

AJUSTE DE UM MODELO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA ESTIMATIVA DA QUANTIDADE PRODUZIDA DE ARROZ PARA O MUNICÍPIO DE SANTARÉM-PA

RONALDO H. N. DE MENEZES¹, ROBERTA A. E. SILVA²,
DAVID N. SANTOS³, ANDRÉA H. M. SANTOS⁴, ANDREZA C. S. MARTINS⁵

¹Mestre em Meteorologia-UFPA, Doutorando em Meteorologia-UFPA, professor Assistente II-UEMA, São Luís-MA, Fone (98) 244-0915, ronaldo@nemrh.uepa.br, ^{2,3,4,5}Bacharel em Meteorologia-UFPA, Mestrando em Meteorologia-UFPA, ²beta_araj@yahoo.com.br, ³david_nsantos@yahoo.com.br, ⁴meteorologiaufpa2002@yahoo.com.br, ⁵krlamartins@hotmail.com.

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

RESUMO: Este trabalho enfatiza a relação entre a quantidade produzida de arroz no município de Santarém-Pa e a precipitação pluvial mensal. A série de precipitação pluvial foi submetida a análise em componentes principais, onde os fatores retidos pelo critério de Kaiser com rotação varimax, foram utilizados como os indicadores de produção em um modelo de regressão linear múltipla, obtido pelo processo stepwise. O modelo selecionado foi aquele que explicou o maior percentual da variabilidade da quantidade produzida de arroz. A inserção de novas variáveis nas análises tais como, temperatura do ar, e os períodos de excesso e deficiência hídrica, poderá melhorar a eficiência das estimativas.

PALAVRA CHAVE: precipitação pluvial, componentes principal, análise multivariada

ABSTRACT: This work emphasizes the relation enters the produced amount of rice in the city of Santarém-Pará and the monthly pluvial precipitation. The pluvial precipitation series was submitted the analysis in principal components, where the restrained factors for criterion of Kaiser with rotation varimax, had been used as the pointers of production in a model of multiple linear regression, gotten for process stepwise. The selected model was that one that explained the percentile greater of the variability of the produced amount of rice. The insertion of new variable in the analyses, such as, temperature of air, and the periods of excess and deficiency, will be able to improve the efficiency of the estimates.

KEYWORDS: pluvial precipitation, principal components, multivariate analysis

INTRODUÇÃO: A quantidade e a distribuição das chuvas durante o ciclo produtivo do arroz, atuam como fatores limitantes aos níveis de produtividade agrícola. Segundo Fornasieri Filho & Fornasieri (1993), para produzir arroz são necessários, em média, 180 a 300 mm de chuva por mês. Além da precipitação pluvial, outros elementos meteorológicos são importantes. Segundo Dantas & Guimarães (1996) e Carmona (2002) a temperatura do ar e radiação solar têm influencia direta nos processos fisiológicos que ocorrem durante o desenvolvimento do arroz. Yoshida & Parao (1976) enfatizam que o decréscimo no rendimento do arroz pode atingir 70%, caso as plantas sejam submetidas a baixos níveis de radiação solar, principalmente nos períodos reprodutivo e de enchimento de grãos. A relação entre os elementos meteorológicos e produtividade de diferentes culturas tem sido amplamente analisada por algumas metodologias, com ênfase para as técnicas estatísticas

multivariadas (Vicente, 1994; Pedro Junior et. al., 1995; Carvalho et. al., 2003). Neste sentido, busca-se neste trabalho, avaliar a relação entre a produtividade do arroz no município de Santarém-PA e a precipitação mensal através das técnicas de componentes principais e regressão multivariada.

MATERIAL E MÉTODOS: A micro-região de Santarém localiza-se na meso-região do Baixo Amazonas Paraense, englobando os municípios de Alenquer, Belterra, Curuá, Monte Alegre, Placas, Prainha e Santarém (Figura 1).



Figura 1. Localização Geográfica da micro-região de Santarém-PA. Fonte:IBGE

Dados Utilizados: Foram utilizados dados mensais de Precipitação pluvial durante o período de 1990 e 2005, obtidos junto ao acervo de dados da Agência Nacional de Águas-ANA (ANA, 2007) e quantidade produzida de arroz para o mesmo período, obtida junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2006).

