

O Índice de Precipitação Padronizada (IPP) na identificação de extremos de chuvas e secas na bacia do rio Paraguaçu (BA)

The Standardized Precipitation Index (SPI) in identifying extreme rainfall and droughts in the Paraguaçu River Basin (BA)

Francisco de Assis Salviano de Sousa^{1(*)}

Maria José Herculano Macedo²

Roni Valter de Souza Guedes³

Vicente de Paulo Rodrigues da Silva⁴

Resumo

O objetivo deste trabalho foi o de estudar os eventos extremos de secas e chuvas na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu (BHRP). A má distribuição de eventos de precipitação pluvial no Nordeste do Brasil está fortemente associada a interações entre a atmosfera, os oceanos e a fisiografia regional. Aqui esses eventos foram identificados pelo Índice de Precipitação Padronizada (IPP), em inglês, Standardized Precipitation Index (SPI) nas escalas de tempo de 3, 6, 12 e 24 meses. Foram utilizadas séries históricas de totais mensais precipitados de 73 postos pluviométricos, com no mínimo 25 anos de duração, distribuídos no âmbito da BHRP. Os resultados revelaram que a ocorrência de secas extremas foi inferior a de chuvas extremas, com destaque para os municípios de Ipirá e Dias Coelho. Nesses municípios houve maiores ocorrência e intensidade de secas e chuvas extremas, respectivamente. O IPP de 24 meses não identificou chuvas extremas na BHRP.

Palavras-chave: Região semiárida do Nordeste do Brasil; eventos extremos; desastre natural.

1 Dr.; Bacharel em Meteorologia; Professor Associado IV do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq; Endereço: Av. Aprígio Veloso, 882, Caixa Postal: 10041; Bodocongó, CEP: 58109-970, Campina Grande, Paraíba, Brasil; E-mail: fassis@dca.ufcg.edu.br (*) Autor para correspondência.

2 Dra.; Licenciada em Matemática; Professora Assistente no Centro Tecnológico da Universidade Federal do Maranhão, UFMA; Endereço: Rua Projetada, s/no, Planalto, CEP: 65550-000, São Bernardo, Maranhão, Brasil; E-mail: mariejhm@hotmail.com

3 MSc.; Bacharel em Meteorologia; Doutorando em Meteorologia na Universidade Federal de Campo Grande, UFCG, Servidor público, analista em gestão de recursos hídricos e mudanças climáticas pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC); Endereço: Avenida Cruz Cabugá, 1387, Santo Amaro, CEP: 50040-905, Recife, Pernambuco, Brasil; E-mail: roniguedes84@yahoo.com.br

4 Dr.; Bacharel em Meteorologia; Professor Associado do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Programas de Pós-Graduação da UFCG (Meteorologia e Recursos Naturais); Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq; E-mail: vicente@dca.ufcg.edu.br

Abstract

The objective of this work was to study the behavior of extreme events of drought and rainfall in the *Paraguaçu* River Basin. The distribution of rainfall events in the Northeast Brazil is associated with interactions among the atmosphere, oceans and regional physiography. In this investigation, these events were identified by the Standardized Precipitation Index (SPI) in the time scales 3, 6, 12 and 24 months. It was used historical data of the precipitated monthly totals of 73 rainfall stations, with at least 25 years of duration, distributed within the *Paraguaçu* River Basin. The results showed that the occurrence of extreme droughts was less than extreme rainfalls, especially in the municipalities of *Ipirá* and *Dias Coelho*. In these municipalities there were higher occurrences of droughts and extreme rainfall, respectively. The Standardized Precipitation Index of 24 months did not identify extreme rainfall in the *Paraguaçu* River Basin.

Key words: Semiarid region of Northeast Brazil; extreme events; natural disaster.

Introdução

A má distribuição de eventos de precipitação pluvial no Nordeste do Brasil está fortemente associada a interações entre a atmosfera, os oceanos e a fisiografia regional. A interação oceano-atmosfera é evidenciada por anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Pacífico Equatorial, representado pelo fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). Esse fenômeno ocorre simultaneamente com anomalias do padrão da pressão atmosférica nas regiões de Darwin, na Austrália, e Tahiti (GRUPPELLI, 2007). Os fenômenos El Niño (EN) e La Niña (LN) afetam a Circulação Geral da Atmosfera, alterando diretamente a composição da célula de Walker e a posição dos seus ramos subsidentes e interfere na formação de nebulosidade em diversas regiões do planeta (LABMET, 2011).

Há vários índices meteorológicos para caracterização e monitoramento de secas e chuvas, como: SPI (Standardized Precipitation Index), PDSI (Palmer Drought Severity Index), Crop Moisture Index (CMI), Keetch-BYRAM Drought

Index (KBDI), Aggregate Drought Index (ADI), Métodos dos Quantis, dentre outros. Especialistas que participaram do Workshop Inter-Regional sobre Índices e Sistemas de Alerta Precoce de Seca, em 2009; realizada na Universidade de Nebraska, Lincoln, EUA sugeriram que o IPP deveria ser usado pelas agências de Serviço Nacional Meteorológico e Hidrológico em todo o mundo a fim de caracterizar as secas meteorológicas (WMO - World Meteorological Organization, 2009).

