

AVALIAÇÃO DA SECA ATRAVÉS DO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADA (SPI) EM ALGUNS MUNICÍPIOS DO SERTÃO ALAGOANO

GIVANILDO DE GOIS ¹, JOSÉ FRANCISCO DE OLIVEIRA JÚNIOR ², JORGE SILVESTRE DA SILVA ³, JOSÉ LUIZ CABRAL DA SILVA JÚNIOR ⁴, PATRICIA DA SILVA MONTEIRO ⁵

1 – Meteorologista, Prof. Mestre, Instituto de Ensino Superior de Alagoas – IESA, Maceió – AL, (0xx82) 3371-8012, givanildogois@hotmail.com.

2 – Meteorologista, Doutorando em Engenharia Civil, NCQAr-LAMCE -COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro – RJ.

3 – Eng. Civil, Prof. Especialista, Instituto de Ensino Superior de Alagoas – IESA, Maceió – AL.

4 – Meteorologista, Doutorando, Depto. de Engenharia Agrícola – DEA/UFV, Viçosa – MG.

5 – Assistente Social, Mestranda, Faculdade de Serviço Social - UFAL, Maceió-AL.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: Dados de precipitação de: Água Branca, Mata Grande e Poço das Trincheiras foram utilizados no SPI nas escalas de 3, 6, 9 e 12 meses, para avaliar a seca no Sertão Alagoano (AL). Onde, verificou-se que o SPI nas escalas de (SPI-3) e (SPI-6) meses apresentaram uma maior sensibilidade à ocorrência de eventos Extremamente úmidos em comparação ao SPI nas escalas de (SPI-9) e (SPI-12) meses, que apresentaram uma menor sensibilidade. A análise da variação do SPI, nas escalas de (SPI-3), (SPI-6), (SPI-9) e (SPI-12) meses, revelaram que o (SPI-3), apresentou oito eventos de secas de curta e longa duração nos anos de 1962, 1970, 1971, 1973, 1976, 1980, 1981 e 1983, que corresponderam a 26,7% das frequências médias dos eventos Extremamente secos. Enquanto que, para o SPI, na escala de (SPI-6) meses, observa-se no decorrer da série uma maior sensibilidade do índice a detecção de eventos Extremamente secos, com 10 eventos nos anos de 1962, 1965, 1970, 1971, 1973, 1976, 1979, 1980, 1981 e 1983. E para o SPI nas escalas de tempo de (SPI-9) e (SPI-12) meses, nota-se apenas 6 eventos Extremamente seco, nos anos de 1970, 1971, 1973, 1976, 1980 e 1983.

PALAVRAS-CHAVE: Seca, precipitação, índices de seca.

ABSTRACT: Precipitation data of: Água Branca, Mata Grande e Poço das Trincheiras was used in SPI in the scales of 3, 6, 9 and 12 months, to evaluate to the drought in the Sertão From Alagoano (AL). Where, it was verified that SPI in the scales of (SPI-3) and (SPI-6) months presented a larger sensibility to the Extremely humid occurrence of events in comparison to SPI in the scales of (SPI-9) and (SPI-12) months, that presented a smaller sensibility. The analysis of the variation of SPI, in the scales of (SPI-3), (SPI-6), (SPI-9) and (SPI-12) months, they revealed that the (SPI-3), it presented eight events of droughts of short and long duration in the years of 1962, 1970, 1971, 1973, 1976, 1980, 1981 and 1983, that corresponded at 26,7% of the medium frequencies of the Extremely dry events. While, that for SPI, in the scale of (SPI-6), it is observed in elapsing of the series a larger sensibility of the index the Extremely dry detection of events, with 10 events in the years of 1962, 1965, 1970, 1971, 1973, 1976, 1979, 1980, 1981 and 1983. And for SPI in the scales of time of (SPI-9) and (SPI-12) months, it is just noticed Extremely dry 6 events, in the years of 1970, 1971, 1973, 1976, 1980 and 1983.

