



## PREVISIBILIDADE DO ÍNDICE DE SECA MENSAL NO ESTADO DO CEARÁ

Pedro V. de Azevedo<sup>(1)</sup>, Alcides O. SILVA<sup>(2)</sup>, Telma L. B. Alves<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande-PB, Brasil (pvieira@dca.ufcg.edu.br), <sup>(2)</sup>Doutorando em Meteorologia da UFCG/CTRN/DCA, <sup>(3)</sup>Aluna de Pós- Graduação em Recursos Naturais (PPGRN/CTRN/UFCG) (telmalu@yahoo.com)

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 2 a 6 de Setembro de 2013, Centro de Eventos Benedito Nunes, Universidade Federal do Para- UFPA

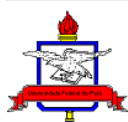
**RESUMO:** Dados de precipitação pluviométrica e temperatura do ar, para o período de 1973 a 2002, foram usados na caracterização da seca e da previsibilidade do índice de seca mensal para a mesorregião Noroeste do estado do Ceará, com base nos índices de severidade seca de Palmer (ISSP) e de seca de Bhalme & Mooley modificado (ISBMM). Os resultados evidenciaram que: 1) O índice de severidade da seca de Palmer (ISSP) subestima a frequência de ocorrências de secas no estado do Ceará, tanto em quantidade quanto em intensidade. Entretanto, o ISSP estabelece melhor os períodos de umidade extrema, podendo ser utilizado para o monitoramento de eventos chuvosos; 2) O índice de Bhalme e Mooley Modificado (ISBMM) mostrou-se mais sensível às variações de umidade no solo, com bom desempenho na identificação de períodos secos e úmidos e do grau de severidade de seca; 3) Finalmente, os valores mensais do ISSP para todas as mesorregiões do Estado do Ceará apresentam uma autocorrelação de primeira ordem altamente significativa ( $r^2 > 0,90$ ).

**Palavras-chave:** Índice de severidade de seca de Palmer, Índice de seca de Bhalme & Mooley modificado, Modelos autoregressivos.

### PREDICTIBILITY OF THE MONTHLY DROUGHT INDEX FOR THE CEARÁ STATE

**ABSTRACT:** Data on rainfall and air temperature for the period from 1973 to 2002 were used in the characterization of drought and predictability of monthly drought index for the mesoregion northwest of Ceará state, based on the Palmer drought severity index (PDSI) and the modified Bhalme & Mooley drought index (MBMDI). The results showed that: 1) The Palmer drought severity index underestimates the frequency of occurrence of droughts in the state of Ceará, both in quantity and in intensity. However, the PDSI better provides the periods of extreme humidity, it can be used to monitor rainfall events; 2) The MBMDI was more sensitive to variations in soil moisture, with good performance in the identification of wet and dry periods and degree of drought severity; 3) Finally, the monthly values of the PDSI for all mesoregions of Ceará showed a highly significant ( $r^2 > 0.90$ ) first-order autocorrelation.

**Keywords:** Palmer drought severity index, modified Bhalme & Mooley drought index, autoregressive models.





## INTRODUÇÃO

O monitoramento regional e estadual do índice de seca pode ser útil a vários propósitos, tais como: fornecer às autoridades de planejamento uma ideia do grau de anormalidade relativa das condições do tempo e do clima na região; definir as melhores épocas de semeadura e avaliar as disponibilidades hídricas do solo; verificar a eficiência do sistema de abastecimento de água para os reservatórios; etc. (Azevedo & Silva, 1994). O índice de severidade de seca de Palmer (ISSP) tem sido utilizado, com sucesso, na caracterização da severidade das secas na Austrália (Kothavala, 1999); no Brasil (Assis et al., 1997; Barra et al., 2002; Sansigolo, 2004; Blain & Brunini, 2007; Fernandes, 2010; Silva, 2011); no Canadá (Akinremi et al., 1996); nos Estados Unidos (Palmer, 1965), e na Europa (Briffa et al., 1994).

