Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Monitoramento de secas em municípios do Agreste Paraibano

André Aires de Farias¹; Francisco de Assis Salviano de Sousa²; José Thyago Aires Souza³; Thiago Costa Ferreira⁴; João Miguel Moraes Neto⁵

¹ Dr. em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande-PB. Autor correspondente: e-mail: andreaire61@hotmail.com; ² Dr. em Hidráulica e Saneamento, Professor do Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB; ³ Doutorando em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, UFPB; ⁴ Doutorando em Agronomia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP; ⁵ Dr. em Recursos Naturais, Professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG.

Artigo recebido em 22/04/2016 e aceito em 17/06/2016

RESUMO

Secas são fenômenos naturais que ocorrem com frequência no Semiárido do Brasil (SAB). Diante disso, objetivou-se monitorar as secas que ocorreram nos municípios paraibanos de Areia, Aroeiras, Bananeiras e Boa Vista. Os dados pluviométricos foram obtidos através da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). O "Run Method" foi utilizado com o objetivo de identificar períodos de secas e avaliar suas características, entre elas: duração, déficit hídrico, intensidade, período de retorno e tendência. Para analisar tendência foram utilizados os testes estatísticos t-Student e Mann-Kendall. As secas mais graves, ou seja, aquelas que tiveram maiores durações, déficits hídricos e intensidades nesses municípios ocorreram durante os períodos de 1995-1999, 2012-2014, 2005-2006 e 2010. Da mesma forma, essas secas apresentaram os maiores períodos de retorno, isso significa que é baixa a probabilidade de outras secas com essa gravidade recorrer em curto prazo. Ainda foi possível perceber que houve redução na precipitação média anual em Areia e Bananeiras e aumento em Aroeiras e Boa Vista para a série estudada, mas os valores não foram significativos. Palavras-chave: duração; déficit hídrico; intensidade.

Monitoring of droughts in municipalities of Agreste Paraibano

ABSTRACT

Droughts are natural phenomena that occur frequently in the semiarid region of Brazil (SRB). The aim this work is monitor drought that occurred in the municipalities of the Paraíba: Areia, Aroeiras, Bananeiras and Boa Vista. The rainfall data were obtained through the Agência Executiva for Gestão das Águas (AESAs) of Paraíba State. The "Run Method" was used in order to identify periods of drought and assess its characteristics, including: duration, intensity, water deficit, return period and trend. To analyze trends were used tests t-Student and Mann-Kendall. The more severe droughts, ie those who have had longer durations, water deficits and intensities in these counties occurred during periods of 1995-1999, 2012-2014, 2005-2006 and 2010. Similarly, these droughts had the longest return periods, that means it's low probability of other droughts with this gravity go back to occur in the short term. Can be realized that there was reduction in average rainfall annual Areia and Bananeiras and increase in the cities of Aroeiras and Boa Vista for the series studied, but these values were not significant.

Keywords: duration; water deficit; intensity.

Introdução

A variabilidade e os eventos climáticos extremos ameaçam muitas populações de todo o mundo, alguns estudos indicam que tais variáveis estão aumentando em muitas regiões (Blunden e Arndt, 2012).

Entre os eventos climáticos extremos, a seca aparece como um dos mais impactantes para as questões sociais, econômicas e ambientais. A seca é um fenômeno de início lento, que ocorre quando a precipitação é inferior aos níveis normais registrados. Em função da duração, déficit e

intensidade dos eventos, ela pode ser classificada em quatro tipos: meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica; e quatro categorias: fraca, moderada, severa e extrema.

Ao contrário do início lento das secas, as consequências agem rapidamente, destruindo progressivamente o espaço. Em casos graves, a falta de chuvas provoca a insuficiência do abastecimento de água para as plantas, animais e seres humanos. A seca ainda pode gerar insegurança alimentar, epidemias e deslocamento de populações (Muller, 2014).