McKee et al. (1993) desenvolveram o índice de precipitação padronizada (IPP) utilizando apenas dados mensais de precipitação. Segundo os autores, como por exemplo, Xavier e Xavier (1999), esse índice se baseia na padronização da pluviometria, correspondendo ao desvio da precipitação em relação à média, permitindo realizar uma análise comparativa entre regiões (MORADI et al., 2011). Assim, devido a sua praticidade, por utilizar apenas dados mensais de chuva, e capacidade de monitorar e identificar intensidades de

chuvas e secas, o IPP despertou grande interesse em vários pesquisadores, como: Tsakiris e Vangelis (2004), Moreira et al. (2006), Tonkaz (2006), Moradi et al. (2011) e Blain e Brunini (2007) que identificaram as vantagens do IPP dentre outros índices após realizar estudos do desempenho dos índices IPP, PDSI e PDSI adaptado.

A revisão desses índices de secas foi importante para escolher àquele que melhor represente o evento seca na região semiárida do Nordeste do Brasil e em especial na bacia hidrográfica rio Paraguaçu (BHRP), a mais importante do estado da Bahia. A BHRP apresenta grande variedade climática. Segundo a classificação de Köppen, a parte oeste da bacia apresenta clima semiárido (BSh) e na porção leste o clima é o tropical chuvoso (Af) sem estação seca. Os totais anuais precipitados oscilam entre 700 mm e 2100 mm (ANA, 2010). Próximo à foz do rio Paraguaçu se observam chuvas em torno de 1250 mm anuais. Os menores valores de chuvas ocorrem no médio Paraguaçu, cerca de 650 mm. Por conta da variedade climática, há três regiões pluviometricamente distintas. Na região nascente do rio as chuvas superam 1000 mm/ano, no médio Paraguaçu ocorrem chuvas em torno de 600 mm/ano e próximo ao litoral se observam chuvas em torno de 1250 mm/ano. O regime hidrológico do rio Paraguaçu é artificialmente controlado (a montante e jusante) desde 1985, após a construção da barragem Pedra do Cavalo (BARROS et al., 2008).

O objetivo deste trabalho foi o de estudar o comportamento dos eventos extremos de secas e chuvas utilizando o Índice de Precipitação Padronizada (IPP) para as escalas temporais de 3, 6, 12 e 24 meses na BHRP.

Material e Métodos

Área de Estudo

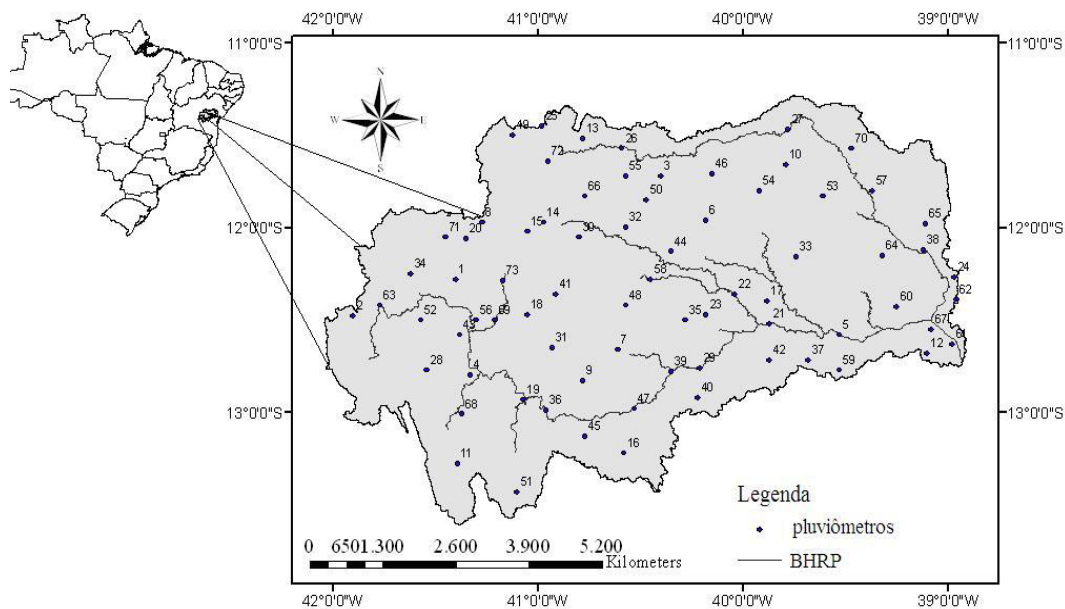
A bacia hidrográfica do rio Paraguaçu (BHRP) está localizada na região centro-leste do estado da Bahia entre as coordenadas 11° 17' a 13° 36' S, e 38° 50' a 42° 01' W, ocupa uma área de 55.317 km², cerca de 10% do território baiano, figura 1.