WORD-KEY: Drought, precipitation, drought indexes.

INTRODUÇÃO: Estudos mostram que nas últimas décadas o homem foi um dos principais responsáveis pelas mudanças climáticas, por exemplo, as constantes secas e enchentes na maioria dos Continentes (SILVA JÚNIOR et al., 2005). Dentro deste cenário encontra-se o Brasil, onde a região do Nordeste Brasileiro (NEB) e alguns Estados do Sul, Sudeste e Norte do país, vêm registrando as maiores secas dos últimos 62 anos, com grades prejuízos econômicos e sociais (GOIS, 2005). A seca pode ser definida como um fenômeno ou processo social gerado pela escassez ou a diminuição periódica da precipitação pluvial que têm influencia socioeconômica na população rural e urbana (SOUZA et al., 1983). Na tentativa de se quantificar e caracterizá-la, diversas metodologias vêm sendo adotadas, entre as quais se destacam os índices de seca, que se fundamentam nas variáveis climatológicas e métodos estatísticos visando determinar a intensidade, a duração e a frequência de sua ocorrência (BARRA, 2000). Vários índices foram utilizados em vários países, e principalmente no NEB. Dentre eles destacam-se: Índice de Precipitação Padronizada - SPI (McKEE et al. 1993), O Índice de Severidade de Seca de Palmer - PDSI (PALMER, 1965), Índice de Porcentagem da Normal - IPN (WILLEKE et al. 1994) e o Método dos Decis - M D (GIBBS & MAHER, 1967), a Técnica dos Quantis (XAVIER & XAVIER et al., 1984) entre outros. No entanto, neste trabalho optou-se pelo SPI, no sentido de avaliar a seca em algumas localidades do Sertão Alagoano nas escalas de 3, 6, 9 e 12 meses. Visando desta forma uma maior compreensão do fenômeno da seca, na região do Sertão, e a utilização racional dos recursos naturais não renováveis no Estado.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram utilizada uma série de 30 anos (1960-1989) de dados de precipitação pluvial da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) das localidades de Água Branca, Mata Grande e Poço das Trincheiras localizadas no Sertão Alagoano conforme a TABELA 1.

TABELA 1 - Coordenadas Geográficas das Localidades do Sertão Alagoano.

Localidade	Longitude (ϕ)	Latitude (λ)	Altitude (z)
Água Branca	09° 15' 43"	37° 56' 16"	570 m
Mata Grande	09° 07' 06"	37° 44' 04"	633 m
Poço das Trincheiras	09° 18' 45"	37° 17' 08"	292 m

O Sertão de Alagoas localiza-se no Oeste do Estado, nas latitudes N-S de 08° 54' 03" e 10° 06' 23" e longitudes L-W de 37° 18' 32" e 38° 12' 15". De acordo com a classificação climática de Köppen, a região apresenta clima semi-árido (BSs'h') com precipitação sazonal muito abaixo da média anual (IMBUZEIRO, 2001). Para a analisar as ocorrências de eventos de seca foram calculados os SPIs nas escalas de 3, 6, 9 e 12 meses. De acordo com McKEE et al., (1993) a série histórica é ajustada a uma distribuição de probabilidade gama, no qual é transformada em uma distribuição normal, onde o SPI médio para cada localidade e período desejado tem o valor zero para sua média e variância unitária. A distribuição gama é definida pela função de densidade de probabilidade equação (01), a seguir:

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (01), \text{ Sendo, } \alpha > 0 \text{ } (\alpha) \text{ Parâmetro de Forma (adimensional);}$$