O Semiárido brasileiro (SAB) é uma região muito atingida por secas, que ocorrem, na maioria das vezes, por influência da temperatura da superfície dos Oceanos Pacífico e Atlântico. Algumas secas muito graves no século XX ocorreram em 1915, 1932, 1951-1953, 1979-1984, 1987-1988, 1991-1994 e 1998-2000. No século XXI merece destaque a seca de 2012-2016, esta atingiu a maior parte do SAB. Todas essas secas causaram muitos impactos negativos (Farias, 2016).

Kim et al. (2011) dizem que esforços consideráveis de investigação têm sido utilizados para monitorar secas. Vários índices foram desenvolvidos para analisar a severidade da seca a partir de diferentes pontos de vista, ou seja, na perspectiva meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica. Entre eles estão o Índice de severidade de seca de Palmer (ISSP) (Palmer, 1965) e o Índice padronizado de precipitação (IPP) (McKee et al., 1993). Outro método utilizado é o Run, que identifica as seguintes características da seca: duração, déficit hídrico, intensidade, período de retorno e tendência (Cancelliere et al., 1998). Sistemas de monitoramento capazes de detectar e mapear secas em grandes escalas espaciais e com continuidade temporal são essenciais para avaliar a gravidade, extensão da seca e atenuar os seus impactos (Li e Rodell, 2015).

O objetivo deste trabalho foi analisar os eventos de seca que ocorreram nos municípios paraibanos de Areia, Aroeiras, Bananeiras e Boa Vista.

Material e métodos

A área de estudo compreende os municípios de Areia, Aroeiras, Bananeiras e Boa Vista. Todos estes estão inseridos na Mesorregião do Agreste Paraibano. Com relação à Microrregião, Areia e Bananeiras pertencem a do Brejo

Paraibano, Aroeiras a de Umbuzeiro e Boa Vista a de Campina Grande.

Os dados pluviométricos foram obtidos através da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A). Foram utilizados dados de totais mensais precipitados para o período de 1994-2014 dos municípios de Areia, Aroeiras, Bananeiras e Boa Vista. A escolha dos municípios foi pelo interesse em fazer um comparativo entre regiões com diferentes características climáticas, identificando a duração, déficit hídrico, intensidade, período de retorno, tendência e onde ocorre o maior número e as mais intensas secas.

O Run Method foi utilizado com o objetivo de identificar períodos de secas e avaliar suas propriedades estatísticas. De acordo com esse método, um período de seca coincide com um valor de precipitação, definido como uma série consecutiva de intervalos, onde a variável hidrológica permanece abaixo de um valor médio (Yevjevich, 1967). A vantagem de usar o método consiste na possibilidade de identificar as características da seca, como duração, déficit hídrico, intensidade, período de retorno e tendência (Cancelliere et al., 1998).

Dado uma série temporal distinta $h(i)$, $i = 1, 2, \dots, n$ e um nível de truncamento h_0 é possível identificar os desvios positivos e negativos de acordo com a diferença entre os valores observados para a variável e o limiar fixo.

Ao analisar uma seca, é possível identificar as seguintes características:

Duração $L(s)$, definida como o número de intervalos consecutivos em que a variável permaneceu abaixo do limiar;

Déficit hídrico $D(s)$, definido como a soma dos desvios negativos, estendido para todo o período da seca;

Intensidade $ID(s)$, definida como a relação entre o déficit e a duração.

Mais precisamente, $d(i)$ sendo o déficit no intervalo i (Eq. 1):

$$d(i) = [h_0 - h(i)] \cdot I[h(i)] \quad \text{Eq. (1)}$$

em que $I[h(i)] = 1$, se $h(i) < h_0$

$I[h(i)] = 0$, se $h(i) \geq h_0$

A duração da seca foi obtida através da Eq.