O rio Paraguaçu (no idioma indígena significa água grande, mar grande ou rio grande), rio principal da bacia, nasce na serra do Sincorá, a 1200 metros de altitude em relação ao nível médio do mar; nas fazendas Farinha Molhada, Paraguaçu e Brejões, no município de Barra da Estiva; percorre cerca de 500 km no sentido oeste-leste até a sua foz na parte oeste da Baía de Todos os Santos. O rio tem largura média de 200 metros e é o sistema fluvial de domínio estadual mais importante do estado da Bahia (BAHIA, 1996).

O rio Paraguaçu é dividido em três partes: Alto Paraguaçu, trecho a montante da confluência do rio Santo Antônio; Médio Paraguaçu entre a foz do Santo Antônio e a barragem de Pedra do Cavalo e Baixo Paraguaçu, trecho a jusante dessa barragem (ANA 2010).

As águas do rio são usadas para diversos fins, como abastecimento público e doméstico de várias cidades situadas na bacia; abastecimento de indústrias metalúrgicas, têxteis, de celulose, dessedentação de animais, atividades de lazer e esportes náuticos, no lago da barragem Pedra do Cavalo e no trecho estuarino próximo à foz; atividade pesqueira na zona estuarina etc. Além disso, o rio serve de corpo receptor de esgotos domésticos e industriais em diversos trechos da bacia hidrográfica (ANA, 2010).

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu



A umidade relativa média do ar varia de 68 a 74%. O mês mais seco é janeiro, em função da elevação da temperatura, da orografia, da altitude e da velocidade do vento. Já os meses de maio a junho são os mais úmidos, umidade relativa média do ar ultrapassa 80%. (ANA, 2010; BAHIA, 1996). Os tipos de vegetação incluem a Caatinga em diversos estágios, predominante em grande parte do centro-oeste da bacia e o remanescente de Mata Atlântica (Floresta Ombrófila) que ocupa a zona de clima mais úmido. Além dessas tipologias, verifica-se ainda a ocorrência dispersa de Cerrado, campos rupestres, além de fragmentos de florestas estacionais (decidual e semi-decidual) na vertente oriental da Chapada Diamantina.

Dados de precipitação

Foram utilizados os totais mensais precipitados de 73 postos pluviométricos distribuídos no âmbito da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu (BHRP), figura 1, com no mínimo 25 anos de duração. Esses dados foram cedidos pela Agência Nacional de Águas (ANA).

Cálculo do Índice Padronizado de Precipitação (IPP)

O cálculo do IPP consiste inicialmente em ajustar a função densidade de probabilidade Gama à distribuição de frequência da precipitação de cada um dos postos pluviométricos. A função densidade de probabilidade Gama é dada por:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (1)$$

em que $\alpha > 0$ é parâmetro de forma, $\beta > 0$ é o parâmetro de escala, $X > 0$ é a quantidade de precipitação e $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy$ é a função Gama.

Os parâmetros α e β da função densidade de probabilidade Gama são estimados para cada estação pelo método da Máxima Verossimilhança (Thom, 1966).

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (2)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\hat{x}}{\hat{\alpha}} \quad (3)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (4)$$

n , \bar{x} e x_i são o tamanho da amostra dos registros de chuva, a média aritmética e as precipitações observadas, respectivamente.

A função distribuição de probabilidade acumulada é dada por:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\hat{\beta} \hat{\alpha} \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t/\hat{\beta}} dt \quad (5)$$

fazendo equação (5) transforma-se na função Gama incompleta, assim:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt \quad (6)$$

a função Gama $\Gamma(\hat{\alpha})$ não é definida para $x = 0$. Como as amostras pluviométricas

podem conter zeros, a distribuição de probabilidade acumulada toma o seguinte aspecto:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (7)$$

Em que q é a probabilidade de ocorrer um zero, dado por $q = \frac{m}{n}$, m é o número de zeros e n é o tamanho da amostra. A relação entre as distribuições de probabilidade Gama e Normal é dada por:

$$Z = IPP = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (8)$$

para $0 < H(x) \leq 0,5$

$$Z = IPP = + \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (9)$$

para $0,5 < H(x) \leq 1,0$

Em que $c_0 = 2,515$; $c_1 = 0,803$; $c_2 = 0,010$; $d_1 = 1,433$; $d_2 = 0,189$; $d_3 = 0,001$ e;

$$t = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{(H(x))^2} \right)} \quad \text{para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (10)$$

$$e^{-t} = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{(1-H(x))^2} \right)} \quad \text{para } 0,5 < H(x) \leq 1,0 \quad (11)$$

O cálculo do IPP inicia com o ajuste da função densidade de probabilidade Gama às séries de totais mensais precipitados. Em seguida, a probabilidade acumulada de ocorrência de cada total mensal é estimada. A função Normal inversa Gaussiana é aplicada a essa probabilidade resultando no valor do IPP. Segundo Mckee et al. (1993) o evento seca se inicia quando o IPP torna-se negativo e atinge o valor -1 e termina quando volta a apresentar valores

positivos. Dentro dessa escala os valores de IPP menores ou iguais a -2 indicam secas extremas e os maiores ou iguais a +2 indicam chuvas extremas (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores do IPP para os períodos secos e chuvosos

Classificação do IPP	
2.00 ou mais	Chuva extrema
1.50 a 1.99	Chuva severa
1.00 a 1.49	Chuva moderada
- 1.00 a -1.49	Seca moderada
- 1.50 a -1.99	Seca severa
- 2.00 ou menos	Seca extrema

Fonte: McKee et al. (1993) e Hughes e Saunders (2002)..

