	Tendência Anual	Status da tendência	Teste T
Maceió	+ 0,0012 °C/ano	Aumento	Com significância
Água Branca	- 0,00036 °C/ano	Diminuição	Sem significância
Palmeira dos Índios	+ 0,0024 °C/ano	Aumento	Com significância

Pão de Açúcar	+ 0,0012 °C/ano	Aumento	Com significância
Porto de Pedras	+ 0,0012 °C/ano	Aumento	Com significância

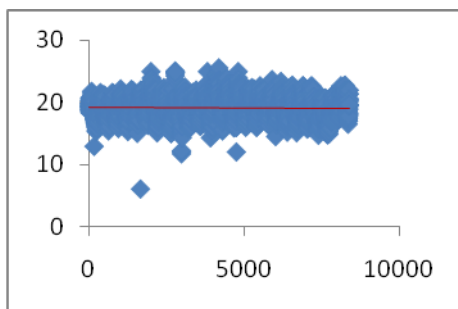
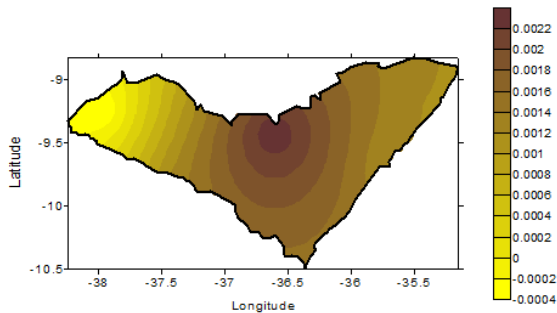
Na maior parte do estado, há tendência de aumento de 0,0012°C /ano e máximo de 0,0024 °C/ano no Agreste alagoano, já na divisa com o estado de Pernambuco, onde anteriormente houve maior tendência de diminuição de precipitação (Figura 5).

Os valores de tendências encontrados aqui foram menores que os observados por Marengo e Camargo (2008), no qual tendências de aumento na temperatura máxima foram na ordem de 0,4 °C/decênio para estações do Sudeste do Brasil.

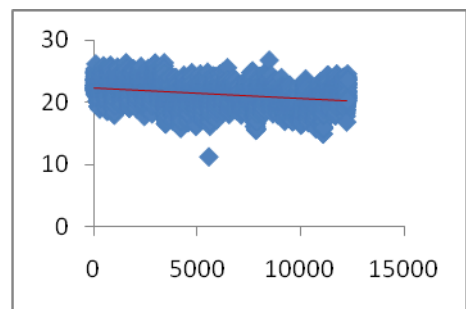
Figura 5. Distribuição espacial das tendências na temperatura máxima de Alagoas

Temperatura mínima

Já as tendências de temperaturas mínimas variaram de -0,0024°C/ano, em Maceió, a +0,0024°C/ano em Porto de Pedras. Tendo Água Branca no Alto Sertão, tendência de -0,00012°C/ano, Palmeira dos Índios, no Agreste, tendência de +0,0006°C/ano e Pão de Açúcar, no Sudeste do estado, fronteira com Sergipe, próximo ao São Francisco, tendência de aumento de 0,0012°C/ano.



