



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Classificação de Eventos Extremos de Precipitação em Múltiplas Escalas de Tempo em Belém-PA: Utilizando o Índice de Precipitação Normalizada

Sérgio Rodrigo Quadros Dos Santos¹, Célia Campos Braga², Ana Paula Paes dos Santos³, José Ivaldo Barbosa de Brito⁴ e Thamiris Luiza de Oliveira Brandão Campos⁵

¹Doutorando, Programa de Pós- Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Avenida dos Astronautas - Jardim da Granja- CEP: 12227-010, São José dos Campos, SP – Brasil. sergiosanmtos@yahoo.com.br autor correspondente.

²Professora Associada, Programa de Graduação e Pós Graduação Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó – CEP: 58429-140, Campina Grande, PB Brasil. celia@dca.ufcg.edu.br

³Doutoranda, Programa de Pós- Graduação em Ciencia do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Avenida dos Astronautas - Jardim da Granja- CEP: 12227-010, São José dos Campos, SP – Brasil. ana.santos@inpe.br

⁴Professor Adjunto, Programa de Graduação e Pós Graduação Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó – CEP: 58429-140, Campina Grande, PB Brasil. ivaldo@dca.ufcg.edu.br

⁵Doutoranda, Programa de Pós- Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Avenida dos Astronautas - Jardim da Granja- CEP: 12227-010, São José dos Campos, SP – Brasil. thamiris_brandao@yahoo.com.br

Artigo recebido em 25/03/2014 e aceito em 29/09/2014

RESUMO

O Índice de Precipitação Normalizada (SPI) é utilizado para quantificar o déficit e/ou excesso de precipitação nas múltiplas escalas de tempo. Ele tem se mostrado bastante útil no monitoramento da precipitação, principalmente pela sua flexibilidade, simplicidade de cálculo e interpretação. Desta forma este estudo tem como objetivo quantificar os eventos extremos secos e chuvosos na cidade de Belém-PA nas escalas de tempo de 3, 6 e 12 meses por meio do SPI. Para isto, utilizaram-se dados mensais de precipitação provenientes da estação meteorológica de superfície do INMET no período de 1980-2011. Os resultados mostraram que a escala de tempo do SPI é inversamente proporcional à frequência dos eventos de chuva e seca. Os SPIs 3, 6 e 12 mostraram mais eventos secos do que chuvosos para a cidade e a maioria dos eventos de chuva e seca estavam associados, principalmente, ao fenômeno ENOS.

Palavras-chave: Belém, SPI, Evento Extremo.

Classification of extreme precipitation events in multiple time scales in Belém, PA: using the standardized precipitation index

ABSTRACT

The Standardized Precipitation Index (SPI) is used to quantify the deficit/ excess rainfall at multiple time scales. It has been very useful in monitoring of precipitation, mainly because of its flexibility, ease of calculation and interpretation. Thus this study aims to quantify the extreme wet and dry events in the city of Belém-PA in time scales of 3, 6 and 12 months by SPI. For this, we used monthly precipitation data from meteorological station at the INMET in the period 1980-2011. The results show that the timescale of the SPI is inversely proportional to the frequency of rain and dry events. The SPIs 3.6 and 12 showed driest events that rainy events to the city and most of the rainfall and drought events were associated, mainly, with the ENSO phenomenon.

Keywords: Belém, SPI, Extreme Event.

Introdução

Eventos extremos de precipitação são observados na Região Amazônica e têm sido cada vez mais estudados devido aos impactos que causam, como

por exemplo os prejuízos às atividades econômicas e sociais (MARENGO *et al.*, 2008; NEVES *et al.*, 2011; LOPES *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2013). A cidade de Belém está localizada na Região Amazônica, mais

precisamente, no nordeste do estado do Pará e devido a sua proximidade com o equador e com o oceano Atlântico, apresenta altos valores de temperatura e umidade.

As chuvas em Belém são moduladas por diversos sistemas meteorológicos que vão desde a mesoescala como as brisa marítima e linhas de instabilidade, até a grande escala como o Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL), Zona de convergência intertropical (ZCIT), Alta da Bolívia, entre outros (COHEN *et al.*, 1995; SOUZA & CAVALCANTI, 2009; BARBOSA, 2005; MOLION, 1987).