Interpretação do Índice IPP

O IPP foi desenvolvido de modo a ser um indicador de seca que valoriza a importância da escala de tempo que afeta a magnitude das chuvas. Sendo assim, o IPP de um mês (IPP-1) representa o percentual da normal precipitada para um mês, indica o total de chuva do mês em estudo e reflete as condições de curto prazo. O IPP de três meses (IPP-3) compara a precipitação ao longo do período de três meses, com os totais precipitados nesse mesmo período. IPP-3 reflete as condições de umidade do solo em curto e médio prazo, além de estimar a precipitação sazonal. O IPP de seis meses (IPP-6) compara a precipitação desse período com o mesmo período dos anos da série histórica. IPP-6 está associado com as anomalias de reserva de água e as vazões dos rios. Os IPPs de doze (IPP-12) e 24 meses (IPP-24) refletem os padrões de precipitação de longo prazo e estão diretamente associados com a falta de água, com as vazões e os níveis de água nos lençóis subterrâneos (MACEDO, 2010).

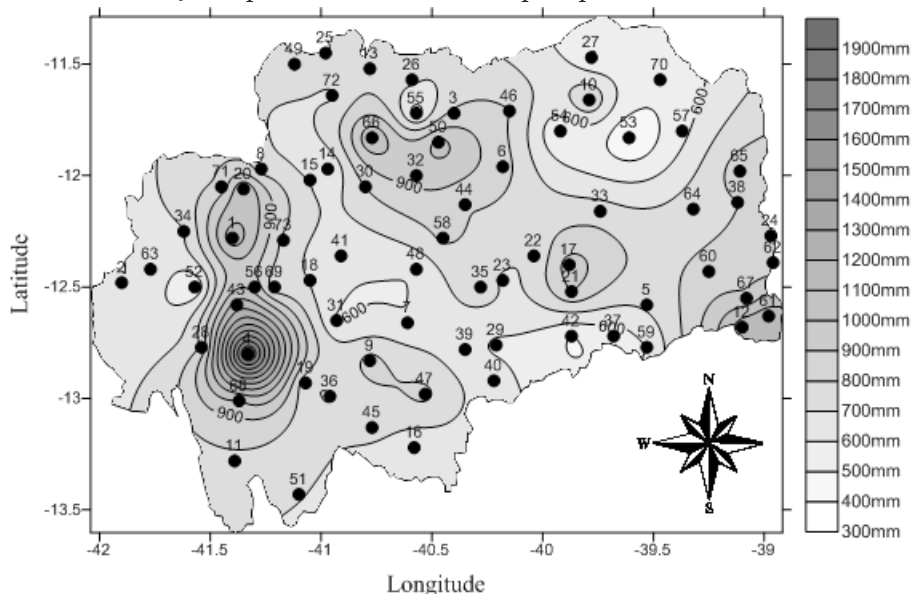
Resultados e Discussão

As localidades estudadas estão inseridas no semiárido nordestino de acordo com a nova delimitação em Brasil (2005) com exceção das cidades: Cruz das Almas, São Gonçalo dos Campos, Conceição de Feira e São Félix, situadas próximas ao litoral, no extremo leste da BHRP. Essas quatro localidades apresentam chuvas superiores a 800 mm/ano, portanto, acima do valor limite máximo para serem consideradas como pertencentes à região semiárida (Figura 2). As chuvas máximas na BHRP ocorrem na Chapada Diamantina, no oeste e na região litorânea, no leste. Na parte central da bacia ocorrem alguns núcleos de chuvas máximas. O núcleo de maior pluviometria ocorre na porção oeste da bacia, em Andaraí (43) e Lençóis (4). Nessas localidades, os totais anuais precipitados são 1979,5 mm e 1158,8 mm, respectivamente.

Esses máximos pluviométricos são certamente influenciados pelos efeitos orográficos, pois se localizam na região da Serra do Sincorá, na Chapada Diamantina (BAHIA, 1993). Os valores mínimos de chuva, 387,9 e 492,2 mm/ano, ocorrem nas áreas nordeste e sudeste da bacia, em Riachão do Jacuípe (57) e Iaçú (29), respectivamente.