METODOLOGIA: Para a construção dos índices, que serviram de variáveis independentes no modelo de regressão linear múltipla, foi utilizada a técnica de análise em componentes principais, pois a mesma cria combinações lineares com a propriedade de possuir a máxima variância, uma condição desejável para a formulação do índice (Kubrusly, 2001). Inicialmente os dados de precipitação pluvial foram submetidos a técnica de Análise em Componentes Principais-ACP, no modo temporal, no sentido de separar as componentes que acumulam a maior parte da variância dos dados de precipitação mensal, baseado no critério de normalização Kaiser, onde se considera somente os autovalores maiores que a unidade. Nos autovalores retidos aplicou-se a rotação varimax para melhorar a representatividade dos resultados. Os meses com correlações acima de 0,6 (cargas fatoriais) com uma determinada componente foram utilizados para a criação dos índices de precipitação. Por fim, foi ajustado um modelo de regressão linear múltipla para a estimativa da quantidade produzida de arroz para o município de Santarém-PA, em função desses índices. Todas as combinações possíveis foram realizadas através do método Stepwise. A seleção dos modelos foi realizada a partir dos valores de P inferiores a 0,05, correspondente ao nível de significância de 95%, sendo satisfeito este critério, o modelo escolhido foi o que apresentou o maior coeficiente de determinação, o qual avalia a consistência do modelo, ou seja, o quanto da variação da quantidade produzida do arroz é explicado pelos índices de precipitação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A estação chuvosa no município de Santarém começa em novembro, prolongando-se até julho, correspondendo ao período agrícola, durante o qual,

chove em média 2060 mm, o que representa 95% do total anual (Figura 2). Ao longo dos anos analisados, de 1990 a 2005, a quantidade produzida de arroz se manteve estável, com crescimento significativo nos anos de 2003 e 2004, com ligeira queda em 2005. A precipitação pluvial apresentou oscilações entre 1990 e 1998, com evidentes reduções nos anos de 1992, 1997 e 1998. A partir de 1990 as precipitações estiveram mais estáveis, com totais anuais predominantemente superiores a 2000 mm, conforme mostrado na Figura 3.

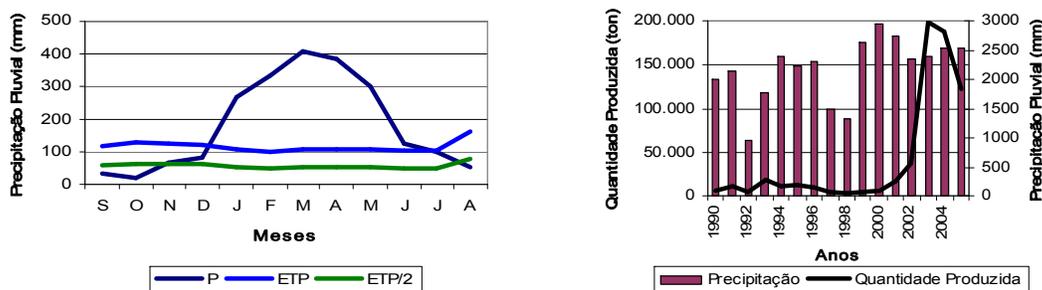


Figura 2. Estação de Crescimento para Santarém-PA. Figura 3. Comportamento da quantidade produzida de arroz e precipitação pluvial no município de Santarém-PA (1990-2005).

A fim de verificar a relação entre a quantidade produzida de arroz e a precipitação ao longo dos anos analisados utilizaram-se técnicas estatísticas multivariadas. Através da técnica de análise em componentes principais selecionaram-se as componentes que explicaram a maior parte da variância dos dados de precipitação, segundo critério do autovalor maior ou igual a unidade. Foram selecionadas seis componentes, que após o processo de rotação varimax, explicaram 85% da variabilidade total dos dados, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Variância explicada – Método de extração: Componentes Principais.