2:

$$L(s) = i_f - i_i + 1 \quad \text{Eq. (2)}$$

onde i_f e i_i são tais que: $d(i) > 0$ para $i_i \leq i \leq i_f$ e $d(i_i - 1) = 0$, $d(i_f + 1) = 0$;

O déficit foi obtido por meio da Eq. 3:

$$D(s) \sum_{i=1}^f d(i) \quad \text{Eq. (3)}$$

A Eq. 4 permitiu calcular a intensidade:

$$ID(s) = D(s)/L(s) \quad \text{Eq. (4)}$$

O período de retorno foi calculado a partir das equações 5, 6, 7 e 8:

$$\text{período de retorno}_{\text{duração}} = \frac{E(L)}{1 - F_L(L)} \quad \text{Eq. (5)}$$

$$\text{período de retorno}_{\text{déficit}} = \frac{E(L)}{1 - F_D(d)} \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde L é o período entre os eventos de seca; E(L) é o tempo médio das ocorrências e F_L(L) e F_D(d) são as funções de distribuição de probabilidade cumulativa de duração e déficit da seca, respectivamente. O período de retorno foi dividido em probabilidade de excedência da duração e do déficit (L>l e D>d) e de superação da duração ou do déficit (L>l ou D>d). Para cada condição, as equações 7 e 8 seguem abaixo.

$$\text{período de retorno}_{L>l \text{ e } D>d} = \frac{E(L)}{P(L>l \text{ e } D>d)} = \frac{E(L)}{1 - F_L(l) - F_D(d) + C[F_L(l), F_D(d)]} \quad \text{Eq. (7)}$$

$$\text{período de retorno}_{L>l \text{ ou } D>d} = \frac{E(L)}{P(L>l \text{ ou } D>d)} = \frac{E(L)}{1 - C[F_L(l), F_D(d)]} \quad \text{Eq. (8)}$$

Para identificar tendências na série histórica de precipitação foi analisado o comportamento da precipitação média anual. Esta análise foi feita através da observação visual da figura de variação da precipitação (mm) em função do tempo. Testes estatísticos foram utilizados para dar maior robustez e confiança aos dados. Foram utilizados os testes t-Student (Stevenson, 1981) e Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975).

Resultados e discussão

A análise dos municípios evidenciou um dos grandes problemas com a definição dos conceitos de seca relatados pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1986) e Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e à Seca (UNCCD, 1994). Neste caso específico, isso ocorre porque mesmo os quatro municípios pertencendo a Mesorregião do Agreste Paraibano, as precipitações anuais são muito diferentes. É possível separar os municípios

em dois grupos: Areia e Bananeiras, com média pluviométrica de 1.375 e 1.306 mm e desvio padrão de 341,2 e 377,2 mm. E Aroeiras e Boa Vista, média pluviométrica de 543,7 e 413,1 mm e desvio padrão de 208,9 e 189,4 mm, respectivamente. Isso quer dizer que as secas que ocorreram em Areia e Bananeiras não seriam consideradas como secas em Aroeiras e Boa Vista.

Na cidade de Areia foram identificadas seis secas no período 1994-2014, segunda maior quantidade, que ocorreram em 1995, 1997-1999, 2001-2003, 2005-2006, 2010 e 2012-2014. Anos com chuvas acima da média atingiram o município em 1994, 1996, 2000, 2004, 2007, 2008, 2009 e 2011. É possível observar grande variabilidade temporal da precipitação, com anos chuvosos e secos alternando-se com frequência (Figura 1).

As secas mais graves foram as de 1997-1999, 2012-2014 e 2005-2006. Estas tiveram durações de 3, 3 e 2 anos; déficit hídrico de 931, 637 e 496 mm; e intensidade de 310, 212 e 248 mm/ano, respectivamente, (Tabela 1). Os impactos das secas foram mais intensos para os pequenos agricultores. Isso pôde ser observado, principalmente, em 1997-1999 e 2012-2014. Condições de posse e uso da terra foram os principais motivos que diferenciaram pequenos e grandes agricultores. Com a distribuição desigual de terras no município, como revela o Coeficiente de Gini, quem tinha menos se tornou mais vulnerável, dificultando a exploração da agropecuária durante os anos de secas.

A análise do período de retorno de secas mostra que a probabilidade de ocorrer outra seca com a mesma duração da de 1997-1999 é a cada 29 anos. Seca com duração igual ou superior a de 1997-1999 poderá acontecer em 17 anos. Um déficit hídrico superior a 931 mm poderá ocorrer a cada 22 anos. Com relação aos dados de duração e déficit, é baixíssima a probabilidade da duração ser igual e o déficit hídrico superior ao observado em 1997-1999. O contrário foi obtido para duração igual ou superior e déficit superior. As de 2012-2014 e 2005-2006 obtiveram os seguintes valores: Tr(L=l): 29 e 17; Tr(L=>l): 17 e 11; Tr(D>d): 12 e 9; Tr(L=l, D>d): 60 e 53; e Tr(L=>l, D>d): 15 e 10 anos, respectivamente. As demais secas têm período de retorno menos baixo, ou seja, alta probabilidade de ocorrência (Tabela 1).