Machado *et al.*, (2004) observaram que Belém apresenta um maior número de tempestades severas no fim da estação seca e durante a transição da estação seca para chuvosa, o que coincide com período de intensa atividade de linhas de instabilidade. Isso pode ser explicado pelo fato de que o CAPE (Convective Available Potential Energy) máximo ocorre durante a transição entre a estação seca pra chuvosa e no início da estação chuvosa.

Estudos mais detalhados sobre as características intrínsecas dos eventos extremos têm sido alvos de inúmeras pesquisas (MIN *et al.*, 2003; PICCARRETA *et al.*, 2004; BLAIN, 2010; ZHAI *et al.*, 2010). Neste sentido, o Índice de Precipitação Normalizada (SPI) é amplamente aceito e utilizado pela comunidade científica, por que ele permite determinar a intensidade, o período e a duração de um evento extremo de seca (chuva). Inicialmente McKee *et al.*, (1993) propuseram o índice pra quantificar as secas, mas muitos estudos tem utilizado pra quantificar eventos de chuva (HAYES *et al.*, 1999; WU *et al.*, 2001; BORDI *et al.*, 2004). Hayes *et al.*, (1999) ressalta ainda que o índice pode ser calculado pra qualquer local e em qualquer escala de tempo.

Sönmez *et al.*, (2005) observaram as condições de seca na Turquia durante o período de 1980 a 1990, através da técnica do SPI. O estudo constatou que o sudeste e leste da Anatólia são caracterizados com secas moderadas em intervalos de tempo mais curtos, enquanto que a ocorrência de secas severas também com intervalos curte de tempo, é observada na parte central do País. Em geral, as chuvas diminuem a partir das regiões costeiras em direção ao interior do País.

Zhang *et al.*, (2009) analisaram as condições de chuva e secas na bacia do Rio das Pérolas na China no período de 1960-2005. Para isto utilizaram dados mensais de precipitação de 42 estações meteorológicas e aplicaram o cálculo do SPI e do índice de aridez (I) para a estação chuvosa (abril-setembro) e inverno (dezembro – fevereiro). Os resultados mostram que a bacia do Rio das Pérolas apresenta mais condições de eventos seca na estação chuvosa por outro lado no inverno a bacia apresenta mais condições de eventos chuva tanto para os dois índices. Os resultados deste estudo são úteis para a gestão dos recursos da água da bacia.

Santos *et al.*, (2013) estudaram a frequência de eventos severos e extremos de seca e de chuva na Amazônia utilizando o SPI nas escalas de 6 e 12 meses no período de 1925 a 2000. As séries temporais dos SPIs 6 e 12, mostram longos períodos de oscilação

entre eventos secos e chuvosos. A frequência decenal de ambos SPIs indica variações entre as décadas mais chuvosas e secas. As décadas mais chuvosas e secas são periódicas para as duas escalas de tempo analisadas em todas as estações, exceto a cidade Jauretê.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é quantificar os eventos secos e chuvosos e obter as principais características (início, fim, duração e intensidade) desses eventos na cidade de Belém-PA por meio do SPI. Os resultados encontrados ajudaram a direcionar as atividades mitigatórias aos diferentes setores das atividades econômicas e humanas, reduzindo os impactos causados à sociedade em decorrência dos eventos extremos.

Material e Métodos

Os dados de precipitação utilizados neste trabalho são provenientes do banco de dados de superfície da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na cidade de Belém (01° 27'S; 48° 30' W; 10m). Foram analisados 31 anos de registros mensais, compreendendo o período de 1980 a 2011. Belém possui uma população de 1.393.399 habitantes, é a metrópole localizada mais ao norte do Brasil, possuindo também a maior densidade demográfica da Região Norte (1307,17 hab/km²). A cidade de Belém é classificada como uma das cidades com melhor qualidade de vida do Norte do Brasil (Censo IBGE 2010) (Figura 1).

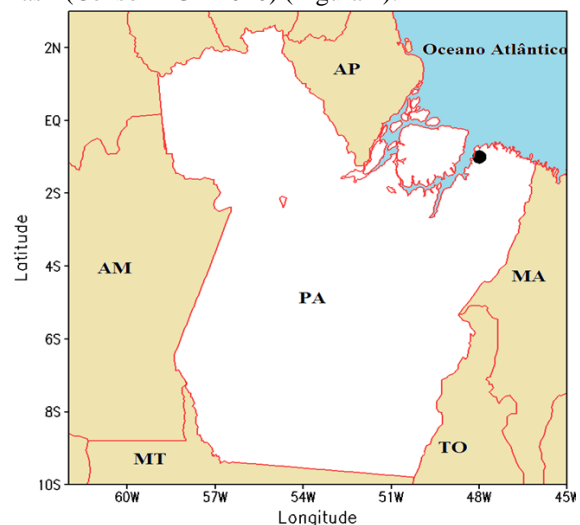


Figura 1 – Localização da área em estudo: o ponto preto assinala a da cidade de Belém no Estado do Pará.