CPs	autovalores			Extração			Rotação		
	Total	% individual	% acum.	Total	% individual	% acum.	Total	% individual	% acum.
1	3,530	29,414	29,414	3,530	29,414	29,414	2,559	21,329	21,329
2	1,795	14,955	44,369	1,795	14,955	44,369	1,750	14,583	35,912
3	1,442	12,019	56,387	1,442	12,019	56,387	1,688	14,070	49,982
4	1,270	10,582	66,970	1,270	10,582	66,970	1,462	12,180	62,161
5	1,162	9,681	76,650	1,162	9,681	76,650	1,391	11,595	73,756
6	1,014	8,449	85,100	1,014	8,449	85,100	1,361	11,344	85,100

As cargas fatoriais, que serviram de base para a construção dos índices de precipitação, associadas a cada componente estão representadas na Figura 4. Os meses com cargas fatoriais acima do valor 0,6 foram selecionados para a composição dos índices de precipitação. A primeira componente, que acumulou 21,3% da variância dos dados de precipitação, destacou os meses de julho (JL), fevereiro (F) e setembro (S), enquanto a segunda componente, que acumulou 14,4% da variância, foi mais bem correlacionada com a precipitação de agosto (AG) e outubro (O), conforme Figura 4a. A terceira componente, que reteve 14,1% da variância, correlacionou-se melhor com a precipitação de janeiro (J) e março (M), enquanto apenas a precipitação de novembro (N) ficou mais correlacionada com a quarta componente, conforme Figura 4b. As quinta (11,6% da variância) e sexta (11,3% da variância) componentes destacaram os meses de junho (JN) e agosto (A), e dezembro (D), respectivamente, conforme Figura 4c. A precipitação observada nestes meses foi combinada para a formulação dos índices, identificados nas expressões (1) a (6).

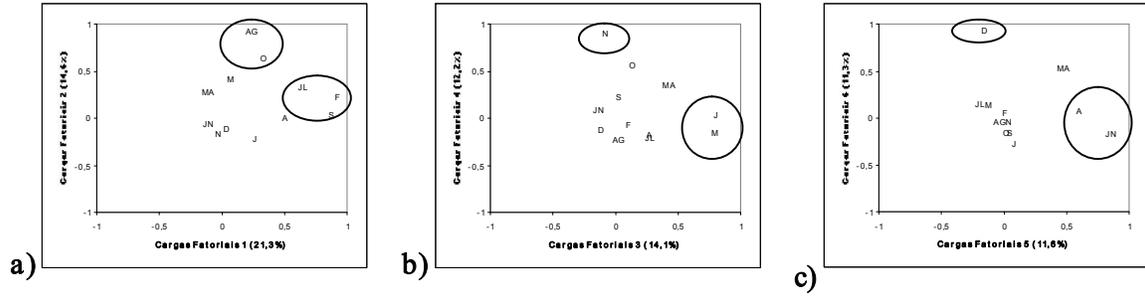


Figura 4. Cargas fatoriais associadas a: a) CP1 e CP2, c) CP3 e CP4, c) CP5 e CP6

$$I_{cp1} = 0,92.P_f + 0,65.P_{jl} + 0,87.P_s \quad (1)$$

$$I_{cp2} = 0,92.P_{ag} + 0,64.P_o \quad (2)$$

$$I_{cp3} = 0,81.P_j + 0,79.P_m \quad (3)$$

$$I_{cp4} = 0,89.P_n \quad (4)$$

$$I_{cp5} = 0,6.P_a + 0,85.P_{jn} \quad (5)$$

$$I_{cp6} = 0,93.P_d \quad (6)$$

Onde: P_j , P_f , P_m , P_a , P_{jn} , P_{jb} , P_{ag} , P_s , P_o , P_n e P_d , correspondem a precipitação nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro, respectivamente. Estes índices foram submetidos a análise de regressão múltipla, onde todas as combinações possíveis foram realizadas através do método Stepwise. As dez melhores combinações estão representadas na Tabela 2.

Tabela 2. Modelos com maiores coeficientes de determinação (R^2)

Ordem	R^2	R^2 Ajustado	Variáveis dependentes Índices
1	63,6894	50,4856	I_{cp2} , I_{cp3} , I_{cp5} , I_{cp6}
2	59,1453	48,9316	I_{cp2} , I_{cp3} , I_{cp5}
3	53,8645	46,7667	I_{cp2} , I_{cp3}
4	57,1825	46,4782	I_{cp2} , I_{cp3} , I_{cp6}
5	57,1697	46,4621	I_{cp2} , I_{cp5} , I_{cp6}
6	64,107	46,1605	I_{cp2} , I_{cp3} , I_{cp4} , I_{cp5} , I_{cp6}
7	63,9467	45,9201	I_{cp1} , I_{cp2} , I_{cp3} , I_{cp5} , I_{cp6}
8	60,1118	45,6071	I_{cp2} , I_{cp3} , I_{cp4} , I_{cp5}
9	52,6227	45,3339	I_{cp2} , I_{cp6}
10	59,1497	44,295	I_{cp1} , I_{cp2} , I_{cp3} , I_{cp5}