Entre os modelos de previsão de séries temporais mais complexos encontram-se os modelos autorregressivos (AR), através dos quais o valor futuro da variável pode ser previsto pela combinação com valores reais passados e o erro correspondente. Assis, as séries temporais do índice de seca podem ser autocorrelacionadas através de modelos autorregressivos (AR), os quais consideram que a correlação de uma variável  $X$  em dado tempo, com seu valor  $K$  períodos de tempo anteriores é dada por  $\rho_x(K)$  e é chamada de correlação serial de ordem  $K$ . Se  $\rho_x(K)$  pode ser aproximada por  $\rho_x(K) = \rho_x^K(1)$ , então a série temporal da variável aleatória  $X$  pode ser modelada por um processo de Markov de primeira ordem, o qual assume que as correlações para passos (lags) superiores a 1 não são importantes, isto é, que a correlação de lag 1 explica significativamente a variabilidade do modelo.

Deste modo, este trabalho objetivou a determinação da previsibilidade da intensidade mensal da seca no estado do Ceará, através das séries temporais do índice de seca.

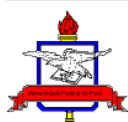
## MATERIAL E MÉTODOS

Séries pluviométricas, fornecidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME e de temperatura do ar (média, mínima e máxima), obtidas pelo software ESTIMA T (Cavalcanti *et al.*, 2005) foram usadas na elaboração do balanço hídrico e estimativa dos valores mensais dos índices de seca de Palmer (ISSP) - Palmer (1965) e de Bhalme & Mooley Modificado (ISBMM) - Bhalme & Mooley (1980) para Mesorregião Noroeste do estado do Ceará.

O modelo autorregressivo de primeira ordem foi expresso como:

$$X_{i+1} = \mu_x + \rho_x(1)(X_i - \mu_x) + Z_{i+1}\sigma_x[1 - \rho_x^2(1)]^{1/2} \quad (1)$$

A aplicação da equação (1) implica na estimativa de  $\mu_x$ ,  $\sigma_x$  e  $\rho_x(1)$  com base nos valores amostrais  $X_{med.}$ ,  $S_x$  e  $r_x(1)$ , além da seleção aleatória de  $z_{i+1}$  baseado numa distribuição  $N(0, 1)$ . O grau de concordância entre os valores do índice de seca observados (O) ou estimados ( $E_{ISSP}$ ) pelo modelo ISSP e simulados (S) ou estimados ( $E_{ISBMM}$ ) pelo modelo ISBMM foi avaliado pelo coeficiente de Pearson ( $r$ ), índice de concordância de Willmott (1982) -  $d$  e índice de confiança de Camargo & Sentelhas (1997) -  $c$ , como segue:



$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{s})(o_i - \bar{o})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (s_i - \bar{o})^2 \sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})^2}}, \quad d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (o_i - s_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|(s_i - \bar{o})| + |(o_i - \bar{o})|)^2}, \quad 0 \leq d \leq 1, \quad c = r \cdot d \quad (2)$$

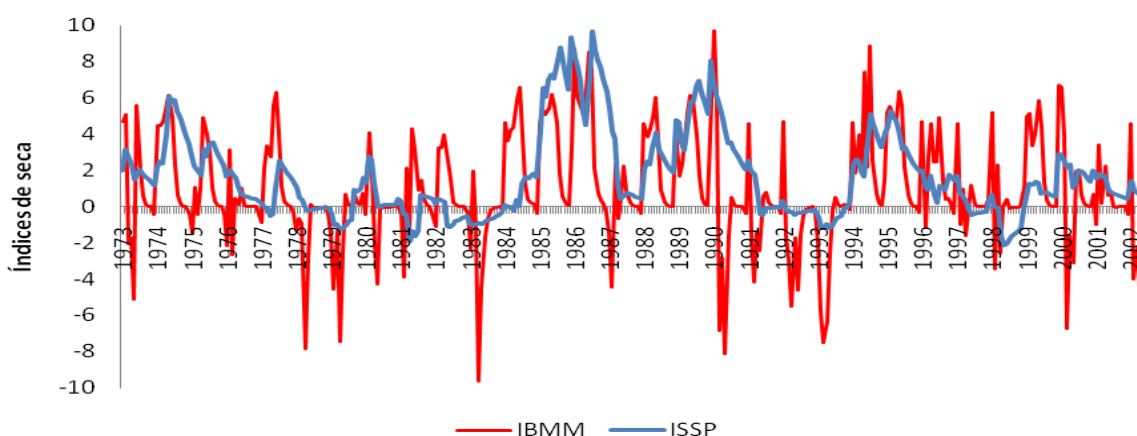
Onde:  $O_i/E_{ISSP_i}$  e  $S_i/E_{ISBMM_i}$  são os valores observados ou estimados pelo modelo de Palmer e simulados ou estimados pelos modelos do Palmer e Bhalme & Mooley Modificado, respectivamente,  $\bar{O}$  é a média dos valores observados e  $\bar{S}$  é a média dos valores simulados,  $s^2$  é a variância,  $N_O/N_{EISSP}$  e  $N_S/N_{EISBMM}$  são os tamanhos das amostras observadas ou estimadas pelo modelo  $E_{ISSP}$  e simuladas ou estimadas pelo modelo  $E_{ISBMM}$ , respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### a) Comportamento mensal do índice de seca

