

DETERMINAÇÃO DE FREQUÊNCIAS DE EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

Célia Campos Braga

Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, celia@dca.ufcg.edu.br

Bernardo Barbosa da Silva

Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, bernardo@dca.ufcg.edu.br

Francisco das Chagas Nascimento Araújo

Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, francisconfisica@ufersa.edu.br

Francisco de Assis Salviano de Sousa

Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, fassis@dca.ufcg.edu.br

Milena Pereira Dantas

Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, milena@dca.ufcg.edu.br

RESUMO

A seca é um dos fenômenos climáticos que mais causa danos à agricultura de uma determinada região, provocando sérios impactos sociais, econômicos e ambientais. A região Nordeste do Brasil, apesar de chover consideravelmente, a parte semiárida, é periodicamente afetada pela ocorrência de secas comprometendo o abastecimento de água devido, principalmente, à irregularidade da estação chuvosa. O presente trabalho objetiva detectar e analisar eventos de seca e chuva no Maranhão. Determinaram-se regiões de homogêneas do Standardized Precipitation Index (SPI) na escala sazonal (SPI-6) para séries climatológicas de 1987 a 2013. A análise do SPI na escala semestral mostrou que as décadas 1990 a 2000 apresentaram as maiores frequências de eventos secos. Na RH1 as maiores secas ocorreram de set/91 a jun/93, com 22 meses e a RH5 de nov/90 a out/93 com 36 meses. Os eventos chuvosos em RH1 ocorrem de jan/88 a maio/90 (29 meses) e na RH5 mar/96 a ago/97 89 (18 meses). Observa-se que no geral a região RH1 possui mais eventos de seca que chuva, porém de pouca duração. É importante salientar que a maioria dos eventos de seca nas regiões está associada ao fenômeno ENOS.

Palavras-chave: SPI, Chuva, eventos extremos e regiões homogêneas

Introdução

O Estado do Maranhão não se encontra no contexto do polígono das secas, pois apresenta condições climáticas bem definidas, apesar da distribuição espacial e temporal da precipitação ser bastante irregular, concentrando-se em poucos meses comprometendo a produção agrícola da região gerando sérios problemas econômicos e sociais. Por estar localizado em uma região de transição recebe influências das características climáticas do semiárido nordestino, da Amazônia quente e úmida, dos chapadões do Brasil central e atuação de sistemas meteorológicos, e ainda da influência das condições dos Oceanos Atlântico e Pacífico Tropical. Outro aspecto relevante é diversidade de ecossistemas que compõem o seu espaço geográfico, onde são encontradas áreas com formações de floresta, várzeas, cerrado, manguezais, dunas, chapadões, etc. (Menezes, 2009). Uma análise da variabilidade das precipitações em diferentes escalas de tempo é importante tanto no ponto de vista hidrológico quanto ecológico, pois nas regiões de florestas a intensidade de frequência das secas não se quantifica simplesmente com os totais médios anuais. Mckee et al. (1993) em seus estudos propuseram um índice denominado Standardized Precipitation Index (SPI) que permitisse quantificar a precipitação em diferentes escalas de tempo.

A cada valor de precipitação, corresponde um valor de SPI, que é diretamente proporcional ao déficit de precipitação e está associado a sua probabilidade de ocorrência. Esse índice focaliza

eventos chuvosos/secos severos, extremos e muitos extremos de uma determinada região. Seiler et al. (2002) usaram o SPI para estudar as inundações ocorridas na província de Córdoba, Argentina. Os resultados mostraram que o SPI é eficaz para monitorar risco climático regional. Min et al. (2003) usaram o SPI da precipitação mensal e do CRU (com resolução horizontal de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$) para estudar as relações espaciais e temporais da ocorrência e intensidade das secas na Coreia e no leste Asiático. Os autores verificaram que a frequência de ocorrência de secas na Coreia vem aumentando a partir da década 1980. Altamirano (2010) utilizou dados do SPI para região sul da Amazônia e norte do Brasil para definir períodos secos e chuvosos nas referidas regiões. Neste contexto, o presente trabalho visa analisar e determinar frequências de eventos extremos de seca e chuva em regiões homogêneas no estado do Maranhão situado no Nordeste do Brasil.