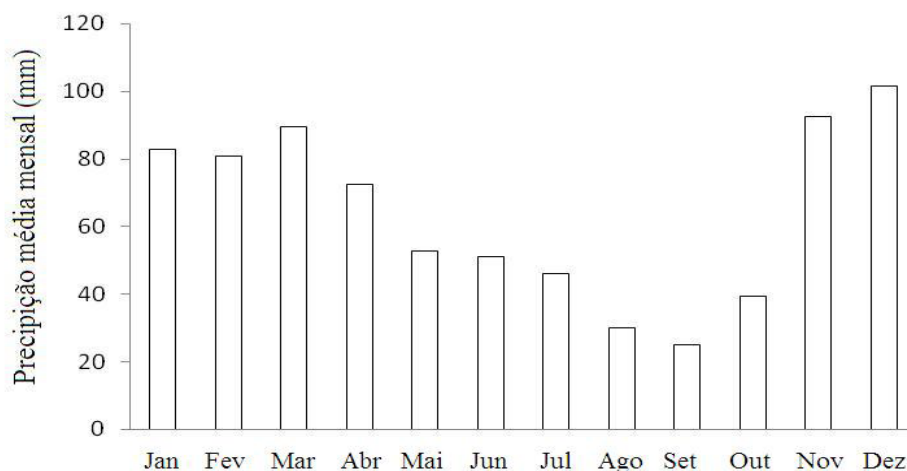
A BHRP está situada numa região de transição complexa e sob a influência de vários sistemas meteorológicos (BAHIA, 1996). As duas principais fontes de umidade da BHRP são o Oceano Atlântico, influência das Brisas Marítimas, na parte leste e a Chapada Diamantina (influência do relevo e da vegetação) no lado oeste. Além dessa disponibilidade local, a umidade da BHRP é potencializada pelos Sistemas Frontais, pelos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis e pelos Ventos Alísios de Sudeste.

Figura 2 – Distribuição espacial dos totais anuais precipitados da BHRP - BA



Fonte: Souza, F.A. S. et al. (2015).

Figura 3 – Precipitação média mensal dos postos BHRP - BA



Fonte: Souza, F.A. S. et al. (2015).

A figura 3 mostra que o período de maior concentração de chuvas está entre os meses de novembro a março, com valores superiores a 80 mm/mês. Já as chuvas dos meses de agosto, setembro e outubro são inferiores a 40 mm. Esse trimestre é o mais seco em grande parte da BHRP.

Dos 73 postos utilizados na pesquisa, Ipirá, Itaberaba, Porto, Iaçú e Lajedinho apresentaram secas extremas. Para toda a BHRP as ocorrências de chuvas extremas foram superiores as de secas extremas. Dos 73 postos 26 deles apresentaram chuvas de categoria extrema, identificadas pelo IPP

de 3, 6, e 12 meses. O IPP de 24 meses não identificou nenhuma ocorrência de chuva extrema.

O posto de Ipirá teve várias ocorrências de secas extremas, identificadas pelo IPP de 3, 6 e 24 meses e com grandes intensidades quando comparadas com os outros postos. As maiores durações de secas foram verificadas nas cidades de Iaçú, com 34 meses, seguida de Lajedinho com 24 meses, ambas detectadas pelo IPP de 12 e 24 meses, respectivamente; no período de 1961 a 1963 (Tabela 2). A ocorrência de secas resulta das mudanças na dinâmica da atmosfera, quando altera o deslocamento dos sistemas precipitantes. Normalmente alterações na temperatura da superfície do mar (TSM) nos oceanos Atlântico e Pacífico modificam o padrão de grande escala da Circulação Geral da Atmosfera.

O fenômeno El Niño (anomalia positiva da TSM no pacífico equatorial) é desfavorável para a formação de nuvens, portanto reduz a precipitação pluvial na região Nordeste do Brasil, haja vista a ação

do mecanismo de subsidência nessa região (CPTEC, 2011). Neste estudo todas as secas extremas identificadas pelo IPP ocorreram em anos de domínio do El Niño, definidos pelo CPTEC (2011). No entanto, este fato não garante que sempre ocorra essa correlação direta, pois nem todos os eventos de El Niño ocasionaram secas extremas, assim como nem todos os eventos de La Niña produziram chuvas acima da média. Assim, mesmo que a TSM do Pacífico possa favorecer ou desfavorecer as chuvas no Nordeste do Brasil é necessário também levar em consideração as anomalias da TSM do Atlântico Tropical Sul. Ipirá foi o local que apresentou a maior quantidade de secas extremas. Na figura 4 (a, b, c, d) é possível identificar os anos de secas, devido aos baixos valores de precipitação acumulada nas diversas escalas temporais. O ano de 1962 foi o principal destaque da ocorrência de seca, com forte pico negativo, até mesmo nas escalas de 12 e 24 meses. Outra forte seca detectada foi entre 1980 e 1981, nas categorias do IPP de 3, 6 e 12 e 24 meses a intensidade ficou abaixo de - 4,00. O

Tabela 2 – Picos de secas extremas detectadas pelos IPP de 3, 6, 12 e 24 meses na BHRP

Estação (N)	Início	Fim	Duração (meses)	Pico	Valor médio	Tipo de IPP (meses)
Ipirá (33)	1980	1981	11	-4,97	-2,44	03
Itaberaba (35)	1950	1952	22	-4,48	-2,19	03
Porto (56)	1990	1990	4	-2,51	-2,12	03
Ipirá (33)	1961	1962	22	-3,75	-2,03	06
Ipirá (33)	1980	1981	10	-6,11	-2,98	06
Iaçú (29)	1961	1963	34	-3,17	-2,04	12
Lajedinho (41)	1958	1960	25	-3,87	-2,48	12
Ipirá (33)	1962	1963	24	-3,71	-2,45	24

Fonte: Souza, F.A. S. et al. (2015).