O SPI é um índice calculado normalmente na base dos períodos de tempo selecionados (1, 3, 6, 12, 60 meses) e indica como a precipitação se comportou em relação à climatologia do período em questão. Valores positivos indicam precipitação à cima da média e valores negativos são indicativos de precipitação abaixo da média. Neste estudo foram selecionadas as escalas de tempo do SPI de 3, 6 e 12 meses, para as quais foram construídas médias móveis das séries temporais de SPI centrada nos 12 meses do ano.

De acordo com Santos *et al.*, (2013) o SPI trimestral (SPI-3) reflete as condições de curto prazo, é importante para monitoramento das precipitações sazonais. A escala semestral do SPI (SPI-6) representa os eventos de média duração, é útil para o monitoramento do período de transição entre estação seca e a chuvosa. O SPI anual (SPI-12) reflete padrões de precipitação de longo prazo. É utilizado para monitorar a variabilidade anual e interanual. Deste modo, à medida que a escala temporal aumenta, o SPI responde mais lentamente as mudanças na precipitação (McKee *et al.*, 1993).

Conceitualmente, o SPI é simplesmente a variável reduzida Z_i da distribuição normal da precipitação:

$$SPI = Z_i = \frac{(P_i - \bar{P}_i)}{\sigma_i} \quad (1)$$

Na qual i é a escala de tempo (1, 3, 6, 12 meses); P_i é a precipitação observada; \bar{P}_i e σ_i , respectivamente, a média é o desvio padrão da série ajustada.

Como a precipitação tem uma distribuição assimétrica, os dados são primeiro transformados para uma distribuição normal e em seguida são calculados como demonstrado na Equação (1). Mais detalhes e/ou considerações sobre esse cálculo podem ser encontradas em McKee *et al.* (1993 e 1995), Guttman (1998 e 1999), Hayes *et al.* (1999), Sansigolo (2004), entre outros. Na Tabela 1 são ilustradas as categorias de SPI, de acordo com as descritas por McKee *et al.*, (1993).

Tabela 1 - Classificação dos períodos secos e chuvosos do SPI segundo McKee *et al.*, (1993)

Valores de SPI	Classes
< -2,0	Seca Extrema
-1,99 a -1,50	Seca Severa

-1,49 a -1,0	Seca Moderada
-0,99 a -0,49	Seca Fraca
-0,49 a 0,49	Quase Normal
0,49 a 0,99	Chuva Fraca
0,99 a 1,49	Chuva Moderada
1,49 a 1,99	Chuva Severa
> 2,0	Chuva Extrema

Resultados e Discussão

Na Figura 2 encontram-se as séries temporais do SPI nas escalas de tempo 3, 6 e 12 meses para Belém, no período de 1980 a 2011. Note-se uma boa concordância entre as séries do SPI's. Além disso, percebe também, que o mínimo (máximo) valor observado foi em outubro de 1991 (foi em novembro de 1989), anos que tiveram influência dos fenômenos El niño (La niña). Destaca-se ainda o mínimo observado no SPI-12 em julho de 1983, este ano também esteve associado a um forte El Niño. Em estudo sobre a importância da variabilidade do sinal entre eventos do ENOS, reportado por Souza e Ambrizzi (2002), sobre a América do Sul mostra que as teleconexões da fase quente/fria do ENOS indicam déficit/excesso de precipitação sobre a região amazônica e nordeste brasileiro.

O histograma de frequências das 9 categorias do SPI 3, 6 e 12 meses para a cidade de Belém é ilustrado na Figura 3. De modo geral, observa-se que a frequência dos eventos de chuva e seca é inversamente proporcional à escala de tempo do SPI, isto é, à medida que a escala de tempo do SPI aumenta a frequência de eventos secos/chuvosos diminui.