Água Branca



Maceió

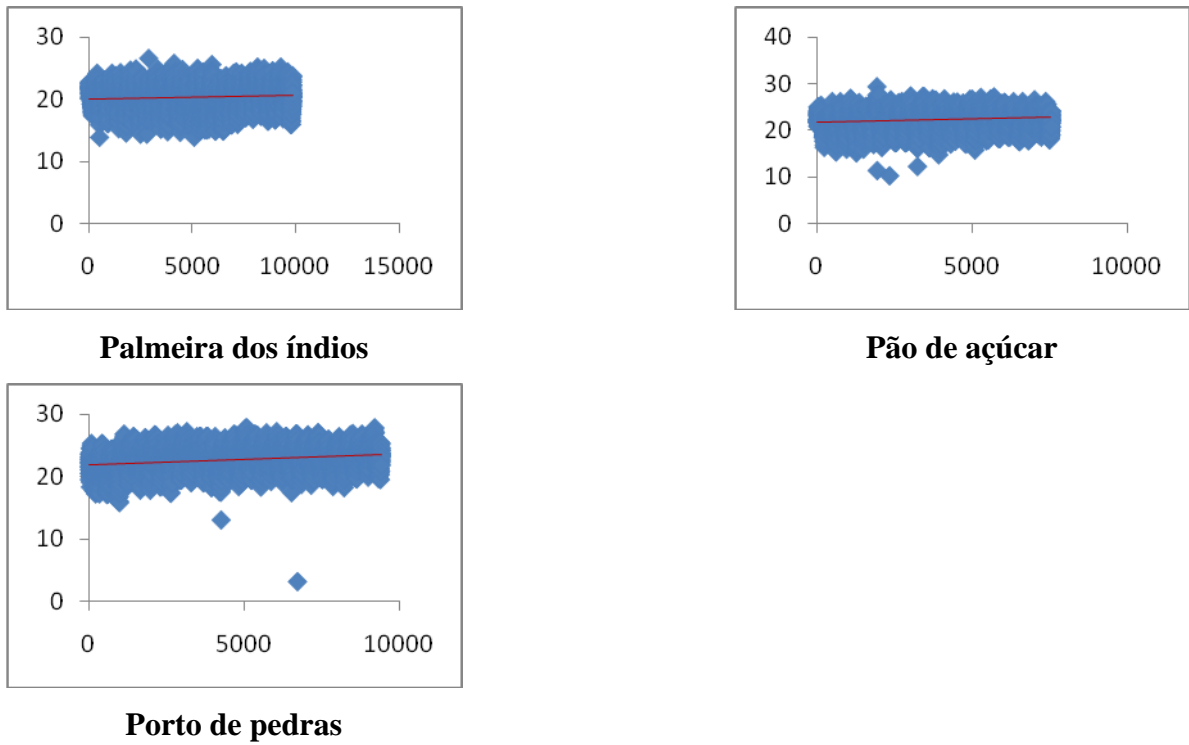


Figura 6. Tendências nas séries de temperatura mínima em municípios de Alagoas. Os eixos mostram pares de valores de temperatura mínima.

Tabela 3. Tendências nas séries de temperatura mínima em Alagoas (°C/ano)

Município	Tendência Anual	Status da tendência	Teste T
Maceió	- 0,0024 °C/ano	Diminuição	Com significância
Água Branca	-0,00012 °C/ano	Diminuição	Sem significância
Palmeira dos Índios	+ 0,0006 °C/ano	Aumento	Com significância
Pão de Açúcar	+ 0,0012 °C/ano	Aumento	Com significância
Porto de Pedras	+ 0,0024 °C/ano	Aumento	Com significância

tendem aumentar no Nordeste do estado e em parte do Sertão alagoano (Figura 7).

Assim, em Maceió, há diminuição das temperaturas mínimas além da tendência de aumento das temperaturas máximas, o que aumenta as amplitudes térmicas locais e acarreta em outras consequências no clima local (Tabela 3). As temperaturas mínimas

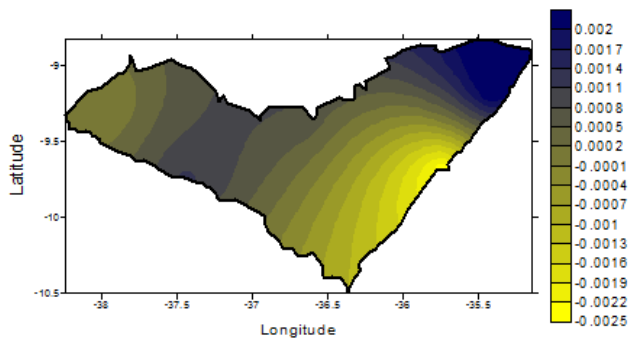


Figura 7. Distribuição espacial das tendências na temperatura mínima de Alagoas

Conclusões

Alguns municípios de Alagoas estudados aqui apresentaram tendência de diminuição na série de precipitação e outros apresentaram tendência de aumento da variável.

As maiores tendências de diminuição de precipitação ocorreram no Agreste alagoano, preferencialmente ao norte do estado de Alagoas, em direção ao estado de Pernambuco. Tendências de aumento de precipitação foram observadas na Mata alagoana e Centro Sul alagoano (Agreste e Agreste do São Francisco).

Na maior parte do estado, há tendência de aumento de $0,0012^{\circ}\text{C}/\text{ano}$ e máximo de $0,0024^{\circ}\text{C}/\text{ano}$ no Agreste alagoano, já na divisa com o estado de Pernambuco, onde anteriormente houve maior tendência de diminuição de precipitação. As tendências de temperaturas mínimas variaram de $-0,0024^{\circ}\text{C}/\text{ano}$, em Maceió, a $+0,0024^{\circ}\text{C}/\text{ano}$ em Porto de Pedras. Em Pão de Açúcar, no Sudeste do estado, fronteira com Sergipe,

próximo ao São Francisco, houve tendência de aumento de $0,0012^{\circ}\text{C}/\text{ano}$.

