



ÍNDICES DE SEVERIDADE DE SECA APLICADOS NA PRODUÇÃO DO MILHO EM TRÊS MESORREGIÕES DO ESTADO DE MINAS GERAIS, MG

Givanildo de Gois¹, Rafael Coll Delgado², José Francisco de Oliveira Júnior², Gustavo Bastos Lyra², Felipe Gomes Brasileiro³

1 Meteorologista, Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, IF/UFRRJ, Seropédica – RJ
Fone: (0 xx 21) 7163 1744, givanildogois@gmail.com.

2 Meteorologista, Prof. Adjunto, Depto. de Ciências Ambientais, IF/UFRRJ, Seropédica - RJ.

3 Licenciatura em Ciências Agrícolas, Estudante, Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Instituto de Educação, UFRRJ, Seropédica - RJ,

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

RESUMO: Neste trabalho avaliou-se por meio do Índice Padronizado de Seca (SPI - *Standardized Precipitation Index*) e o Método dos Decis (MD) na ocorrência de secas na produção do milho para três mesorregiões de Minas Gerais (MG) no período de outubro a janeiro de 1974 a 2003. Os resultados obtidos revelam que o índice SPI obteve melhor desempenho no monitoramento da seca agrícola ao longo do período baseado na utilização do modelo resíduo da produção e índices de secas (SPI e MD). Entretanto, faz-se necessário outros estudos baseado em outros índices e aplicados no estado de MG.

PALAVRAS-CHAVE: produtividade agrícola, variável climática e métodos estatísticos.

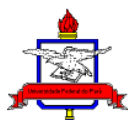
ÍNDICES DE SEVERIDADE DE SECA APLICADOS NA PRODUÇÃO DO MILHO EM TRÊS MESORREGIÕES DO ESTADO DE MINAS GERAIS, MG

ABSTRACT: In this work was evaluated using Standardized Precipitation Index – SPI and the method of Decis (MD) in the occurrence of droughts in the corn production for three mesoregions of Minas Gerais (MG) on period from October to January of 1974 to 2003. The results obtained reveal that the index SPI performed better on monitoring of agricultural drought during the period based on the use of the residue model production and drought index (SPI e MD). However, it is necessary to further studies based on others index and applied in the MG state.

KEYWORDS: agricultural productivity, variable climate and statistical methods.

INTRODUÇÃO

A seca é um dos fenômenos climáticos extremos que mais causam prejuízos às atividades humanas e a produção agrícola (BURKE et al., 2005). Ocorrências rotineiras de seca tem impacto direto nos setores de produção de um país, e resultam em perdas econômicas incalculáveis na produção de *commodities* (soja, suco de laranja, açúcar e álcool, trigo,





algodão, borracha, café, milho) (FERNANDES et al., 2011). Neste cenário encontra-se o Brasil, que sofre constantemente com eventos de seca, que atinge a região Nordeste e parte das regiões Sul, Sudeste, Cento-Oeste e Norte (GOIS, 2005). Segundo o Ministério da Agricultura, (2012) o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, sendo o estado de Minas Gerais o líder na safra 2011/2012. No entanto, o crescimento e desenvolvimento do milho, como as demais culturas, é resultado da complexa interação de fatores edafoclimáticos e tratos culturais, que por sua vez influenciam nas atividades fisiológicas da produção de grãos e matéria seca (SANS et al., 2012). Em razão disto, existe a necessidade de se estudar a intensidade e as ocorrências de eventos de secas no Brasil, por meio de índices de seca que se baseiam em ferramentas estatísticas e matemática, e seu impacto nos rendimentos das culturas. Assim, possibilita a caracterização ambiental de acordo com a probabilidade de ocorrência de eventos extremos, o que auxilia na indicação de genótipos mais adequados aos ambientes de plantio (FERNANDES et al., 2011). Entre os índices de seca existente na literatura, o índice de precipitação padronizado – SPI (adotado no texto em inglês, Standardized Precipitation Index) e o Método dos Decis - MD, têm sido os mais utilizados, por necessitarem como variável de entrada apenas a precipitação pluvial, nas diferentes escalas de tempo e percentuais. Desta forma o objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho dos índices SPI e MD nas ocorrências de seca agrícola e seu impacto na produção de milho no período de outubro a janeiro de 1974 a 2003 em três mesorregiões do estado de Minas Gerais .