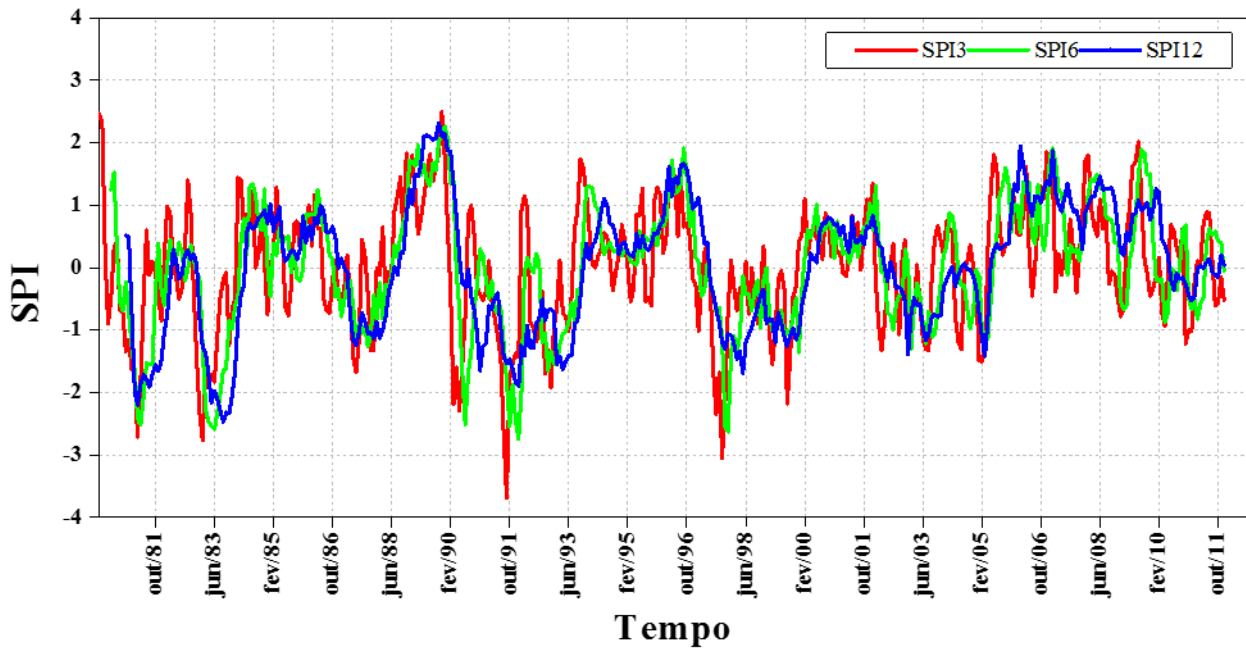


Figura 2. Séries temporais do SPI na escala de 3, 6 e 12 meses para Belém-PA, no período de 1980 a 2011.

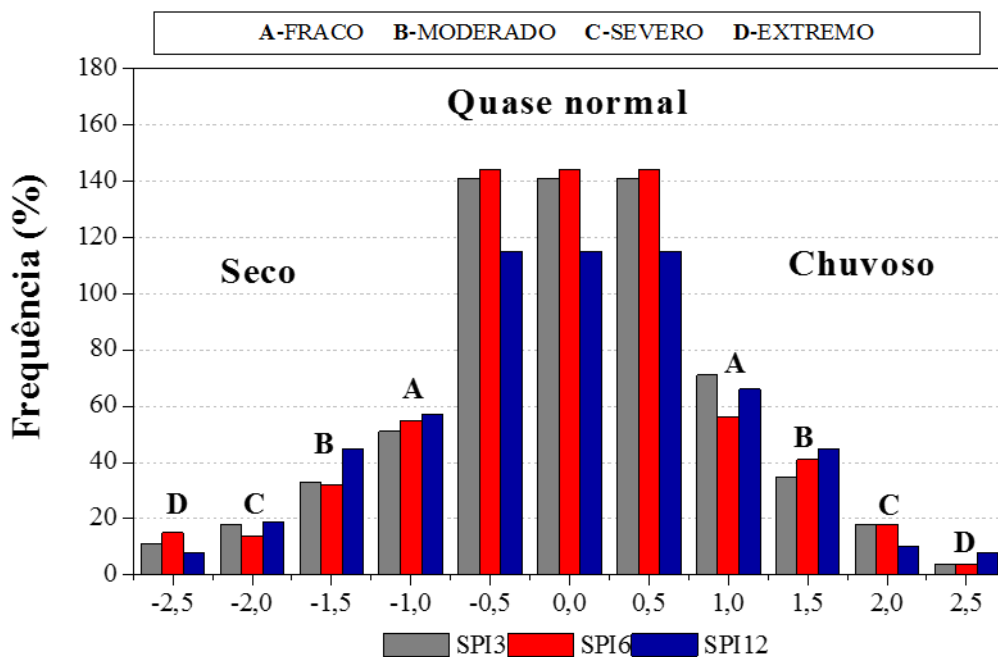


Figura 3. Distribuições de frequência para as 9 categorias do SPI-1, SPI-3 e SPI-12 em Belém-PA.