O comportamento mensal dos índices de severidade de seca de Palmer (ISSP) e de Bhalme e Mooley Modificado (ISBMM) para a localidade de Cariré é apresentado na Figura 1. Observou-se que, em geral, os dois índices assumiram valores positivos e negativos de forma assimétrica ao longo do período analisado. Essa assimetria entre estes dois índices pode ser observada no período de março a junho de 1973, quando o ISSP apresentou condições de extrema umidade enquanto que o IBMM apresentou condições de seca extrema. De acordo com Sansigolo (2004), o comportamento destes dois índices na caracterização dos eventos de seca é bem distinto, pois têm fundamentos físicos diferentes, visto que o ISSP, além da precipitação ainda inclui o balanço hídrico no solo.

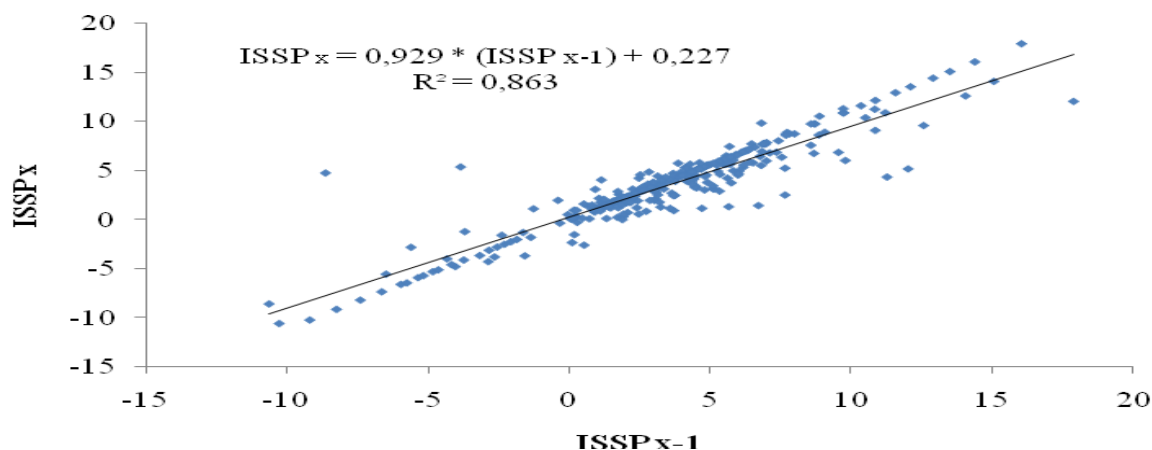
Em síntese, observou-se que de acordo com o ISBMM foram observados três eventos de secas consideradas severas, ocorridas nos períodos de 1981 a 1983, de 1990 a 1994 e de 1998 a 2002. Enquanto que o ISSP apenas classificou como seca moderada o período compreendido entre os anos de 1981 e 1983 (Fig. 1).



**Figura 1:** Comportamento dos valores mensais dos índices de seca IBMM e ISSP para o período de 1973 a 2002, em Cariré – CE (Mesorregião Noroeste).