MATERIAL E MÉTODOS

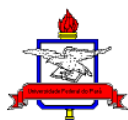
Dados de precipitação e de produção de milho de uma série histórica de 30 anos (1974 a 2003) das mesorregiões Zona da Mata, Triângulo/Alto Paranaíba e Metropolitana de Belo Horizonte do Estado de Minas Gerais, fornecidos pelo 5º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, foram utilizados, para avaliar o desempenho do SPI e MD na produção do milho no período de outubro a janeiro (estação de cultivo). Para o cálculo do SPI, utilizou-se uma série histórica ajustada a distribuição gama, para representar a distribuição de frequência da precipitação A função de densidade de probabilidade da distribuição gama é definida pela equação (1):

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

(β) Parâmetro de Escala (mm); $x > 0$ (x) Total de Precipitação (mm); $\Gamma(\alpha)$ Função gama definida pela equação (2):

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad (2)$$

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 de outubro a janeiro. Segundo ASSIS et al., (1966), o método da máxima verossimilhança (MMV) é o mais indicado para as estimativas dos parâmetros α e β conforme as equações (3), (4) e (5):





$$\alpha = 1/4A(1 + \sqrt{1 + 4A/3}) \quad (3) \quad \beta = \bar{x}/\alpha \quad (4) \quad A = \ln(\bar{x}) - \sum \ln(x)/n \quad (5)$$

em que, \bar{X} = Média aritmética da precipitação pluvial (mm), \ln = logaritmo neperiano, n = número de observações de precipitações. Os parâmetros α e β foram utilizados para encontrar a probabilidade cumulativa $F(x)$, em função da precipitação observada para a escala de tempo de outubro a janeiro. Onde a probabilidade cumulativa é dada pela equação (6):

$$F(x) = \int_0^{x_0} \frac{x^{a-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)} dx}{\beta^a \Gamma(a)} \quad (6)$$

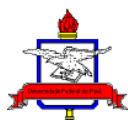
em que, $F(x)$ é a probabilidade cumulativa de que X esteja entre zero e o valor X_0 . A distribuição de probabilidade cumulativa $F(x)$ é transformada em uma distribuição normal para a variável Z aleatória com média zero e variância um, em que a variável Z correspondente ao valor do SPI. No qual Z é definido pelas equações (7) e (8) onde t é definida pelas equações (9) e (10):

$$Z = \text{SPI} = \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad 0 < F(x) \leq 0,5 \quad (7) \quad t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(P(x))^2} \right]} \quad (9)$$

$$Z = \text{SPI} = \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad 0,5 < F(x) \leq 1 \quad (8) \quad t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{1 - (P(x))^2} \right]} \quad (10)$$

em que, os coeficientes $c_0 = 2,515517$; $c_1 = 0,802853$ $c_2 = 0,010328$ e $d_1 = 1,432788$; $d_2 = 0,189269$; $d_3 = 0,001308$. Os valores do SPI para as escala de tempo de outubro a janeiro foram classificados de acordo com a metodologia proposta por McKEE et al. (1993).

A técnica dos decis foi desenvolvida por GIBBS & MAHER (1967) baseada em um longo período de registro de precipitações, dividido em 10 partes iguais. Todavia, a definição dos decis obedece ao mesmo princípio dos quartis, com a modificação da porcentagem de valores do decil que se pretende calcular. Utilizou-se para este trabalho a técnica citada anteriormente para avaliar a ocorrência de seca nas três mesorregiões. Os quantis são $Q_{0,05}$, $Q_{0,25}$, $Q_{0,50}$, $Q_{0,75}$, $Q_{0,95}$ (5 %; 25 %; 50 %, 75 % e 95 %) com a finalidade de classificar os decis (D1 - 2, D3 - 4,... D9 - 10), utilizou-se a metodologia proposta por GIBBS & MAHER (1967). Para analisar a influência dos elementos meteorológicos sobre a produção do milho nas três mesorregiões, foi realizada uma análise da evolução da produção da cultura do milho nas regiões ao longo dos anos, através de um simples ajuste que considera a produção como uma variável dependente e os anos como variável independente. Este ajuste resulta em uma função chamada de Tendência Tecnológica (TT), que permite explicar a influência das variáveis tecnológicas no aumento da produção agrícola no decorrer do tempo (GOIS, 2005). Os