Nota: N – representa a localização espacial do posto pluviométrico na figura 1..

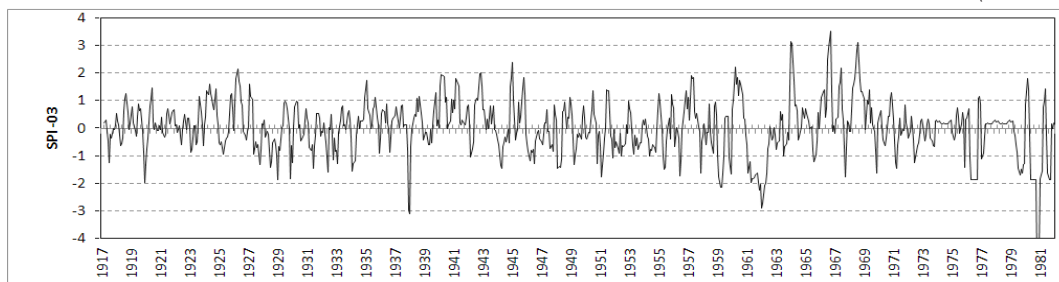
maior pico de seca, - 6,11, ocorreu no posto Ipirá para o IPP de 6 meses, conforme tabela 2. Ainda, nessa tabela pode-se verificar que no posto Iaçú ocorreu a maior duração de seca extrema, com início em 1961 e fim em 1963. Na figura 4 também se pode identificar outras categorias de secas de acordo com a classificação da tabela 1.

A chuva com maior duração, 11 meses, ocorreu no posto Dias Coelho, no período de 1977 a 1978, identificada pelo IPP de 3 meses. De modo geral as chuvas com grandes durações foram identificadas pelo IPP de 6 meses, cerca de 16 meses; na Usina Bananeiras, período de 1956/57, seguido de 15 meses na Fazenda Santa Quitéria e França no período de 1963 a 1965, esse período coincidiu com o do posto de São Gonçalo dos Campos. As chuvas mais intensas foram identificadas em Dias Coelho, com duração de 31 meses entre

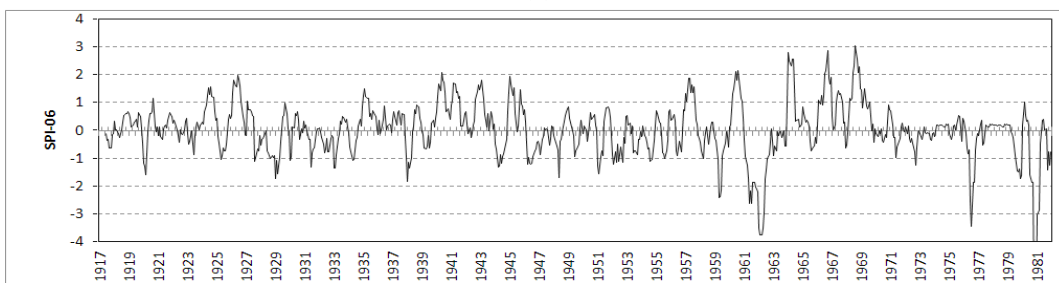
1977 e 1980, tabela 3. Além disso, a tabela 3 mostra os índices de precipitação extrema, durações, picos, períodos médios e escalas temporais. É interessante notar que as chuvas extremas detectadas pelo IPP de 12 meses representam valores anuais anormais que possibilitaram o aumento da oferta de águas subterrâneas e superficiais.

A influência meteorológica de grande escala permitiu a ocorrência de eventos extremos na bacia, já que os anos com chuvas extremas estão relacionadas ao fenômeno La Niña (CPTEC,2011). É interessante notar que alguns eventos extremos de chuva foram identificados após a ocorrência do fenômeno La Niña, caracterizando atraso da influência do fenômeno sobre essas chuvas. O período de duração das chuvas ou secas está mais relacionado a configuração do Atlântico Tropical, haja vista que influencia diretamente as condições atmosféricas na região da bacia estudada.