### b) Modelo de previsão do ISSP mensal

A aplicação do modelo de autorregressão de primeira ordem para a localidade de Cariré-CE, no período de Jan/1977 a Dezembro/2002 (Figura 2), indica que  $ISSP_{x-1}$  explica aproximadamente 90% da variabilidade de  $ISSP_x$ . Assim, a previsão do valor mensal do índice de severidade de seca de Palmer (ISSP) pode ser obtida como  $ISSP_x = 0,929*(ISSP_{x-1}) + 0,227$ , com  $R^2 = 0,863$ . Desta forma, a previsão do ISSP para Jan/2003 será de 1,55.



**Figura 2:** Autorregressão de primeira ordem para o índice de severidade de seca de Palmer (ISSP) mensal para a localidade de Cariré - CE

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

1) O índice de severidade da seca de Palmer (ISSP) subestima a frequência de ocorrências de secas no estado do Ceará, tanto em quantidade quanto em intensidade. Entretanto, o ISSP estabelece melhor os períodos de umidade extrema, podendo ser utilizado para o monitoramento de eventos chuvosos; 2) O índice de Bhalme e Mooley Modificado (ISBMM) mostrou-se mais sensível às variações de umidade no solo, com bom desempenho na identificação de períodos secos e úmidos e do grau de severidade de seca; 3) Finalmente, os valores mensais do ISSP para todas as mesorregiões do Estado do Ceará apresentam uma autocorrelação de primeira ordem altamente significativa ( $r^2 > 0,90$ ).

## REFERÊNCIAS

AKINREMI, O. O.; MCGINN, S. M.; BARR, A. G. Evaluation of the Palmer Drought Index on the Canadian Prairies. *Journal of Climate*, Boston, v.9, n.5, p. 897-905, 1996.

ASSIS, F. N.; MARTINS, S. R.; MENDEZ, M. E. G. Índice de severidade de seca de Palmer no Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10, 1997, Piracicaba. Anais. Piracicaba: SBAGRO, 1997. p.383-385.

AZEVEDO, P. V. & SILVA, V. P. R. 1994. Índice de seca para microrregião do agreste da Borborema no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 9 (1): p.66-72.



XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA  
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia  
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013  
Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade  
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia



BARRA, T. S.; COSTA, J. M. N.; RAMANA RAO, T. V.; SEDIYAMA, G. C.; FERREIRA, W. P. M. DANTAS NETO, F. S. Caracterização climatológica da severidade de secas do Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.2, p.266-272, 2002.

BHALME, H. N. & MOOLEY, D. A. Large-scale drought/floods and monsoon circulation. *Mon. Wea. Rev.*, v.8, p. 1197-1211, 1980.

BLAIN G. C. E BRUNINI O. Análise da escola temporal de monitoramento das secas agrícolas e meteorológicas no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.2, p. 255-261, 2007.

BRIFFA, K.; JONES, P.; HULME, M. Summer moisture availability across Europe, 1892-1991: An analysis based on the Palmer drought severity index. *International Journal of Climatology*, Sheffield, n.14, p.457-506, 1994.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. *Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.5, p.89-97, 1997.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.1, p.140-147, 2005.

FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; PAZ, R. L. F.; AMORIM, A. O. **Desempenho de índices quantitativos de seca na estimativa da produtividade de arroz de terras altas.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.8, p.771-779, 2010.

KOTHAVALA, Z. The duration and severity of drought over eastern Australia simulated by a coupled ocean-atmosphere GCM with a transient increase in CO<sub>2</sub>. *Environmental Modelling and Software*, New York, n.14, p.243-252, 1999.

PALMER, W.C. *Meteorological drought*. Washington: U.S. Weather Bureau, 1965. 65p.

SANSIGOLO, C. A. Análise comparativa do desempenho dos índices de seca de Palmer (ISSP) e da precipitação normalizada (SPI) em Piracicaba, SP (1917-2001). Rio de Janeiro-RJ. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.19, n.3, 237-242, 2004.

SILVA, A. O. Aplicação do índice de seca na caracterização da seca no Estado do Ceará. Tese de Doutorado em Recursos Naturais, PPGRN/CTRN/UFCG, 2011, 123p.

WILLMOT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.63, n.11, p.1309-1313, 1982.