$\beta > 0$ (β) Parâmetro de Escala (mm); $x > 0$ (x) Total de Precipitação (mm); $\Gamma(\alpha)$ Função

gama definida pela equação (02): $\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx$ (02), O cálculo do SPI envolve o

ajustamento da função de densidade de probabilidade gama, para uma dada distribuição de frequência de totais de precipitações para uma estação. Os parâmetros de forma e escala da

função de densidade de probabilidade gama, para cada uma das três localidades foram estimados na escala de tempo mensal. Segundo, ASSIS et al., 1966, o método da máxima verossimilhança é o mais indicado para as estimativas dos parâmetros de escala e forma conforme as equações (3) e (4):

$$a = \frac{1}{4Ln(\bar{X}) - \frac{\sum_{i=1}^N Ln(X_i)}{N}} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4Ln(\bar{X}) - \frac{\sum_{i=1}^N Ln(X_i)}{N}}{3}} \right] \quad (3) \quad e \quad \beta = \frac{\bar{X}}{\alpha} \quad (4)$$

Onde, \bar{X} = Média aritmética da precipitação pluvial (mm), X_i = Precipitação pluvial (mm) Ln = logaritmo neperiano, N = número de observações. Os parâmetros de forma e de escala foram calculados para encontrar a probabilidade cumulativa de um evento de precipitação observado para a escala de tempo mensal. Onde a probabilidade cumulativa é dada pela equação (5):

$$F(x) = \int_0^{x_0} \frac{x^{a-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)} \beta^a \Gamma(\alpha)}{\beta^a \Gamma(\alpha)} \quad (5), \text{ Onde } F(x) \text{ é a probabilidade de que } X \text{ esteja entre zero e o}$$

valor X_0 . A distribuição de probabilidade cumulativa $F(x)$ é transformada em uma distribuição normal para a variável Z aleatória com média zero e variância um, onde a variável Z correspondente ao valor do SPI. Em que Z é definido pelas equações (6) e (7) dada por:

$$Z = SPI = \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \text{ para } 0 < F(x) \leq 0,5 \quad (6)$$

$$Z = SPI = + \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \text{ para } 0,5 < F(x) \leq 1 \quad (7)$$

Onde, t é definido pelas equações (8) e (9): $t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(P(x))^2} \right]}$ para $0 < F(x) \leq 0,5$ (8),

$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{1 - (P(x))^2} \right]}$ para $0,5 < F(x) \leq 1$ (9), Sendo os coeficientes $c_0 = 2,515517$;

$c_1 = 0,802853$ $c_2 = 0,010328$ e $d_1 = 1,432788$; $d_2 = 0,189269$; $d_3 = 0,001308$. A partir dos cálculos dos valores do SPI na escala de tempo mensal para as localidades da área de estudo, foram classificados conforme a Tabela 2.

TABELA 2 - Classificação dos períodos secos e úmidos do SPI, segundo McKEE (1993)

SPI	Categoria
$\geq 2,00$	Extremamente úmido
1,5 a 1,99	Muito úmido
1,00 a 1,49	Moderadamente úmido
0,99 a -0,99	Próximo ao normal
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
-1,50 a -1,99	Muito seco
$\leq -2,00$	Extremamente seco

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na TABELA – 3, encontram-se os percentuais dos valores médios das freqüências de ocorrências dos SPIs nas escalas de 3, 6, 9 e 12 meses. Onde verificam-se que o SPI nas escalas de tempo de (SPI-3) e (SPI-6) meses apresentaram uma maior sensibilidade a ocorrência de eventos “Extremamente úmidos” (30%), em comparação ao SPI nas escalas de (SPI-9) e (SPI-12) meses, que apresentaram a menor sensibilidade seguidos de valores iguais a 13,3%. Para as categorias: “Muito úmido” e “Moderadamente úmido” nota-se pequenas variações nos percentuais médios das freqüências dos eventos ao longo das escalas de (SPI-3), (SPI-6) e (SPI-9) meses, enquanto que, para o SPI na escala de (SPI-12) meses, observa-se as maiores variações percentuais das freqüências médias de eventos que foram de 10% e 13,3% na região do Sertão Alagoano. No entanto, pode-se observar que o SPI, apresenta uma forte sensibilidade na detecção de eventos “Próximos ao normal”, onde os maiores percentuais de 46,7% e 30% foram verificados nas escalas de (SPI-9) e (SPI-12).