As principais características do SPI-3 para a cidade de Belém são mostradas na Tabela 2, nota-se 27 eventos de chuva e 29 eventos de seca. O maior período de meses chuvosos foi entre julho 1988 a janeiro de 1990 com 19 meses, o período de chuva mais intensa foi entre março de 1980 a maio de 1990 com SPI médio de 1,65. Entretanto o período de seca mais intensa foi entre junho a dezembro de 1997 com SPI médio de -1,71, o período com maior frequência de

meses mais secos foi entre novembro de 1982 a janeiro de 1984 com 15 meses. Segundo o CPC/NOAA os anos de 1988-1990 (1997-1998) estavam sob o efeito de fenômenos La niña (El niño) o qual interferem diretamente na distribuição da pluviometria regional sobre a Amazônia oriental (SOUZA *et al.*, 2005). Ressalta-se ainda que nessa escala de tempo do SPI, foram observados dois eventos severos de seca e somente um evento severo de chuva.

Na escala de tempo 6 meses (SPI-6) ocorreram 11 eventos de chuva e 12 eventos de seca. O período mais longo de seca nessa escala de tempo durou 35 meses e ocorreu em março de 1997 a dezembro de 1999, o período que apresentou maior intensidade de seca foi novembro de 1982 a janeiro de 1984 com média de SPI-6 igual a -1,46, período de ocorrência do El Niño 82/83. Por outro lado o maior período de chuva foi de 40 meses entre outubro de 1993 a janeiro 1997 e o período que apresentou maior intensidade nas chuvas foi entre junho de 1988 a fevereiro de 1990 com média de 1,43 (Tabela 3). Nesta escala de tempo não foi observado nem um evento severo de chuva/seca. Campos *et al.*, (2009), analisaram os eventos extremos de precipitação diária em Belém pela técnica do Decil, durante o período de 1987 a 2009, as análises mostram que os anos que estiveram sob influência do fenômeno El Niño (La Niña) foram os que apresentaram menor (maior) frequência de Eventos Extremos de Precipitação e de notícias publicadas nos jornais da cidade.

O SPI-12 apresentou 5 eventos de chuva e 8 de seca (Tabela 4). Observam-se também 41 meses consecutivos secos (Junho de 1990 a Outubro de 1993) e 61 meses consecutivos de chuva (Maio de 2005 a Maio de 2010). O período de seca mais intensa foi de janeiro de 1983 a abril de 1984 com SPI médio de -1,63. Por outro lado as chuvas mais intensas ocorreram em setembro de 1988 a maio de 1990 com SPI médio de 1,49. O SPI-12 apresentou um evento severo de seca. Souza e Lima (2011) analisaram eventos extremos de precipitação diária na Região Metropolitana de Belém (RMB) e cidades vizinhas do nordeste paraense no período de 1998/2011 utilizando a técnica do percentil. Aplicação do teste não paramétrico de Mann-Kendall mostrou que a RMB e cidades com intenso processo de urbanização não apresentam tendências estatisticamente significativas de aumento/diminuição de extremos diários de precipitação para o período de 1998/2011.

Tabela 2- Características dos principais eventos de Chuva e Seca obtidas pelo SPI3 em Belém-PA (1980-2011).