Dados e metodologia

A partir de séries mensais de 84 estações meteorológicas no período de 1987-2013, calculou-se o SPI-6 e determinaram-se as regiões homogêneas do SPI-6 para o Maranhão, a partir da análise de agrupamento proposta por Ward, em 1963 (Gong e Richman,1995; Wilks ,2006). Fez-se a média das séries históricas dos SPI-6 de cada uma das regiões homogêneas do Estado conforme (Figura 1). O SPI foi obtido a partir da metodologia desenvolvida por (Mckee et al.1993) que tem por objetivo monitorar e analisar as secas em escalas de tempo, utilizando apenas dados de precipitação. O SPI é determinado a partir das funções de densidade de probabilidade que descreve as séries temporais em diferentes escalas de tempo, por exemplo, 1, 3, 6 e 12 meses. Conhecida a distribuição de probabilidade acumulada, a chance de uma quantidade de precipitação observada é obtida e o SPI é calculado usando a distribuição inversa (Mckee et al., 1995). Para fins de ajuste da precipitação, consideraram-se as distribuições de probabilidade gama incompleta e Gaussina (normal) para distintas escalas de tempo (Edwards e Mckee, 1997; Altamirando, 2010; Sansigolo, 2004). Neste estudo utilizou-se a probabilidade das precipitações acumuladas na escala de 6 meses, as quais foram ajustada pela distribuição normal, ou seja:

$$SPI = z_i = (P_i - \bar{P}) / \sigma_i, \text{ em que } P_i \text{ é a precipitação observada, } \bar{P}$$

Precipitação média e σ_i desvio padrão da série ajustada.

A classificação é feita com base nos limites proposto por Mckee et al. (1993) indicados na Tabela I. Este método não somente permite caracterizar as secas, mas também os períodos mais úmidos. Também tem a grande vantagem de padronizar a análise, permitindo comparar regiões totalmente distintas, como por exemplo, regiões com climas mais úmidos e chuvosos com regiões mais áridas e secas.

Tabela I. Classificação do Índice de Precipitação Padronizada (SPI) proposto por Mckee et al. (1993)

SPI	Classificação
$\geq 2,00$	Extremamente úmido
1,00 a 1,99	Muito úmido
0,50 a 0,99	Moderadamente úmido
0,49 a -0,49	Próximo ao normal
-0,50 a -0,99	Moderadamente seco
-1,00 a -1,99	Muito seco
$\leq - 2,00$	Extremamente seco

Resultados e discussão

A seguir serão mostrados apenas os resultados obtidos para duas regiões homogêneas do SPI -6, uma na região norte e outra na região sul do estado do Maranhão - Nordeste do Brasil (Figura 1).

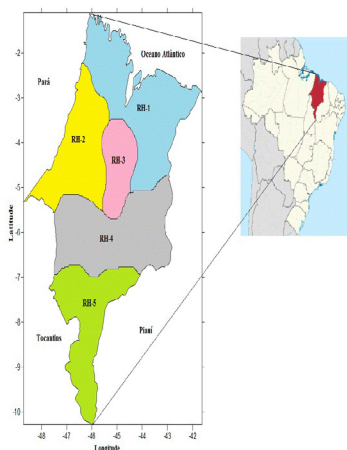
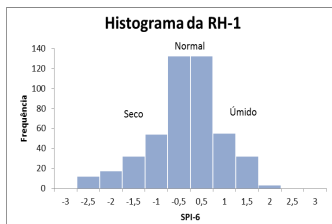


Figura 1. Regiões homogêneas do SPI-6 no estado do Maranhão-Brasil, usando a análise de agrupamento de Ward, em 1963 (Wilks, 2006)

As Figuras 2 e 3 ilustram os histogramas de frequência das categorias dos eventos secos e chuvosos do SPI-6 para a região RH1(norte) e RH5(sul) no Maranhão, respectivamente. Como os dados são ajustados para uma distribuição normal, a distribuição tem um comportamento assimétrico. As Tabelas 2 e 3 mostram os resultados das características (início, fim, duração e índice médio) dos eventos secos e chuvosos que ocorreram nas duas regiões selecionadas do SPI-6. Observa-se que, na Tabela II, correspondente a a RH-1(Norte), ocorreram em média 17