TABELA - 3 Percentuais das freqüências médias de ocorrências dos eventos de SPI, nas escalas de tempo de 3, 6, 9 e 12 meses, na região do Sertão de Alagoas.

ESCALA	CATEGORIA	SPI - 3	SPI - 6	SPI - 9	SPI - 12
		(%)	(%)	(%)	(%)
≥ 2	EXTREMAMENTE ÚMIDO	30,0	30,0	13,3	13,3
1,50 a 1,99	MUITO ÚMIDO	3,3	6,7	6,7	10,0
1,00 a 1,49	MODERADAMENTE ÚMIDO	6,7	3,3	6,7	13,3
0,99 a -0,99	PRÓXIMO AO NORMAL	26,7	23,3	46,7	30,0
-1,00 a -1,49	MODERADAMENTE SECO	6,7	3,3	3,3	6,7
-1,50 a -1,99	MUITO SECO	0,0	0,0	3,3	6,7
$\leq -2,00$	EXTREMAMENTE SECO	26,7	33,3	20,0	20,0

Na FIGURA-1, encontra-se a variação do SPI, nas diferentes escalas de tempo, na região do Sertão Alagoano. Onde o (SPI-3), apresentou oito eventos de secas, sendo quatro desses de curta duração nos anos de 1962, 1973, 1976 e 1983 e quatro de longa duração em 1970 e 1971 e nos anos de 1980 e 1981, que corresponderam a 26,7% das freqüências médias de ocorrências dos eventos considerados “Extremamente secos” (TABELA-3 e FIGURA-1). Para o SPI, na escala de (SPI-6) meses, constatou-se uma maior sensibilidade do índice, na detecção de eventos de seca, considerados “Extremamente secos”, com um total 10 eventos, que corresponde a 33,3% das ocorrências nos anos de 1962, 1965, 1970, 1971, 1973, 1976, 1979, 1980, 1981 e 1983.

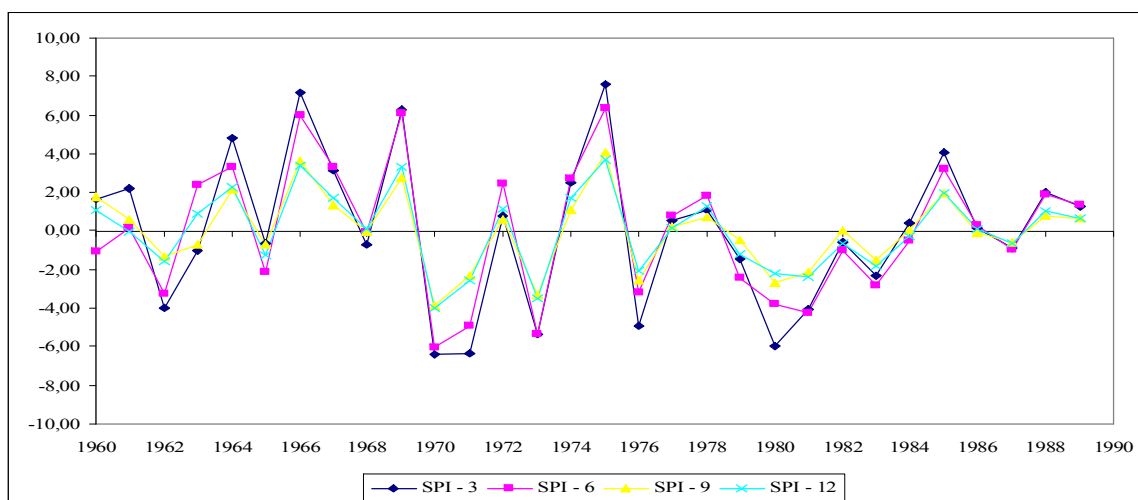


FIGURA-1 Variação do SPI nas escalas (3, 6, 9 e 12 meses) no do Sertão Alagoano 1960- 1989.