Sequências de chuva pelo SPI-3 para Belém					Sequências de seca pelo SPI-3 para Belém				
Início	Fim	Duração (meses)	SPI Médio	Tipo	Início	Fim	Duração (meses)	SPI Médio	Tipo
Mar/80	Mai/80	3	1.65	Severa	Out/80	Jun/81	9	-1.37	Moderada
Jan/82	Abr/82	4	.51	Fraca	Out/81	Dez/81	3	-.46	Normal
Ago/82	Out/82	3	.84	Fraca	Mai/82	Jul/82	3	-.33	Normal
Fev/84	Jul/84	6	1.04	Moderada	Nov/82	Jan/84	15	-1.21	Moderada
Set/84	Nov/84	3	.39	Normal	Jun/85	Ago/85	3	-.56	Fraca
Jan/85	Mai/85	5	.52	Fraca	Jul/86	Out/86	4	-.53	Fraca
Set/85	Jun/86	10	.69	Fraca	Dez/86	Fev/87	3	-.46	Normal
Jul/88	Jan/90	19	1.36	Moderada	Abr/87	Jul/87	4	-1.19	Moderada
Ago/90	Out/90	3	.78	Fraca	Out/87	Fev/88	5	-.64	Fraca
Fev/92	Abr/92	3	1.01	Moderada	Fev/90	Jul/90	6	-1.46	Moderada
Ago/93	Fev/94	7	.96	Fraca	Nov/90	Fev/91	4	-.41	Normal
Abr/94	Ago/94	5	.34	Normal	Abr/91	Jan/92	10	-1.64	Severa
Dez/94	Fev/95	3	.45	Normal	Mai/92	Fev/93	10	-1.09	Moderada
Mai/95	Jul/95	3	.99	Fraca	Abr/93	Jul/93	4	-.74	Fraca
Nov/95	Nov/96	13	.96	Fraca	Fev/95	Abr/95	3	-.29	Normal
Dez/99	Fev/01	15	.48	Normal	Ago/95	Out/95	3	-.55	Fraca
Mai/01	Ago/01	4	.57	Fraca	Dez/96	Fev/97	4	-.43	Normal
Out/01	Jan/02	4	.99	Fraca	Jun/97	Dez/97	7	-1.71	Severa
Out/03	Abr/04	7	.53	Fraca	Fev/98	Mai/98	4	-.43	Normal
Set/04	Nov/04	3	.16	Normal	Jul/98	Nov/98	5	-.48	Normal
Abr/05	Jun/06	15	.85	Fraca	Jan/99	Nov/99	11	-.82	Fraca
Ago/06	Fev/07	7	1.18	Moderada	Fev/02	Jun/02	5	-.71	Fraca
Jun/07	Set/07	4	.42	Normal	Jan/03	Mar/03	3	-.86	Fraca
Nov/07	Ago/08	10	.92	Fraca	Mai/03	Set/03	5	-.91	Fraca
Mar/09	Set/09	7	1.17	Moderada	Mai/04	Ago/04	4	-.83	Fraca
Jun/10	Out/10	5	.47	Normal	Dez/04	Mar/05	4	-1.09	Moderada
Mar/11	Ago/11	6	.45	Normal	Set/08	Fev/09	6	-.40	Normal
					Mar/10	Mai/10	3	-.59	Fraca
					Nov/10	Fev/11	4	-.86	Fraca

Tabela 3- Características dos principais eventos de Chuva e Seca obtidas pelo SPI-6 em Belém-PA (1980-2011).

Sequências de chuva pelo SPI-6 para Belém					Sequências de seca pelo SPI-6 para Belém				
Início	Fim	Duração (meses)	SPI Médio	Tipo	Início	Fim	Duração (meses)	SPI Médio	Tipo
Jan/82	Jun/82	6	.25	Normal	Set/80	Ago/81	13	-1.32	Moderada
Fev/84	Nov/84	10	.78	Fraca	Nov/82	Jan/84	15	-1.46	Moderada
Jan/85	Jun/85	6	.43	Normal	Out/86	Mai/88	20	-.63	Fraca
Dez/85	Set/86	10	.71	Fraca	Mar/90	Out/90	8	-1.12	Moderada
Jun/88	Fev/90	21	1.43	Moderada	Jan/91	Fev/92	14	-1.26	Moderada
Out/93	Jan/97	40	.68	Fraca	Ago/92	Set/93	14	-1.04	Moderada
Jan/00	Fev/02	26	.54	Fraca	Mar/97	Dez/99	35	-.85	Fraca
Mai/05	Mai/07	25	1.02	Moderada	Mar/02	Out/02	8	-.51	Fraca
Jul/07	Nov/08	17	.79	Fraca	Jan/03	Nov/03	11	-.78	Fraca
Mar/09	Nov/09	9	1.10	Moderada	Mai/04	Abr/05	12	-.58	Fraca
Mai/11	Out/11	6	.49	Normal	Dez/09	Jul/10	8	-.32	Normal
					Nov/10	Abr/11	6	-.59	Fraca

Tabela 4- Características dos principais eventos de Chuva e Seca obtidas pelo SPI6 em Belém-PA (1980-2011).