resíduos obtidos entre a diferença dos valores de produção observada e a função TT foram ajustados em um modelo que considera os índices de seca como variáveis independentes e os resíduos como variáveis dependentes. A determinação do índice de seca, mais apropriado para a região e cultura do milho foi realizada considerando o índice que melhor explicasse estatisticamente o resíduo entre a produção observada e a função TT. Os ajustes entre os índices de seca e os resíduos da produção, para área de estudo, foram verificados através da utilização de ferramentas estatísticas: coeficiente de determinação (r^2), o Erro Quadrado Médio (EQM), o Erro Médio Absoluto (EMA), desvio padrão (σ) e o índice de concordância de Willmontt (d).

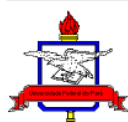
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as mesorregiões analisadas (Tabela 1), a Zona da Mata foi a que apresentou o maior índice de concordância (d), seguidos pelos menores EQM, EMA e r^2 para os índices SPI e MD. Embora, notou-se que de forma geral todas as mesorregiões apresentaram baixos valores de r^2 , respectivamente. Enquanto, as mesorregiões do Triângulo/Alto Paranaíba e Metropolitana de Belo Horizonte se diferenciaram por apresentar os maiores valores do EQM, EMA e baixos valores de (d). Verificou-se que, a Zona da Mata foi a mesorregião que apresentou o maior desvio padrão do índice de seca em comparação as demais.

Tabela 1. Resultados estatísticos (EQM, EMA, d, σ e r^2) utilizados para identificar o melhor índice (SPI e MD) de seca agrícola nas três Mesorregiões da área de estudo.

Mesorregião	Zona da Mata	Triângulo Alto Paranaíba	Met. de Belo Horizonte
Erro Quadrado Médio - EQM (t)	612,26	33812,06	1060,54
Erro Médio Absoluto – EMA (t)	480,47	24875,33	864,28
Índice de Concordância (d)	0,3506	0,2228	0,0443
Desvio Padrão (σ)	1,49	1,30	1,35
Coeficiente de Determinação (r^2)	0,0762	0,0331	0,0011

Na análise temporal dos índices SPI e MD para as três mesorregiões do Estado mostraram similaridade (Figura 1) entre os índices SPI e MD. O SPI foi o índice que apresentou maior sensibilidade na categorização dos eventos moderadamente secos a extremamente secos (9, 11 e 11 eventos) nas três mesorregiões, ao contrário do índice MD que categorizou eventos de seca extremas a severas (8, 6 e 6 eventos) na série em questão. Os anos de 1977 e 1990 foram anos, extremamente secos e de seca severa, que induziram a queda na produção do milho de 537 toneladas (t) a 313 t na Zona da Mata. Na Mesorregião do Triângulo/Alto Paranaíba os anos 1978 e 1981 foram anos moderadamente secos a de seca severas, que provocaram uma grande queda na produção (6.027 t e 10.888 t), seguidos pelos anos de 1984, 1988, 1995 e 1996, que foram anos extremamente secos e secas severas com quedas significativas na produção (27.894 t, 15.365 t e 7.261 t). A mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, por sua vez, apresentou as ocorrências de eventos extremamente secos, a seca extrema e severa nos anos de 1986, 1988, 1995 como queda na produção (987 t, 2.221 t e 366 t), eventos



moderadamente secos foram registrados em 1998 e 2001 com queda na produção de milho (629 t a 1.314 t).