Figura 1. Precipitação anual no período de 1994-2014 no município de Areia - PB.

Tabela 1. Duração, déficit hídrico, intensidade e período de retorno de secas no município de Areia - PB.

Início	Fim	Duração (anos)	Déficit (mm)	Intensidade (mm/ano)	Tr(L=l) (anos)	Tr(L=>l) (anos)	Tr(D>d) (anos)	Tr(L=l,D>d) (anos)	Tr(L=>l,D>d) (anos)
1997	1999	3	931	310	29	17	22	203	23
2012	2014	3	637	212	29	17	12	60	15
2005	2006	2	496	248	17	11	9	53	10
2010	2010	1	355	355	11	6	7	69	7
2001	2003	3	291	97	29	17	6	30	11
1995	1995	1	129	129	11	6	5	16	4

O município de Bananeiras apresentou resultados muito próximos aos de Areia, com muitas secas se repetindo nos dois municípios. No entanto, Bananeiras teve a maior quantidade de secas deste estudo, sete. Anos com precipitação

acima da média atingiram o município em 1994, 1997, 2000, 2002, 2004, 2007, 2008, 2009, 2011 e 2014. As secas ocorreram nos anos de 1995-1996, 1998-1999, 2001, 2003, 2005-2006, 2010 e 2012-2013 (Figura 2).

Figura 2. Precipitação anual no período de 1994-2014 no município de Bananeiras - PB.

As secas mais graves do município ocorreram na seguinte sequência: 1998-1999, 2012-2013, 2010, 1995-1996, 2005-2006, 2001 e 2003. As três mais graves tiveram durações de 2, 2 e 1 ano (s); déficit hídrico de 824, 781 e 492 mm; e intensidade de 412, 390 e 492 mm/ano, respectivamente, (Tabela 2).

Os impactos das secas de 1998-1999, 2012-2013 e 2010 em Bananeiras foram graves para o homem do campo, com grandes perdas nas culturas de abacate, alface, banana, batata-doce, caju (castanha), coco, coentro, manga, mamão, maracujá, mandioca, milho e feijão. Também houve redução da pecuária, principalmente bovina. Isso aconteceu porque além da maioria da população residente no meio rural ser pobre, têm propriedades muito pequenas, cria uma grande

quantidade de animais e não armazena água e alimentos em quantidades necessárias para os períodos de seca.

O período de retorno para a ocorrência de seca com a mesma duração das três mais graves é de 16, 16 e 8 anos, respectivamente. Secas com durações iguais ou superiores as três mais graves podem ocorrer em 14, 14 e 7 anos. Com relação ao déficit hídrico, valores maiores que 824, 781 e 492 mm poderão ocorrer novamente em 17, 16 e 8 anos. Cruzando os dados de duração e déficit é pequena a probabilidade da duração ser igual e o déficit hídrico superior aos observados nas três secas mais graves. Isso pode acontecer a cada 127, 102 e 77 anos. Já a possibilidade da duração ser igual ou superior e do déficit ser superior pode ocorrer em 18, 17 e 9 anos, respectivamente, (Tabela 2).

Tabela 2. Duração, déficit hídrico, intensidade e período de retorno de secas no município de Bananeiras - PB.