eventos de seca e 10 chuvosos. As maiores seqüências médias de seca ocorreram nas décadas de 1990 e 2000, perdurando cada uma 22 meses, ou seja, uma de set91 a jun93 e a outra de set05 a jun07. Valores médios do SPI-6 indicaram intensidades de secas moderadas, fraca e normal variando de -0,30 a -1,18. A maior seqüência chuvosa de 29 meses ocorreu na década de jan/88 a maio/90 com intensidade média de 1,47 e máximo médio de 1,94. Nos demais meses, os eventos chuvosos foram, de acordo com o SPI-6, classificados em chuva fraca e normal, com média de 0,07 a 0,82. Embora tenham ocorrido mais eventos de seca do que de chuva, as secas foram menos intensa. De acordo com a climatologia da chuva da região Nordeste, as secas que ocorrem na RH1 são influenciadas diretamente pela atuação do fenômeno de El Niño (Hastenrath & Heller 1977; Molion & Bernardo 2002). Como está indicada na Tabela III, a RH5 situada no sul do Estado tem regime climático diferenciado da RH1. Nessa região a maior seca com duração de 36 meses ocorreu nos meses de nov90 a out93 com intensidade média SPI de -1,24 e máxima de -2,30, enquanto que os eventos de chuva ocorreram por 21 meses, de abr10 a dez11 com média de 0,86 e máximo médio de 1,75. Identificaram-se secas fraca, moderada e normal com média de -0,30 a -1,58 e de chuva fraca, moderada e normal de 0,10 a 1,53. Pelo exposto, observa-se que o sul do Estado é bem mais seco que o norte. A análise dos histogramas de frequências mostra claramente que a intensidade das secas na região Sul é maior que na Norte. Por exemplo, em média, na RH1 ocorrem 56 meses muito seco oscilando entre -1,15 a -1,24, enquanto na RH5 registraram-se 76 meses muito seco que variaram entre -1,17 a -1,58. O regime pluviométrico dessa região é mais influenciado pela Zona Convergência do Atlântico Sul e Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), as maiores das chuvas registradas são de novembro a abril (Kousky e Gan, 1981; Carvalho et al., 2004).



SEQUÊNCIA SECA DO SPI - 6					SEQUÊNCIA CHUVOSA DO SPI - 6				
INÍCIO	FIM	DURAÇÃO	PICO MÁXIMO	MÉDIA	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO	PICO MÁXIMO	MÉDIA
fev/87	jul/87	6	-0,64	-0,47	ago/87	set/87	2	0,12	0,07
out/87	dez/87	3	-0,64	-0,3	jan/88	mai/90	29	1,94	1,47
jun/90	nov/90	6	-1,2	-0,72	dez/90	ago/91	9	1,16	0,76
set/91	jun/93	22	-2,44	-1,24	out/93	out/95	25	1,31	0,82
nov/95	mar/96	5	-0,6	-0,29	mar/97	mai/97	3	0,09	0,04
mai/96	dez/96	8	-1,25	-0,52	mar/98	abr/98	2	0,07	0,04
jun/97	dez/97	7	-1,57	-0,83	dez/99	mar/00	4	0,66	0,48
mai/98	set/99	17	-0,85	-0,28	dez/00	fev/01	3	0,36	0,27
abr/00	nov/00	8	-0,75	-0,29	fev/02	ago/02	7	0,71	0,43
mar/01	out/01	8	-0,67	-0,39	mar/03	ago/03	6	0,69	0,38
dez/01	jan/02	2	-0,75	-0,62					
set/02	fev/03	6	-1,41	-0,79					
set/03	jul/05	23	-1,79	-0,52					
set/05	jun/07	22	-2,45	-0,97					
set/08	mar/09	7	-1,49	-0,68					
nov/09	dez/10	14	-2,1	-1,18					
nov/11	jun/13	20	-2,3	-1,15					

Figura 2. Histograma de frequência do SPI-6 para a região 1

CAPÍTULO 3.2: RISCOS CLIMÁTICOS E HIDROLÓGICOS

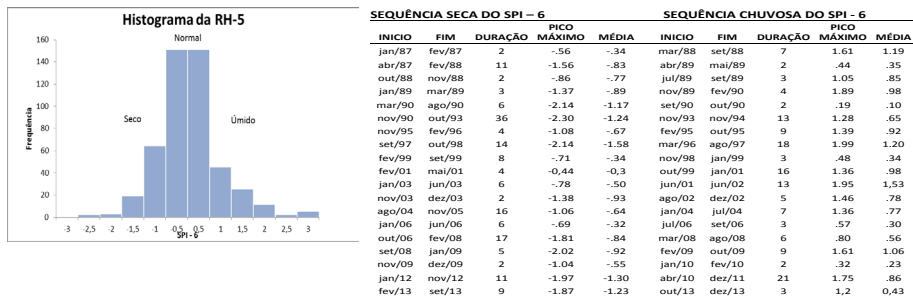


Figura 3. Histograma de frequência do SPI-6 para a região 5

Tabela II. Características dos eventos secos e chuvosos obtidas pelo SPI-6 para região RH-1