Com essas conclusões, políticas públicas devem ser adotadas já que a tendência do norte do estado de Alagoas é de diminuir as precipitações e aumentar as temperaturas máximas, ou seja, ficar mais quente e com menos chuvas, o que pode levar a conflitos devido disponibilidade hídrica, ao déficit hídrico, à fuga da população local, à diminuição de atividades agropecuárias etc.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao auxílio financeiro da FUCNCAP através do edital BPI 05-2012 e à Universidade Federal do Ceará, Campus Cariri, pelo auxílio institucional

Referências

- Back, A. J. (2001) Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. *Pesquisa agropecuaria Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726.
- Bertoni, J. C. & Tucci, C. E. M. (1993). *Precipitação Org. Hidrologia: Ciência e Aplicação*, In. Tucci, C. E. M, Edição 3., UFRGS, ABRH, Porto Alegre – RS, Cap. 5, p. 177-200..
- Campos, I. B. P.; Ruivo, B. C., (2009), *Análise da tendência climática para a cidade*

de Corumbá, Mato Grosso do Sul. Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá, 7-11 novembro 2009, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.90-98.

Castro, C. A. C. (2002). Interações Trópicos-Extratrópicos na escala de tempo intra-sazonal durante o verão austral e seus efeitos na América do Sul. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo.

Governo de Alagoas. Acesso em <http://www.governo.al.gov.br/>. Disponível em 25-05-2013.

Da Silva, D. F. (2013). Detection Of Climate Trends In Macroregions Of The Ceará State Using Funceme Data, in prelo.

Da Silva, D.F.; Silva, R.A. (2011). Uso Do Teste De Mann-Kendall Para Detecção De Tendências Climáticas Comparativas Entre Regiões Cearenses. In: IV SIC, 2011, João Pessoa. Anais do IV SIC, 2011.

Hamed, K. H.; Rao, A.R, (1998). A modified Mann-Kendall trend test for auto correlated data. *Journal of Hydrology*, 204:182-196,

Haylock, M. R., *et al.* (2006), Trends in total and extreme South America rainfall in 1960-2000 and links with sea-surface temperatures. *Journal of Climate* 19: 1490-1512.

Kendall, M. G. (1975), Rank correlation measures. Charles Griffin: London, U.K, p.220.

Kayano, M. T.; Kousky, V. E. (1996) Tropical circulation variability with emphasis on interannual and intraseasonal time scales. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 11, n. 1 e 2, p. 06 -17.

Kousky, V. E.; Kayano, M.T. (1994), Principal modes of outgoing longwave radiation and 250-mb circulation for the South American sector. *Journal of Climate*, 7, p.1131-1143.

Liebmann, B., Vera, C. S., Carvalho, L. M. V., Camilloni, I., Hoerling, M. P., Barros, V. R., Báez, J., Bidegain, M., (2004), An observed trend in central South American Precipitation. *Journal of Climate*, 17, 4357-4367.

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

Marengo J.A.; Camargo, C.G. (2008) Surface air temperature trends in southern Brazil for 1960-2002. *Inter. Journal of Climatology*, v. 28: 893-904.

Rusticucci, M., Penalba, O. (2000), Interdecadal changes in the precipitation seasonal cycle over Southern South America

and their relationship with surface temperature. *Climate Research*, 16, 1-15.

Sansigolo, C. A.; Kayano, M. T. (2010), Tendências nas temperaturas máximas e mínimas e nas precipitações sazonais do Rio Grande do Sul (1913-2006). *Anais. Congresso Brasileiro de Meteorologia*.

Santos, D. N. (2008), Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. 2008. 84f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande – PB.

Santos, C. A. C., Brito, J. I. B. (2007), Análise dos índices de extremos para o semi-árido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 22, n. 3, p. 303-312.

Silva, R. A.; Silva, V. P. R.; Cavalcanti, E. P.; Santos, D. N. (2010), Estudo da variabilidade da radiação solar no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n.5, p. 501-509.

Sneyers, R. (1975), Sur l'analyse statistique des series d'observations. Genève: Organisation Météorologique Mondiale, 192 pp, OMM Note Technique, 143.

Von Storch, V.H. (1995), Misuses of statistical analysis in climate research. In HV von Storch and A Navarra (eds), *Analysis of Climate Variability: Applications of Statistical Techniques*, Springer -Verlag, Berlin.

Yevjevich, V., (1972), *Probability and statistics in hydrology*. Fort Collins: Water Resources Publication, 276 p.