Início	Fim	Duração (anos)	Déficit (mm)	Intensidade (mm/ano)	Tr(L=l) (anos)	Tr(L=>l) (anos)	Tr(D>d) (anos)	Tr(L=l,D>d) (anos)	Tr(L=>l,D>d) (anos)
1998	1999	2	824	412	16	14	17	127	18
2012	2013	2	781	390	16	14	16	102	17
2010	2010	1	492	492	8	7	8	77	9
1995	1996	2	424	212	16	14	7	25	9
2005	2006	2	317	158	16	14	6	19	8
2001	2001	1	294	294	8	7	6	23	6
2003	2003	1	94	94	8	7	4	9	4

O município de Aroeiras apresentou o menor número de secas desta análise. Foram quatro no total, que ocorreram em 1995-1999, 2001-2003,

2006-2008 e 2012-2013. Chuvas acima da média foram observadas nos anos de 1994, 2000, 2004, 2005, 2009, 2010, 2011 e 2014 (Figura 3).

Figura 3. Precipitação anual no período de 1994-2014 no município de Aroeiras - PB.

As três secas mais graves ocorreram em 1995-1999, 2006-2008 e 2012-2013. Com durações de 5, 3 e 2 anos; déficit hídrico de 640, 467 e 339 mm; e intensidade de 128, 155 e 169 mm/ano, respectivamente, (Tabela 3). As secas mais graves em Aroeiras foram muito impactantes, tanto na agropecuária quanto no cotidiano das famílias. Os agricultores se deslocaram diariamente para obter água e alimentos para pessoas e animais. A dependência da lavoura de subsistência e da pecuária extensiva representa grande parte do valor da renda gerada e dificultou a vida das pessoas. A pequena área das propriedades também explica o insucesso dos empreendimentos econômicos. As secas também foram agravadas pela grande quantidade de animais nas propriedades, pois na maioria das vezes eles superavam a capacidade que as terras tinham de produção de espécies vegetais para alimentá-los, fato que perdura até os dias atuais. Esses motivos tornam a população desprovida de condições para evitar as perdas provocadas pelas secas mais severas.

Duarte (2002) afirma que a situação de penúria provocada pela seca de 1998-1999 levou à indigência a quase totalidade da população rural e grande parte dos moradores das periferias das áreas urbanas do SAB. Algumas características das condições de acesso a terra e das relações de

trabalho predominantes no setor agropecuário dessa região fazem com que a maioria dos agricultores se enquadre na categoria de minifundiários ou pequenos proprietários. Também pode se enquadrar na de trabalhadores sem terra (diaristas, trabalhadores temporários, parceiros, meeiros, moradores ou ocupantes de terras alheias). Os grandes proprietários, além de representar uma minoria, possuem nos seus estabelecimentos rurais fontes de água como poços, cacimbas, açudes, cisternas e barreiros.

A probabilidade de ocorrer seca com a mesma duração das três mais graves é de uma a cada 75, 29 e 17 anos, respectivamente. Devido ao longo período da seca de 1995-1999 é baixíssima a probabilidade de outra seca ocorrer com essa duração. Secas com durações iguais ou superiores às três mais graves podem ocorrer em 46, 17 e 11 anos. Com relação ao déficit hídrico, valores maiores que 640, 467 e 339 mm poderão ocorrer novamente em 30, 17 e 11 anos. Relacionando os dados de duração e déficit, é pequena a probabilidade da duração ser igual e o déficit hídrico superior aos observados nas três secas mais graves. Isso pode acontecer a cada 180, 106 e 75 anos. Já a possibilidade da duração ser igual ou superior e do déficit ser superior pode ocorrer em 45, 20 e 12 anos, respectivamente, (Tabela 3).

Tabela 3. Duração, déficit hídrico, intensidade e período de retorno de secas no município de Aroeiras - PB.

Início	Fim	Duração (anos)	Déficit (mm)	Intensidade (mm/ano)	Tr(L=1) (anos)	Tr(L=>1) (anos)	Tr(D>d) (anos)	Tr(L=1,D>d) (anos)	Tr(L=>1,D>d) (anos)
1995	1999	5	640	128	75	46	30	180	45
2006	2008	3	467	155	29	17	17	106	20
2012	2013	2	339	169	17	11	11	75	12
2001	2003	3	176	58	29	17	7	34	11

Secas foram identificadas em Boa Vista nos anos de 1995-1996, 1998-1999, 2001-2003, 2006-2007 e 2012-2014. Ao todo foram cinco secas, quantidade superior a que ocorreu em Aroeiras. É interessante observar que a maioria das

secas identificadas também ocorreu nos demais municípios, com 40% delas acontecendo durante a década de 1990, 40% na de 2000 e 20% na de 2010 (Figura 4).