SEQUÊNCIA SECA DO SPI - 6					SEQUÊNCIA CHUVOSA DO SPI - 6				
INICIO	FIM	DURAÇÃO	PICO MÁXIMO	MÉDIA	INICIO	FIM	DURAÇÃO	PICO MÁXIMO	MÉDIA
fev/87	jul/87	6	-0,64	-0,47	ago/87	set/87	2	0,12	0,07
out/87	dez/87	3	-0,64	-0,3	jan/88	mai/90	29	1,94	1,47
jun/90	nov/90	6	-1,2	-0,72	dez/90	ago/91	9	1,16	0,76
set/91	jun/93	22	-2,44	-1,24	out/93	out/95	25	1,31	0,82
nov/95	mar/96	5	-0,6	-0,29	mar/97	mai/97	3	0,09	0,04
mai/96	dez/96	8	-1,25	-0,52	mar/98	abr/98	2	0,07	0,04
jun/97	dez/97	7	-1,57	-0,83	dez/99	mar/00	4	0,66	0,48
mai/98	set/99	17	-0,85	-0,28	dez/00	fev/01	3	0,36	0,27
abr/00	nov/00	8	-0,75	-0,29	fev/02	ago/02	7	0,71	0,43
mar/01	out/01	8	-0,67	-0,39	mar/03	ago/03	6	0,69	0,38
dez/01	jan/02	2	-0,75	-0,62					
set/02	fev/03	6	-1,41	-0,79					
set/03	jul/05	23	-1,79	-0,52					
set/05	jun/07	22	-2,45	-0,97					
set/08	mar/09	7	-1,49	-0,68					
nov/09	dez/10	14	-2,1	-1,18					
nov/11	jun/13	20	-2,3	-1,15					

Tabela III. Características dos eventos secos e chuvosos obtidas pelo SPI-6 para região RH-5

SEQUÊNCIA SECA DO SPI - 6					SEQUÊNCIA CHUVOSA DO SPI - 6				
INICIO	FIM	DURAÇÃO	PICO MÁXIMO	MÉDIA	INICIO	FIM	DURAÇÃO	PICO MÁXIMO	MÉDIA
jan/87	fev/87	2	- .56	-.34	mar/88	set/88	7	1.61	1.19
abr/87	fev/88	11	-1.56	-.83	abr/89	mai/89	2	.44	.35
out/88	nov/88	2	-.86	-.77	jul/89	set/89	3	1.05	.85
jan/89	mar/89	3	-1.37	-.89	nov/89	fev/90	4	1.89	.98
mar/90	ago/90	6	-2.14	-1.17	set/90	out/90	2	.19	.10
nov/90	out/93	36	-2.30	-1.24	nov/93	nov/94	13	1.28	.65
nov/95	fev/96	4	-1.08	-.67	fev/95	out/95	9	1.39	.92
set/97	out/98	14	-2.14	-1.58	mar/96	ago/97	18	1.99	1.20
fev/99	set/99	8	-.71	-.34	nov/98	jan/99	3	.48	.34
fev/01	mai/01	4	-0,44	-0,3	out/99	jan/01	16	1.36	.98
jan/03	jun/03	6	-.78	-.50	jun/01	jun/02	13	1.95	1,53
nov/03	dez/03	2	-1.38	-.93	ago/02	dez/02	5	1.46	.78
ago/04	nov/05	16	-1.06	-.64	jan/04	jul/04	7	1.36	.77
jan/06	jun/06	6	-.69	-.32	jul/06	set/06	3	.57	.30
out/06	fev/08	17	-1.81	-.84	mar/08	ago/08	6	.80	.56
set/08	jan/09	5	-2.02	-.92	fev/09	out/09	9	1.61	1.06
nov/09	dez/09	2	-1.04	-.55	jan/10	fev/10	2	.32	.23
jan/12	nov/12	11	-1.97	-1.30	abr/10	dez/11	21	1.75	.86
fev/13	set/13	9	-1.87	-1.23	out/13	dez/13	3	1,2	0,43

