

A PRECIPITAÇÃO PLUVIAL COMO INDICADOR DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE SOJA NO MARANHÃO

RONALDO H. N. DE MENEZES¹, RENILSON T. DANTAS²,
FRANCISCO DE A. S. DE SOUSA³

¹Bacharel em Meteorologista, Doutorando em Meteorologia-UFCG, professor Assistente II-UEMA, São Luís-MA, Fone (98) 244-0915, ronaldo@nemrh.uema.br, ²Dr. em Agronomia, Professor Adjunto UACA/CTRN/UFCG, ³Dr. em Hidráulica e Saneamento, Professor Adjunto UACA/CTRN/UFCG

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

RESUMO: A variabilidade da precipitação pluvial sobre o estado do Maranhão é o principal fator que afeta a produtividade agrícola. Neste sentido, este estudo utilizou a técnica de Análise em Componentes Principais para determinar regiões homogêneas da precipitação pluvial no estado do Maranhão e para determinar os índices de precipitação, que serviram como variáveis independentes de entrada em modelos de regressão, para quantificar a produção de soja (variável dependente). O estado do Maranhão foi dividido em quatro sub-regiões pluviometricamente homogêneas, sendo escolhida a sub-região localizada no extremo Sul, onde se concentra 98% da produção de soja. Três índices de precipitação foram determinados. O índice associado a primeira componente foi o que melhor se correlacionou com a quantidade de soja produzida. Três modelos de regressão foram propostos, o cúbico e o quadrático foram os que melhor se ajustaram aos dados empíricos.

PALAVRA CHAVE: Regiões pluviometricamente homogêneas, componentes principais, índice de precipitação.

ABSTRACT: The variability of the pluvial precipitation on the state of the Maranhão is the main factor that affects the agricultural productivity. In this direction, in this study is used the technique of Principal Components Analysis to determine homogeneous pluvial precipitation regions on the state of the Maranhão and in the determination of precipitation indices, which had served as changeable independent in regression models, being the dependent variable the produced amount of soy. The state of the Maranhão was divided in four homogeneous regions, being chosen the located one in the South extremity, where concentrated 98% of the soy production. Three precipitation indices has been determined, being the associate to the first component the best correlated with the produced amount of soy, salient in three models of regression, where cubical and the quadratic one had been the ones that better if had adjusted to the data.

KEYWORDS: precipitation homogeneous regions, principal components, precipitation indices

INTRODUÇÃO: A variabilidade espaço-temporal da precipitação é o principal fator que afeta a produtividade agrícola do estado do Maranhão, que tem mostrado tendências de crescimento ao longo dos anos, principalmente no que se refere a produção de soja, sendo um dos maiores produtores do Nordeste do Brasil (IBGE, 2006). A técnica de análise em componentes principais tem apresentado resultados promissores quando o objetivo é o de determinar regionalizações mais consistentes com base nas características climáticas regionais, e auxiliando na construção dos indicadores climáticos que mais interferem na produtividade agrícola (MACHADO *et. al.*, 1996; KELLER *et. al.*, 2005; CARDIM, 2001; CARDIM, 2005). Neste trabalho, utilizou-se a Análise em Componentes Principais - ACP para delimitar o estado do Maranhão em zonas pluviometricamente homogêneas e para propor um índice pluviométrico específico para a região Sul, visando o ajuste de um modelo que melhor explique a quantidade de soja produzida.

MATERIAL E MÉTODOS: O estado do Maranhão ocupa área de 333.365,6 Km². É limitado ao Norte pelo Oceano Atlântico, e pelos estados do Piauí a Leste, Tocantins ao Sul e Pará a Oeste (Figura 1).

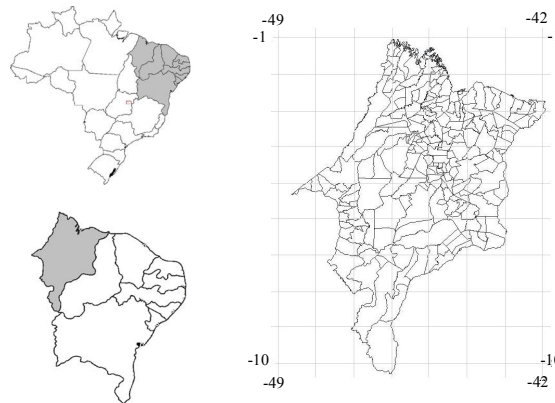


Figura 1. Localização geográfica do estado do Maranhão

Foram utilizados dados de precipitação pluvial mensal (1990 a 2004) de 80 postos pluviométricos distribuídos no estado (ANA, 2006) e de produtividade agrícola da soja (1990 a 2004) – IBGE (2006).