Sequências de chuva pelo SPI-12 para Belém					Sequências de seca pelo SPI-12 para Belém				
Início	Fim	Duração (meses)	SPI Médio	Tipo	Início	Fim	Duração (meses)	SPI Médio	Tipo
Mai/84	Nov/86	31	.61	Fraca	Fev/81	Mar/82	14	-1.47	Moderada
Set/88	Mai/90	21	1.49	Moderada	Jan/83	Abr/84	16	-1.63	Severa
Nov/93	Mai/97	43	.72	Fraca	Fev/87	Jun/88	17	-.79	Fraca
Abr/00	Mai/02	26	.51	Fraca	Jun/90	Out/93	41	-1.03	Moderada
Mai/05	Mai/10	61	.94	Fraca	Jun/97	Mar/00	34	-.91	Fraca
					Ago/02	Mar/04	20	-.62	Fraca
					Set/04	Abr/05	8	-.57	Fraca
					Jun/10	Mar/11	10	-.27	Normal

Conclusões

Neste estudo foram avaliados quantitativamente os eventos secos e chuvosos na cidade de Belém-PA por meio do índice de precipitação padronizada (SPI) no período de 1980 a 2011. Algumas conclusões foram obtidas:

- O SPI mostrou bastante útil para quantificar os eventos secos e chuvosos.
- A frequência dos eventos de chuva e seca é inversamente proporcional à escala de tempo do SPI.
- Os SPIs 3, 6 e 12 mostraram mais eventos secos do que chuvosos, porém os eventos chuvosos foram de maior duração para o período estudado.
- O SPI-3 apresentou dois eventos severos de seca e um de chuva. Por outro lado no SPI-6 não foram observados nem um evento severo. Por último, o SPI-12 mostrou somente um evento severo de seca.
- É importante salientar que a maioria dos eventos de chuva e seca estão associados, principalmente, ao fenômeno ENOS.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais pela concessão de bolsa de doutorado da CAPES os demais autores agradecem ao INMET pelos dados cedidos.

Referências

- Bordi, I.; Fraedrich, K.; Jiang, J.; Sutera, A. (2004) Spatio-temporal variability of dry and wet periods in eastern China. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 79, p. 81-91.
- Blain, G. C. (2010). Tendências e variações climáticas em séries anuais de precipitação pluvial do Estado de São Paulo. *Bragantia* (São Paulo, SP. Impreso), v. 69, p. 765-770.
- Barbosa, R. L. (2005). Interação das perturbações convectivas iniciadas na costa Norte do Brasil com distúrbios ondulatórios de leste. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Meteorologia — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