Conclusões

A aplicação da técnica de Análise de Agrupamentos aos dados de SPI-6 da precipitação resultou em 5 regiões homogêneas de SPI-6. As duas regiões selecionadas para estudo evidenciam que as mesmas têm características de eventos extremos diferenciadas, ou seja, na região norte RH1 os eventos secos mais intensos variaram em média de -1,15 a -1,24 (56 meses), enquanto que na região sul RH5 variaram de -1,17 a -1,58 (76 meses), ou seja, na região RH5 predominaram os eventos de seca de maior intensidade de duração. Isto pode estar relacionado com a extensão territorial e a atuação de sistemas meteorológicos. Observa-se no geral que a região RH1 possui mais eventos de seca do que de chuva, porém de curta duração. É importante salientar que a maioria dos eventos de seca nas regiões está associada ao fenômeno ENOS.

Bibliografia

- Altamirano R. J. A. (2010) - *Climatologia dos eventos chuvosos e secos severos, extremos e muito extremos usando o Índice de Precipitação Normalizada (SPI) para as regiões centro-oeste, sudeste e sul do Brasil*. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 168 p.
- Carvalho, L.; Jones, C.; Liebman B. (2004) - The South Atlantic Convergence Zone: intensity, form, persistence, and relationship with intraseasonal to intrannual Activity and Extreme Rainfall. *Journal of Climate*, v. 17, p. 88-108.

- Edwards, D. C.; Mckee, T. B. (1997) - Characteristics of twentieth century drought in the United States at multiple time scales. Colorado State University, Fort Collins, *Climatology Report Number*, n. 2, 155 p.
- Gong, X.; Richman, M. B. (1995) - On the Application of Clusters Analysis to growing season precipitation data in North America East of the Rockies. *Journal of Climate*, v. 8, p. 897-924.
- Hayes, M. J.; Svoboda, M. D.; Wilhite, D. A. & Vanyarkho, O. V. (1999) - Monitoring the 1966 drought index using the standardized precipitation index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Boston, v. 80, n. 3.
- Hastenrath, S.; Heller, L. (1977) - Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quartely Journal of the Royal Meteorological Society*, 103(435):77-92.
- Kousky, V. E.; Gan, M. A. (1981) - Upper tropospheric cyclonic vortices the tropical South Atlantic. *Tellus*, v. 33, n. 6, p. 538-551.
- Li, W.; Fu, R.; Juarez, N.; Fernandes, K. (2008) - Observed change of the standardized precipitation index, its potential cause and implications to future climate change in the Amazon region. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, v. 363, p. 1767-1772.
- Loyd-Hughes, B; Saunders, M. (2002) - A drought climatology for Europe. *International Journal of Climatology*, v. 22, p. 1571-1592.
- Mckee, T. B.; Doesken, N. J.; Kleist, J. (1993) - The relationships of drought frequency and duration to time scales. 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, CA. Preprints. *Bull. American Meteorological Society*, p. 179-184.
- Mckee, T. B.; Doesken, N. J.; Kleist, J. (1995) - Drought monitoring with multiple time scale: 9th Conference on Applied Climatology. Dallas, TX. *Bull. American Meteorological Society*, Boston, p. 233-236.
- Menezes, R. H. N. (2009) - Caracterização agroclimática e análise do rendimento agrícola do Estado do Maranhão, Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande. 168 p.
- Min, S. K.; Kwon, W. T.; Park, H.; Choi, Y. (2003) - Spatial and temporal comparisons of drought over Korea with east Asia. *International Journal of Climatology*, v. 23, p. 223-233.
- Molion, L. C. B.; Bernardo, S. O. (2002) - Uma Revisão da Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 17, p. 1-10.
- Wilks, D. S. (2006) - *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. 2.ed. London, Academic Press, 649 p.
- Sansigolo, C. A. (2004) - Análise comparativa do desempenho dos índices de seca de Palmer (PDSI) e da precipitação normalizada (SPI) em Piracicaba, SP (1971-2001). *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 19, n. 3, p. 237-242.
- Seiler, R. A. Hayes, M.; Bressan, L. (2002) - Using the standardized precipitation index for flood risk monitoring. *International Journal of Climatology*, v. 22, p. 1365-1376.
- Sequeira, I. (2006). *Análise do SPI em Portugal Continental e sua comparação com o Palmer Drought Severity Index (PDSI)*. Tese de Licenciatura em Meteorologia. Universidade de Lisboa, Portugal.