A regionalização da precipitação pluvial foi efetuada com base na técnica de Análise em Componentes Principais – ACP, seguindo a seqüência da Figura 2, considerando as cargas fatoriais (correlação) igual ou maiores que 0,7 entre as Componentes Principais-CP (Y_i) e os postos pluviométricos (X_k), dada pela expressão 1. As CPs são combinações lineares das variáveis originais, sendo que cada uma acumula, em ordem decrescente, uma parte da variância total dos dados. Os autovalores foram submetidos à rotação pelo método VARIMAX no sentido de melhorar a interpretação dos resultados obtidos pelas CPs, que segundo Dyer (1975) remove ambigüidades dos dados e não afeta a variância explicada pelas CPs. Adotou-se o critério de Kaiser para a identificação do número de CPs retidas, o qual considera somente os autovalores maiores que a unidade.

$$\rho_{Y_i, X_k} = \frac{e_{ki} \sqrt{\lambda_i}}{\sqrt{\sigma_{kk}}}; i, k = 1, \Lambda, p \quad (1)$$

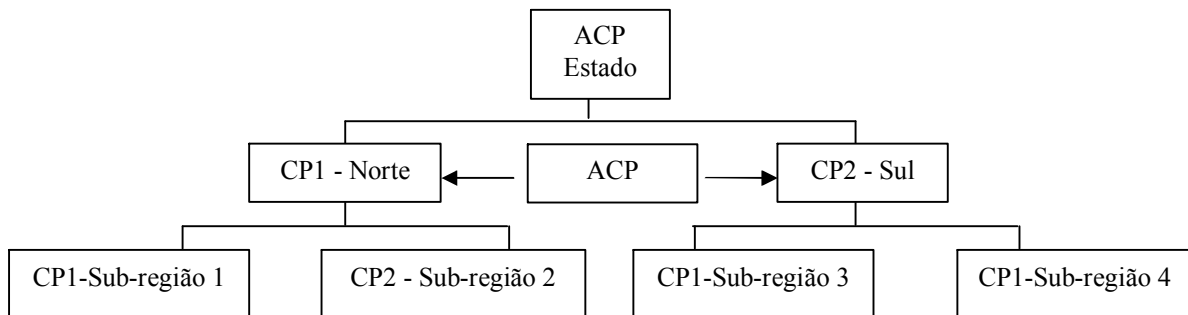


Figura 2. Fluxograma metodológico para regionalização da precipitação por ACP

Os postos pluviométricos referentes a sub-região onde se concentra a produção de soja foram submetidos a ACP no modo temporal, considerando uma matriz com 12 colunas (meses) e n postos pluviométricos. Em seguida, os meses com cargas fatoriais iguais ou maiores que 0,7 foram utilizados na obtenção dos índices pluviométricos, pois sustentam a maior proporção de variância da precipitação nos fatores retidos. Estes índices foram utilizados como variáveis independentes em alguns modelos de regressão, onde a variável dependente foi à quantidade produzida de soja sobre a sub-região. A consistência dos modelos foi avaliada pelo coeficiente de determinação “ r^2 ”, o qual indica a precisão dos mesmos, ou seja, o quanto da variação da variável dependente é explicado pelas variáveis independentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A ACP aplicada inicialmente aos 80 postos pluviométricos, subdividiu o estado do Maranhão em duas grandes regiões: a Centro-Norte (48 postos), definida pela CP1 e a Centro-Sul (32 postos), definida pela CP2, que estão associadas a diferentes sistemas atmosféricos atuantes no estado, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Frentes Frias e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), respectivamente. Essas duas regiões foram submetidas à nova ACP: a Centro-Norte foi subdividida em duas sub-regiões (entre 1° e 3° de latitude sul, 41,7° e 46,5° de longitude oeste e 3° e 5,5° de latitude sul, 42,5° e 47,5° de longitude oeste); a Centro-Sul também foi subdividida em duas sub-regiões (entre os limites geográficos de 5,5° e 7,0° de latitude sul e 43,0° e 48,6° de longitude oeste, e 7,0° e 10,0° de latitude sul e 44° e 47,5° de longitude oeste). As variâncias atribuídas as componentes, e o mapa final obtido nesse processo de regionalização estão representadas na Tabela 1 e Figura 3, respectivamente.