- Cohen, J. C. P.; Silva Dias, M. A. F.; Nobre, A. N. (1995). Environmental conditions associated with amazonian squall lines: A case study. *Monthly Weather Review*, v. 123, p. 3163–3174.
- Campos, T. L. O. B.; Mota, M. A. S. (2009). Histórico dos Eventos Meteorológicos Extremos ocorridos em Belém nos últimos 22 anos. In: *Simpósio Internacional de Climatologia. Mudanças de Clima e Extremos e Avaliação de riscos futuros, planejamento e desenvolvimento sustentável. Anais...* Canela:SBMet 2009, 1 CD-ROM.
- Climate Prediction Center/National Oceanic and Atmospheric Administration-CPC/NOAA. Disponível em <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis/lanina/>. Consultado em 13 de janeiro de 2013.
- Guttman, N.B. (1998). Comparing the Palmer drought index and the standardized precipitation index. *Journal of American Water Resource Association*. 34: 113–121.
- Guttman, N.B. (1999). Accepting the standardized precipitation index a calculation algorithm. *Journal of American Water Resource Association*. 35: 311–322.
- Hayes, M. J.; Svoboda, M. D.; Wilhite, D. A. & Vanyarkho, O. V. (1999). Monitoring the 1996 drought index using the standardized precipitation index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Boston, v. 80, n. 3.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística - IBGE. Portal Cidades. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Consultado em: 13 de janeiro de 2013.
- Lopes, M. N. G. ;Souza, E.B. ; Ferreira, D. B. S. (2013). Climatologia regional da precipitação no estado do Pará. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 12, p. 84-102.
- Molion, L. C. B. (1987). Climatologia Dinâmica da Região Amazônica: Mecanismos de precipitação. *Revista Brasileira de Meteorologia*. Vol. 2, 107-117.
- Marengo J. A. ; Nobre, C. ; Tomasella, Javier ; Marcos Oyama ; Sampaio, G. ; Camargo, Helio ; Alves, Lincoln Muniz . (2008). The drought of Amazonia in 2005. *Journal of Climate*, v. 21, p. 495-516.
- Machado, L. A. T.; Laurent, H.; Dessay, N.; Miranda, I. (2004) Seasonal and diurnal variability of convection over the Amazonia: A comparison of different vegetation types and large scale forcing. *Theoretical and applied climatology*, v. 78, n. 1, p. 61–77.
- Min, S. K.; Kwon, W. T.; Park, E. H.; Choi, Y. (2003). Spatial and temporal comparisons of drought over Korea with east Asia. *International Journal of Climatology*, v. 23, p. 223-233.
- Mckee, T.B; Doesken, N.J; Kleist J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. AMS: Boston, MA; 179–184.
- Mckee, T.B; Doesken N.J; Kleist, J. (1995). Drought monitoring with multiple time scales. In *Proceedings of the 9th Conference on Applied Climatology*. AMS: Boston, MA; 233–236.
- Neves, D. G. ; Cunha, A. C. ; Cunha, A. C. ; Souza, E. S. ; Barreto, A. .C. L. .(2011). Modelagem climática regional durante dois anos extremos de precipitação sobre o Estado do Amapá: teste de sensibilidade aos esquemas convectivos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 26, p. 569-578.
- Picarreta, M.; Capolongo, D.; Boenzi, F. (2004). Trend analysis of precipitation and drought in Basilicata from 1923 to 2000 within a southern Italy context. *International Journal of Climatology*, v. 24, p. 907-922.
- Souza, P.; Cavalcanti, I. F. A. (2009). Atmospheric centers of action associated with the Atlantic ITCZ position. *International Journal of Climatology*, v. 29, p. 2091–2195
- Sönmez, F. K.; Koemuescue, A. U.; Erkan, A.; Turgu , E. (2005). An Analysis of Spatial and Temporal Dimension of Drought Vulnerability in Turkey Using the Standardized Precipitation Index. *Natural Hazards*, Volume 35, Issue 2, 243-264.
- Santos, T S. ; Gomes, A. C. S. ; Coutinho, M. D. L. ; Silva,A.R. ; Castro, A. A. (2013) . Análise de Eventos Extremos na Região Amazônica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 6, p. 1356-1370.
- Sansigolo, C. A. (2004) . Análise comparativa do desempenho dos índices de seca de Palmer (PDSI) e da precipitação normalizada (SPI) em Piracicaba, SP (1917-2001). *Revista Brasileira de Meteorologia*, São Paulo, v. 19, n.3, p. 237-242.
- Souza, E. B.; Ambrizzi, T. (2002). ENSO impacts on the South American rainfall during 1980s: Hadley and Walker circulation. *Atmosfera*, n.15, p.105-120.
- Souza, E. B.; Kayano, M.T.; Ambrizzi, T. (2005). Intraseasonal and submonthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 81, p. 177-191.
- Souza, E.B.; Lima, H.K.L. (2011) . Extremos de Precipitação na Região Metropolitana de Belém e Cidades do Nordeste Paraense durante a última década. In: *IV SIC Simpósio Internacional de Climatologia*, 2011, João Pessoa-PB. Anais.. *IV SIC: SBMET*. v. 1. p. 1-5.

Zhang, Q.; Yu Xu, C.; Zhang, Z. (2009). Observed changes of drought/wetness episodes in the Pearl River basin, China, using the standardized precipitation index and aridity index Theoretical and Applied Climatology , Volume 98, Issue 1-2, 89-99.

Zhai; Jianqing; Su, B.; Valentina. V; Vetter T; Gao C; Jiang, T. (2010). Spatial Variation and Trends in PDSI and SPI Indices and Their Relation to Streamflow in 10 Large Regions of China. Journal Climate, 23, 649–663.

Wu, H.; Hayes, M.; Weiss, A.; Hu, Q. (2001). An evaluation of the SPI, the China-Z index and the statistical Z-score. International Journal Climatology, v. 21, p. 745-758.