Figura 4 – IPP de 3 (a), IPP de 6 (b), IPP de 12 (c) e IPP de 24 (d) meses para o posto Ipirá (continua)

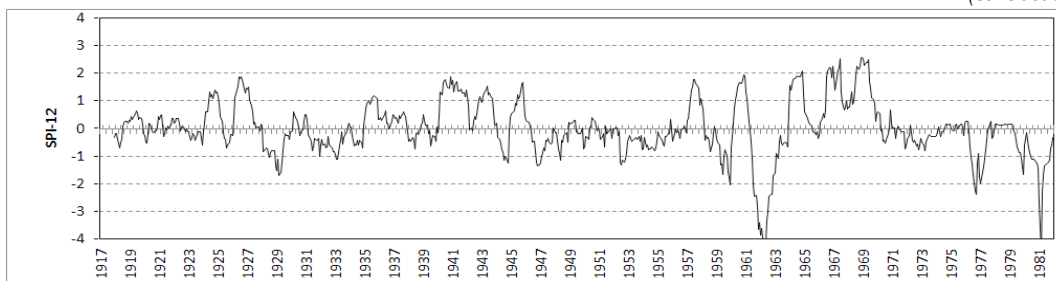


(a)

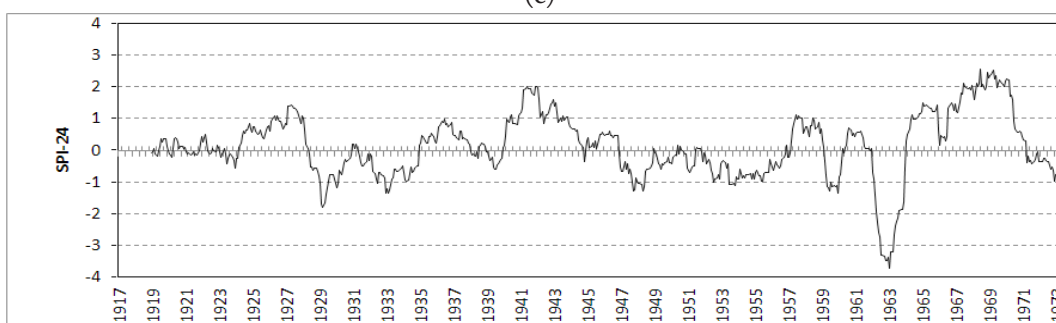


(b)

Figura 4 – IPP de 3 (a), IPP de 6 (b), IPP de 12 (c) e IPP de 24 (d) meses para o posto Ipirá
(conclusão)



(c)



(d)

Fonte: Souza, F.A. S. et al. (2015).

Tabela 3 – Chuvas extremas detectadas pelos IPPs de 3, 6 e 12 meses, duração e intensidade na BHRP
(continua)

Estação (N)	Início	Fim	Duração (meses)	Pico	Valor médio	Tipo de IPP (meses)
Cascavel (11)	1984	1984	8	2,89	2,00	03
Dias Coelho (13)	1977	1978	11	4,07	2,76	03
Fazenda Coqueiros(18)	1970	1971	4	2,43	2,11	03
Fazenda São João (23)	1989	1990	3	2,21	2,07	03
Feira de Santana (24)	1937	1937	5	4,08	2,38	03
	1947	1948	3	2,34	2,18	03
Gavião II (27)	1989	1990	3	2,28	1,99	03
Itaeté (36)	1986	1986	3	2,36	2,11	03
Itatim (37)	1989	1990	3	2,58	2,17	03
João Amaro (39)	1984	1984	7	3,38	1,99	03
Lajedo Alto (42)	1964	1964	3	2,52	2,45	03
Mairi (46)	1980	1980	3	2,31	2,05	03
	1989	1990	3	2,23	2,13	03
Morro do Chapéu (49)	1939	1939	3	2,66	2,15	03
Pé da Serra (53)	1970	1970	4	3,05	2,22	03

Tabela 3 – Chuvas extremas detectadas pelos IPPs de 3, 6 e 12 meses, duração e intensidade na BHRP

						(conclusão)
Pintadas (54)	1964	1964	8	3,63	2,49	03
Ruy Barbosa (58)	1956	1957	3	2,63	2,07	03
	1989	1990	4	3,06	2,31	
São Félix (61)	1989	1990	4	3,30	2,43	03
Valente (70)	1976	1976	5	4,01	2,27	03
Várzea do Cerco (71)	1975	1975	6	2,65	2,02	03
Boa Vista do Tupim (7)	1989	1990	3	2,31	2,20	03
Fazenda Santa Quitéria (22)	1963	1965	15	3,14	2,04	06
Feira de Santana (24)	1937	1937	7	3,20	2,05	06
França (26)	1963	1965	15	3,44	2,22	06
Santa Terezinha (59)	1989	1990	7	3,11	2,08	06
São Félix (61)	1989	1990	6	2,66	2,28	06
S. Gonçalo dos Campos (62)	1963	1965	14	3,43	2,22	06
Usina Bananeiras (67)	1956	1957	16	3,69	2,23	06
Várzea do Cerco (71)	1976	1977	7	2,98	2,37	06
Capela do Alto Alegre (10)	1964	1965	8	2,81	2,12	06
Dias Coelho (13)	1977	1980	31	4,24	2,16	12
França (26)	1963	1965	22	3,49	2,07	12
Marcionílio Souza (47)	1980	1982	27	3,32	2,07	12
Santa Terezinha (59)	1989	1990	12	2,27	2,02	12

Fonte: Souza, F.A. S. et al. (2015).