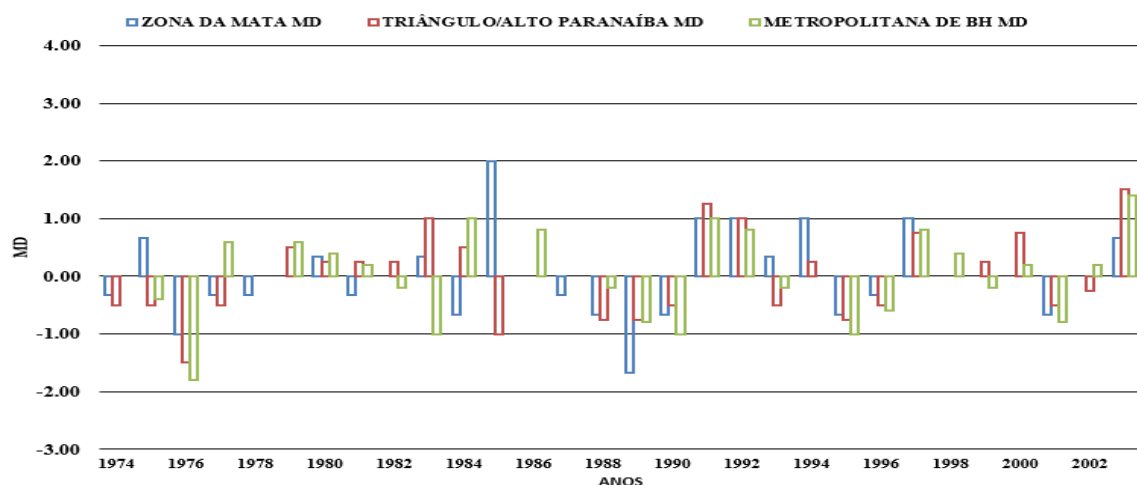
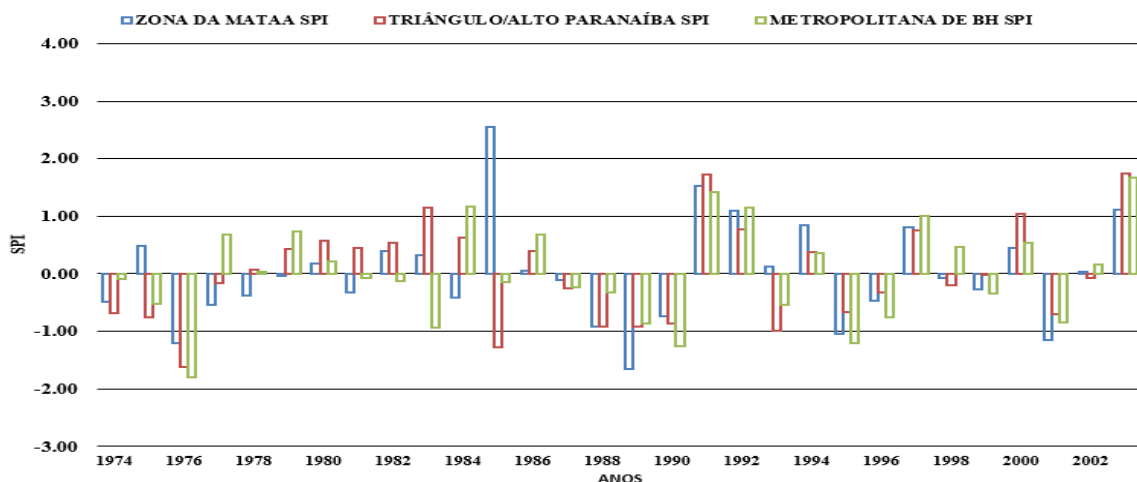


Figura 1. Variação temporal dos índices de seca (SPI e MD) nas três Mesorregiões do Estado de Minas Gerais, no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003.

CONCLUSÕES

O índice SPI é adequado para o monitoramento da seca agrícola nas três mesorregiões de estudo, por meio da utilização do modelo resíduo da produção. Anos específicos nas três mesorregiões afetam diretamente a produção do milho, sendo atuação de variabilidade climática no período de estudo. Todavia, é necessário mais estudos mediante aplicação de outros índices existentes na literatura e a incorporação do modo de variabilidade climática El



Nino-Oscilação Sul (ENOS), na sua fase quente e fria, para a obtenção de novos resultados em Minas Gerais.

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.
- BURKE, E.J.; BROWN, S.J.; CHRISTIDIS, N. Modeling the recent evolution of global drought and projections for the twenty first century with the Hadley Centre climate model. **Journal of Hydrometeorology**, v.7, p.1113-1125, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Culturas – Milho**. [home page]. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/trigo>>. Acesso em: 17 dezembro 2012.
- FERNANDES, D.S.; HEINEMANN, A.B. Estimativa da variação da produtividade do arroz em diferentes escalas temporais do índice SPI. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.335-342, 2011.
- 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**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil, 141p., 2005.
- 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.
- SANS, L. M. A., SANTANA, D. P. **Embrapa Milho e Sorgo – Sistema de Produção 1**, ISSN 1679-012 Versão Eletrônica-2^a Edição. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/clima esolo.htm>. Acesso em: 17 dezembro 2012.