Enquanto, o SPI nas escalas de (SPI-9) e (SPI-12) meses, apresentaram o mesmo percentual de eventos Extremamente secos (20%), que totalizam 6 eventos, nos anos de 1970, 1971, 1973, 1976, 1980 e 1983. Entretanto, observa-se na FIGURA-1 e TABELA-3, que o índice (SPI), apresenta baixa ocorrência de eventos considerados “Moderadamente secos e Muito secos” nas escalas de (SPI-3), (SPI-6), (SPI-9) e (SPI-12) meses. Fato este que demonstra que a agricultura desenvolvida na região do Sertão Alagoano, é fortemente afetada pelas ocorrências de eventos Extremamente secos no decorrer da estação de plantio na região.

CONCLUSÕES: A metodologia adotada foi capaz identificar a ocorrência de secas nas diferentes escalas de tempo (SPI-3), (SPI-6), (SPI-9) e (SPI-12) meses, na região do Sertão. Onde o (SPI-3), apresentou 8 eventos de secas, sendo 4 de curta duração nos anos de 1962, 1973, 1976 e 1983 e 4 de longa duração nos anos de 1970 e 1971 e de 1980 e 1981, que correspondem a 26,7% dos eventos considerados “Extremamente secos”. Enquanto, o SPI na escala de (SPI-6) meses, aponta para uma maior sensibilidade do índice, na detecção de eventos “Extremamente secos”, com um total de 10 eventos, que correspondem a 33,3% das ocorrências, em 1962, 1965, 1970, 1971, 1973, 1976, 1979, 1980, 1981 e 1983. Já as escalas de (SPI-9) e (SPI-12) meses, apresentaram o mesmo percentual de eventos extremamente secos (20%), que totalizam 6 eventos, nos anos de 1970, 1971, 1973, 1976, 1980 e 1983. Quanto ao SPI nas categorias Moderadamente secos e Muito secos, para as escalas de 3 a 12 meses, nota-se que o mesmo apresentou baixa ocorrência desse tipo de eventos na série analisada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ASSIS, F. N; ARRUDA H. V. & PEREIRA A.R. **Aplicações de Estatística à Climatologia**. Pelotas: Ed. Universitária / UFPEL, Rio Grande do Sul - RS. p 61-69, 1996.

BARRA, T. S. **Análise climatológica das secas do estado do Ceará**. Viçosa-MG, UFV/DEA, 2000. 97 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola.) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GIBBS, W.J. & MAHER, J.V., 1967. **Rainfall Deciles as Drought Indicators**. Bureau of Meteorology Bulletin, No. 48, Commonwealth of Australia, Melbourne.

GOIS, G. **Caracterização da seca e seus efeitos na produção da cultura do milho para as diferentes regiões do estado de Minas Gerais**. Viçosa-MG, UFV/DEA, 2005. 116 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola.) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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, pp. 179–184.

PALMER, W. C. **Meteorological Drought**. Research Paper, n.45, U. S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D. C. 1965. 58p.

SILVA JÚNIOR, J.L.C., COSTA, L. C., GOIS, G., Avaliação da ocorrência de seca em seis municípios do Estado de Minas Gerais-Brasil, Utilizando o índice de Precipitação Padronizada-SPI. In: **IX CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGIA**, (CD-ROM). Argentina, 2005.

WILLEK, G., J.R.M. HOSKING, J.R. WALLIS, AND N.B. GUTTMAN, 1994. **The National Drought Atlas**. Institute for Water Resources Report 94-NDS-4, U.S. Army Corps of Engineers, 1994.

XAVIER, T.M.B.S. & XASVIER, A.F.S. Classificação de anos secos e chuvosos na Região Nordeste do Brasil e sua distribuição espacial. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, 3., 1984, Belo Horizonte. **Anais...** Minas Gerais, Sociedade Brasileira de Meteorologia, v.1, p. 267-275.