Figura 4. Precipitação anual durante 1994-2014 do município de Boa Vista - PB.

As secas mais graves em Boa Vista ocorreram em 1998-1999, 2012-2014 e 2001-2003. As durações delas foram de 2, 3 e 3 anos. O déficit hídrico atingiu 434, 421 e 231 mm durante os anos de secas e as intensidades foram de 217, 140 e 77 mm/ano, respectivamente, (Tabela 4).

Os impactos das secas em Boa Vista foram gravíssimos para o homem do campo. Houve grandes perdas nas culturas de sisal, algodão, milho, feijão e mandioca. Também houve redução da pecuária, principalmente bovina, caprina e ovina. A situação foi agravada porque a agropecuária é de subsistência, isso faz com que o homem do campo não consiga ter reservas de alimento e dinheiro para enfrentar o período de escassez hídrica. Esse tipo de agricultura é muito vulnerável ao fenômeno da seca, pois é totalmente

dependente das chuvas, logo uma modificação na sua distribuição é o suficiente para desorganizar toda a atividade econômica.

A análise mostra que a probabilidade de ocorrer outras secas com as mesmas durações das de 1998-1999, 2012-2014 e 2001-2003 é de um para cada 16, 29 e 29 anos. Secas com duração igual ou superior a essas poderão acontecer em 12, 21 e 21 anos. Estima-se que déficits hídricos maiores que 434, 421 e 231 mm poderão ocorrer a cada 18, 17 e 84 anos, respectivamente. É baixíssima a probabilidade de a duração ser igual e o déficit hídrico superior aos observados em 1998-1999, 2012-2014 e 2001-2003. Duração igual ou superior e déficit superior pode acontecer em 20, 20 e 13 anos. As outras duas secas têm período de

retorno extremamente baixo, ou seja, existe alta probabilidade de recorrência (Tabela 4).

Tabela 4. Duração, déficit hídrico, intensidade e período de retorno de secas no município de Boa Vista - PB.

Início	Fim	Duração (anos)	Déficit (mm)	Intensidade (mm/ano)	Tr(L=l) (anos)	Tr(L=>l) (anos)	Tr(D>d) (anos)	Tr(L=l,D>d) (anos)	Tr(L=>l,D>d) (anos)
1998	1999	2	434	217	16	12	18	314	20
2012	2014	3	421	140	29	21	17	92	20
2001	2003	3	231	77	29	21	84	33	13
1995	1996	2	200	100	16	12	7	26	8
2006	2007	2	198	99	16	12	7	25	8

A Figura 5 evidencia a tendência da precipitação média anual nos quatro municípios estudados. Para os municípios de Areia e Bananeiras observa-se uma tendência de redução

da precipitação média (Figura 5 A e B). O contrário ocorreu com os municípios de Aroeiras e Boa Vista (Figura 5 C e D). Mesmo assim, as secas em Aroeiras e Boa Vista continuam sendo mais graves.

Figura 5. Tendência da precipitação média anual nos municípios de Areia (A), Bananeiras (B), Aroeiras (C) e Boa Vista (D).

As tendências de redução e aumento da precipitação média nos municípios não foram

estatisticamente significativas ao nível de 0,05 para os testes t-Student e Mann-Kendall (Tabela 5).

Tabela 5. Testes estatísticos utilizados para identificar tendências da precipitação média anual nos municípios de Areia, Bananeiras, Aroeiras e Boa Vista.