Nota: N – representa a localização espacial do posto na figura 1.

Conclusões

O período mais chuvoso na BHRP é de novembro a abril. Os valores máximos de precipitação ocorreram na parte leste, devido à proximidade do litoral, alguns núcleos de maior precipitação também foram identificados no oeste, na Chapada Diamantina e outros na parte central devido a influencia orográfica. Por outro lado, o período mais seco é o trimestre de setembro a outubro. A frequência de eventos extremos de chuva foi maior do que a frequência dos eventos extremos de seca, isso indica que a BHRP apresenta tendência para ocorrência de picos elevados

de chuva. Por outro lado, a duração dos eventos extremos de chuva foi menor do que a duração dos eventos extremos de seca. Nos postos de Ipirá e Dias Coelho se verificaram as maiores intensidades de secas e de chuvas extremas, respectivamente.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem à Agência Nacional de Águas – ANA pela cessão dos dados pluviométricos e aos funcionários da Unidade Acadêmica de Ciências Ambientais, da Universidade Federal de Campina Grande - UACA/ UFCG pela prestação dos seus serviços.

Referências

- ANA. Agência Nacional de Águas. **Hidroweb**. Brasília, DF: ANA, 2010. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/cd4/index.htm>>. Acesso em: 6 maio 2010.
- BAHIA. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Alto Rio Paraguaçu**. Documento Síntese. Superintendência de Recursos Hídricos. Governo do Estado da Bahia. Salvador: 1993. 271p.
- BAHIA. **Plano Diretor de Recursos Hídricos do Médio e Baixo Rio Paraguaçu**. Volume VI - Documento Síntese. Superintendência de Recursos Hídricos. Governo do Estado da Bahia. Salvador: 1996. 195p.
- BARROS, F.; HATJE, V.; FIGUEIREDO, M. B.; MAGALHÃES, W. F.; DORÉA H. S.; EMÍDIO, E. S. The structure of the benthic macro faunal assemblages and sediments characteristics of the Paraguaçu estuarine system, NE, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 78, p. 753–762, 2008.
- BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Análise comparativa dos índices de seca de Palmer, Palmer adaptado e índice padronizado de precipitação no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.1, p.105-111, 2007.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional/SDR. **Relatório Final do Grupo de Trabalho Interministerial para Redelimitação do Semiárido Nordeste e do Polígono das Secas**. Brasília, DF: MIN, 2005. p.118.
- CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **El niño**. São José dos Campos: INPE, 2011. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 21 ago 2011.
- GRUPPELLI, J. L. **Relação entre a precipitação pluvial na Região Nordeste do Rio Grande do Sul e a Temperatura da Superfície do Mar dos Oceanos Atlântico e Pacífico**. 2007. [s. f.]. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.
- HUGHES, B. L.; SAUNDERS, M. A. A. Drought Climatology for Europe. **International Journal of Climatology**, v.22, p.1571-1592, 2002.
- LABMET. Laboratório de Meteorologia do Núcleo Estadual de Meteorologia e Recursos Hídricos – NEMRH. **Informações climáticas**. São Luiz: NEMRH, 2011. Disponível em: <<http://www.nemrh.uema.br/meteoro/elnino.htm>>. Acesso em: 21 ago. 2011.
- MACEDO, M. J. H. **Análise do Índice Padronizado de Precipitação (IPP) na caracterização das secas do semiárido brasileiro**. 2010. [s. f.]. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration at time scales. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8., 1993, Anaheim/CA. **Proceedings...** Boston: American Meteorological Society, Boston, MA, 1993. 179-184. Disponível em: <<http://ccc.atmos.colostate.edu/relationshipofdroughtfrequency.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2010.

MORADI, H. R.; RAJABI, M.; FARAGZADEH, M. Investigation of meteorological drought characteristics in Fars province, Iran. **Catena**, v.84, p. 35-46, 2011.

MOREIRA, E. E.; PAULO, A. A.; PEREIRA, L. S.; MEXIA, J. T. Analysis of SPI drought class transitions using loglinear models. **Journal of Hydrology**, v. 331, p. 349-359, 2006.

THOM, H. C. S. **Some methods of climatological analyses**. Geneva World Meteorological Organization, 1966. 53p.

TONKAZ, T. Spatio-Temporal Assessment of Historical Droughts using SPI with GIS in GAP Region, Turkey. **Journal of Applied Sciences**, v.6, n.12, p.2565-2571, 2006.

TSAKIRIS, G.; VANGELIS, H. Towards a Drought Watch System based on Spatial SPI. **Water Resources Management**, v.18, n.1, p.1-12, 2004.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S. Caracterização de Períodos Secos ou Excessivamente Chuvosos no Estado do Ceará através da Técnica dos Quantis: 1964-1998. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.14, n.2, p.63-78, 1999.

WMO. World Meteorological Organization - **PRESS RELEASE N^o. 872**, Copenhagen, Geneva, 15 December 2009. Disponível em: <http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_872_en.html>. Acesso em: 3 mar. 2010.