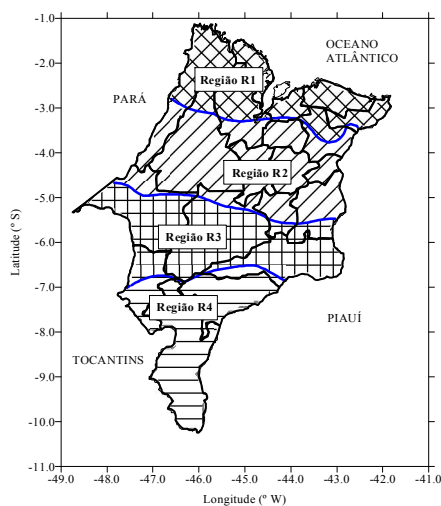


Figura 3. Sub-regiões pluviométricas do estado do Maranhão a partir da ACP

Tabela 1. Variância associada as duas primeiras Componentes Principais

	CP1	CP2
Estado (80 postos)		
Autovalor	45,5	35,9
Variância (%)	54,8	43,3
Variância Acumulada	54,8	98,1
Centro-Sul (32 postos)		
Autovalor	16,0	15,7
Variância (%)	49,9	48,9
Variância Acumulada	49,9	98,8
Centro-Norte (48 postos)		
Autovalor	28,5	22,0
Variância (%)	55,9	43,1
Variância Acumulada	55,9	99,0

A sub-região 4 concentra 98% da produção de soja do estado, onde em 2004 chegou a pouco mais de 800.000 toneladas (Figura 4). O ano agrícola desta sub-região está compreendido entre outubro e abril, onde se concentra 93% da precipitação pluvial anual, sendo a distribuição mensal mostrada na Figura 5.

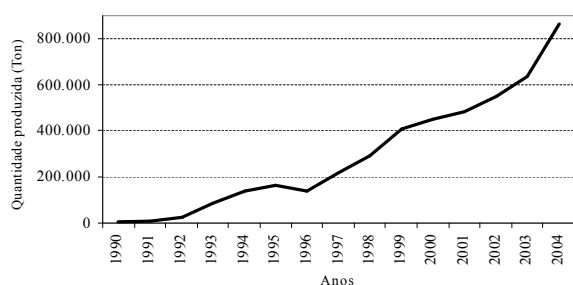


Figura 4. Quantidade de soja produzida na sub-região quatro entre 1990 e 2004.

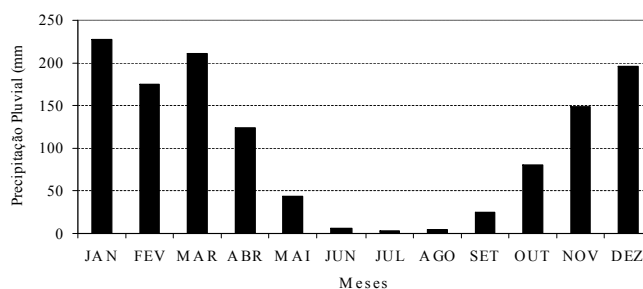


Figura 5. Distribuição média mensal da precipitação pluvial na sub-região 4.

Os índices da precipitação pluvial para a região 4 foram determinados pela ACP no domínio temporal (meses), representando uma combinação linear dos totais precipitados nos meses com cargas fatoriais iguais ou maiores que 0,7 com a CP1, CP2, CP3 (Tabela 2), conforme expressões (2), (3) e (4).

Tabela 2. Coeficientes de ponderação e variâncias das CPs rotacionadas das variáveis independentes dos modelos de regressão.