Areia						
t-Student						
G. liberdade	α	t_c	t_t			
19	0,05	- 0,35	2,09			
M-Kendall						
p	E(p)	r	Var (r)	Z_c	α	Z_t
101	105	- 0,03	0,02	- 0,24	0,05	1,96
Bananeiras						
t-Student						
G. liberdade	α	t_c	t_t			
19	0,05	- 0,25	2,09			
M-Kendall						
p	E(p)	r	Var (r)	Z_c	α	Z_t
103	105	- 0,01	0,02	- 0,12	0,05	1,96
Aroeiras						
t-Student						
G. liberdade	α	t_c	t_t			
19	0,05	0,35	2,09			
M-Kendall						
p	E(p)	r	Var (r)	Z_c	α	Z_t
104	105	0	0,02	- 0,06	0,05	1,96
Boa Vista						
t-Student						
G. liberdade	α	t_c	t_t			
19	0,05	0,15	2,09			
M-Kendall						
p	E(p)	r	Var (r)	Z_c	α	Z_t
110	105	0,04	0,02	0,3	0,05	1,96

Conclusões

1). O município de Bananeiras apresentou o maior número de secas, sete, seguido por Areia (seis), Boa Vista (cinco) e Aroeiras (quatro). Apesar de Aroeiras ter apresentado a menor quantidade, a seca mais longa ocorreu nesse município, com início em 1995 e término em 1999, durando 5 anos.

2). As secas mais graves, àquelas com as maiores durações, déficits hídricos e intensidades, ocorreram nos períodos de 1995-1999, 2012-2014, 2005-2006 e 2010. Também apresentaram os maiores períodos de retorno. Isso significa que a probabilidade de recorrência com essas gravidades no curto prazo é baixa. As secas desses períodos ocorreram de forma diferenciada, Areia e Bananeiras apresentaram precipitações maiores, quando comparadas com as de Aroeiras e Boa Vista. Em virtude disso, os maiores impactos

provocados pelas secas foram verificados nas duas últimas cidades. Além das baixas precipitações, as questões socioeconômicas e estruturais das propriedades tornam a população de Aroeiras e Boa Vista muito vulneráveis à seca extrema.

3). Os testes estatísticos apresentaram resultados não significativos para o estudo de tendência da precipitação durante a série analisada.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa ao primeiro autor.

Referências

Blunden, J., Arndt, D. S., 2012. State of the climate in 2011. Bulletin of the American Meteorological Society 93, 1-264.

- Cancelliere, A., Ancarani, A., Rossi, G., 1998. Distribuzioni di probabilità delle caratteristiche di siccità. Catania 9-12, 327-340.
- Duarte, R. S., 2002. Do desastre natural à calamidade pública: a seca de 1998-1999. Fortaleza: Banco do Nordeste. Recife: Fundação Joaquim Nabuco. 144p.
- Farias, A. A. 2016. Caracterização e análise das secas na sub-bacia hidrográfica do Rio Taperoá e avaliação dos impactos e ações de convivência com a seca de 2012-2014 no município de Taperoá-PB. 2016. 185f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande.
- Kendall, M. G., 1975. Rank correlation methods. 4th ed. Charles Griffin: London.
- Kim, D. W., Byun, H. R., Choi, K. S., Oh, S. B., 2011. A spatiotemporal analysis of historical droughts in Korea. Journal of Applied Meteorology and Climatology 50, 1895-1912.
- Li, B., Rodell, M., 2015. Evaluation of a model-based groundwater drought indicator in the conterminous U.S. Journal of Hydrology 526, 78-88.
- Mann, H. B., 1945. Non-parametric test against trend. Econometrica 13, 245-259.
- Mckee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eighth Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society, 179-186.
- Muller, J. C. Y., 2014. Adapting to climate change and addressing drought – learning from the red cross red crescent experiences in the Horn of Africa. Weather and Climate Extremes 3, 31-36.
- Palmer, W. C., 1965. Meteorological drought. Washington. (US Weather Bureau Res. Nº 45). 58p.
- Stevenson, W. J., 1981. Estatística aplicada à administração. Harper e Row do Brasil. São Paulo.
- United Nations Convention to Combat Drought and Desertification (UNCCD), 1994. United Nations Convention to Combat Drought and Desertification in Countries Experiencing Serious Droughts and/or Desertification. Particularly in Africa. Paris.
- World Meteorological Organization (WMO), 1986. Report on Drought and Countries Affected by Drought During 1974–1985. WMO, Geneva, 118p.
- Yevjevich, V., 1967. An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic drought. Hydrology paper. n. 23. Colorado State University, Colorado.