Os resultados mostraram que o melhor ajuste do modelo de regressão linear múltipla foi o que descreveu o relacionamento entre a Quantidade Produzida de arroz (QD) e os quatro índices estabelecidos pela análise em componentes principais, que agrupam os meses de junho, agosto e outubro, que antecedem o período produtivo e os meses de dezembro, janeiro, março e abril, que representam a estação chuvosa. A equação do modelo que mostra esta relação foi estabelecida pela expressão (7).

$$QP = -32913,7 + 983,951*I_{cp2} - 93,8036*I_{cp3} + 145,714*I_{cp5} + 188,399*I_{cp6} \quad (7)$$

Onde: I_{cp2} , I_{cp3} , I_{cp5} e I_{cp6} se referem aos índices, que representam combinações lineares das variáveis originais selecionadas e constituídas pela técnica de análise em componentes principais. Como o valor de P, que corresponde ao teste estatístico de significância do modelo, da análise de variância, é menor que 0.05, há uma relação estatística significativa entre as variáveis ao nível da confiança de 95%. O valor de R^2 indica que o modelo explica 63,7% da variabilidade de QD. Por outro lado, o R^2 ajustado, que é mais apropriado para comparar modelos com número diferente de variáveis independentes, foi de 50,5%. Em todas as simulações o índice I_{cp2} foi o que mais contribuiu para o melhor desempenho dos modelos, mostrando que a precipitação pluvial nos meses que antecedem o período agrícola, agosto e outubro, é importante para a definição da quantidade produzida de arroz no município de Santarém-PA. Os resultados sugerem que somente a precipitação não é suficiente para estabelecer estimativas de produtividade do arroz para o município. Para tentar melhorar a eficiência do modelo, devem-se inserir nas análises novas variáveis que podem servir também de estimadores de produtividade, como por exemplo, temperatura do ar, evapotranspiração potencial, e os períodos de excesso e deficiência hídrica.

CONCLUSÃO: A técnica de componentes principais pode auxiliar na seleção de variáveis e criação de índices climáticos, os quais podem ser úteis como subsídios a estimativa de produtividade agrícola através de modelos de regressão linear múltipla. A qualidade dos índices climáticos como estimadores de produtividade pode ser melhorada com a inserção de novas variáveis que notadamente afetam o desenvolvimento da cultura, tais como, temperatura do ar, e os períodos de excesso e deficiência hídrica, o que poderá melhorar a eficiência das estimativas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. Sistemas de informações hidrológicas. Disponível em <http://www.hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em 2006.
- Carvalho, L. G. de; Sedyama, G. C.; Cecon, P. R.; Alves, H. M. R. Avaliação de um modelo agrometeorológico para a previsão de produtividade de café em três localidades da Região Sul do Estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 343-352, 2003
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola brasileira. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 2006.
- Kubrusly, L. S. Um procedimento para calcular índices a partir de uma base de dados multivariados. Pesquisa operacional. Vol.21, nº1, p.107-117. 2001.
- Pedro Junior, M. J.; Sentelhas, P. C.; Moraes, A. V. C.; Villela O. V. Estimativa da produtividade de arroz irrigado por inundação em função da temperatura do ar e da radiação solar. Sci. Agric., Piracicaba, 52(1): 96-100, jan./abr., 1995.
- Vicente, J. R. Uma aplicação de métodos multivariados na previsão de rendimentos do milho. Agricultura em São paulo, sp, 41(1):125-147, 1994.
- Kubrusly, L. S. Um procedimento para calcular índices a partir de uma base de dados multivariados. Pesquisa operacional. Vol.21, nº1, p.107-117. 2001.
- Fornasieri Filho, D., Fornasieri, J.L. Manual da cultura do arroz. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1993. 221 p.
- Yoshida, S.; Parao, F.T. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. Philippines: IRRI (International Rice Research Center). 1976. p.471-494.