CPs	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
CP1 (48%)	0,86	0,9	0,82	0,91	0,57	0,01	0,12	0,12	0,94	0,9	0,5	0,65
CP2 (21%)	0,32	0,22	0,21	-0,02	0,07	-0,92	-0,74	-0,17	-0,19	0,09	0,64	0,7
CP3 (13%)	0,19	0,21	0,34	0	0,57	-0,15	0,52	0,83	0,01	0,18	-0,3	-0,21

$$I_p(j, f, m, a, s, o) = 0,86xPj + 0,90xPf + 0,82xPm + 0,91xPa + 0,94xPs + 0,90xPo \quad (2)$$

$$I_p(jn, jl, d) = -0,92xPjn - 0,74xPjl + 0,70xPd \quad (3)$$

$$I_p(ag) = 0,83xPag \quad (4)$$

Em que P representa a precipitação e $j, f, m, a, jn, jl, ag, s, o, d$ representam os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, junho, julho, agosto, setembro, outubro e dezembro, respectivamente. Estes índices foram utilizados como variáveis independentes em alguns modelos de regressão, onde a variável dependente foi a quantidade de soja produzida na sub-região 4. Dos índices determinados, o representado pela expressão (2), que combina os meses da pré-estação chuvosa (setembro e outubro) e os da estação chuvosa (janeiro, fevereiro, março, abril), foi a variável independente melhor correlacionada aos dados de produção agrícola de soja, cuja relação pode ser vista na Figura 5. No modelo linear, Figura 5a, 59% da variação da quantidade produzida de soja pode ser explicada por este índice. Sendo os modelos cúbico e quadrático, os que melhor explicam a variação da quantidade produzida de soja na sub-região 4, em função do índice dado pela expressão (2), ambos apresentando coeficiente de determinação de 73% e 72%, como mostrado nas Figuras 5b,c, respectivamente.

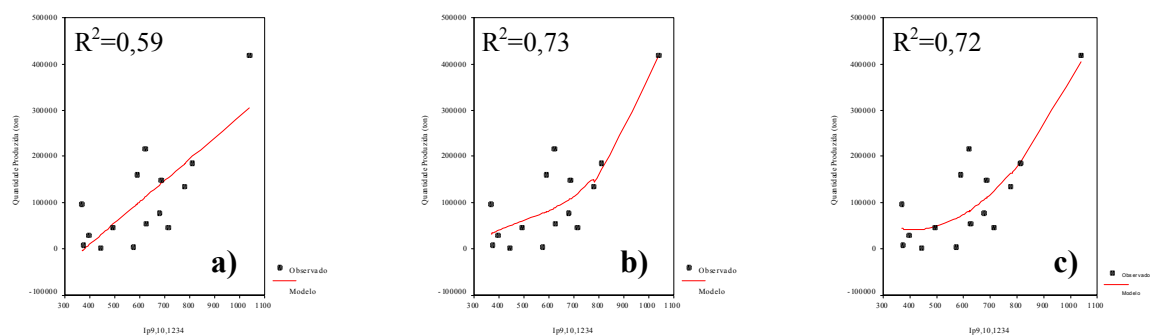


Figura 5. Curvas de regressão ajustadas: a) linear, b) cúbico, c) quadrático.

CONCLUSÕES: A ACP utilizada no processo de regionalização das chuvas foi capaz de identificar quatro sub-regiões pluviometricamente homogêneas, que caracterizam os regimes de chuva no estado do Maranhão. Na sub-região 4, que define o regime de chuva do extremo Sul, onde se concentra 98% da produção de soja do estado, os meses da pré-estação chuvosa (setembro, outubro) e os da estação chuvosa (janeiro a abril) foram os que mais contribuíram para a geração do índice de precipitação por ACP. Os modelos cúbico e quadrático foram os que melhor se ajustaram aos dados, mostrando boa relação entre a quantidade de soja produzida pelo referido índice de precipitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. Sistemas de informações hidrológicas. Disponível em <http://www.hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em 2006.
- CARDIM, D.; CATANEO, A. Distribuição espacial da produtividade média anual da cultura do feijão no estado de São Paulo e sua correlação com índices climáticos. Revista Energia na Agricultura, Botucatu-São Paulo, vol. 20, n.1, 2005, p. 11-28.
- CARDIM, M. Mapeamento do comportamento multivariado das principais variáveis climáticas de interesse agrícola do estado de São Paulo. Botucatu: UNESP, 2001. 124p. Tese Doutorado.
- DYER, T.G.J. The assignment of rainfall stations into homogeneous groups: an application of principal components analysis. Quarterly Journal Royal Meteorology Society, v.101, n.430, p.1005-1013, 1975.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola brasileira. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 2006.
- KELLER, T.; ASSAD, E. D.; SCHUBNELL, P. R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.40, n.4, p.311-322, 2005.
- MACHADO, M. A. M.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, M. H. Duração da estação chuvosa em função das datas de início do período chuvoso para o estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.4, n.2, p.73-79, 1996.