

ESTIMATIVAS DE RENDIMENTO DE SOJA, BASEADAS NA TENDÊNCIA TECNOLÓGICA E NAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

SHERRY CHOU CHEN

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - CNPq
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE
CAIXA POSTAL 515 - 12.200 - SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP

INTRODUÇÃO

A mais importante informação para os responsáveis pelo comércio de produtos agrícolas é ter dados precisos de produção e em tempo hábil. Uma estimativa de produção antecipada pode ser determinada se o rendimento é conhecido. A principal causa da variação de produção de estação a estação é devido a flutuações climáticas. Pesquisas têm sido conduzidas com o intuito de prever o rendimento baseado em dados históricos de clima (3,4,5). No desenvolvimento de um modelo agrometeorológico, com a finalidade de estimar rendimento, deve-se relacionar o rendimento da cultura com as variáveis meteorológicas usuais que possuem dados históricos disponíveis e que são altamente correlacionadas. Este pré-requisito é necessário de modo a fornecer o mais alto potencial de uso para aplicar operacionalmente as relações clima/rendimento. A metodologia de regressão para prever rendimento de culturas, baseada em dados históricos de clima e rendimento, tem sido amplamente utilizada pelo LACIE (Large Area Crop Inventory Experiment). O rendimento previsto foi combinado com a área estimada pelo satélite LANDSAT para fornecer as informações de produção (4).

O objetivo deste estudo foi explicar a variação de rendimento da soja, no período de 1956 a 1979 na DIRA-Ribeirão Preto, usando fatores meteorológicos e de tendência tecnológica. A DIRA-Ribeirão Preto foi escolhida não somente devido às práticas de cultivo, clima, topografia, tipo de solo homogêneo, mas também porque foi a área teste para um estudo de inventário de culturas, utilizando dados do LANDSAT, realizado no INPE (1).

MATERIAL E MÉTODOS

A soja, normalmente, é plantada no período de novembro a dezembro e colhida em abril e maio na DIRA-Ribeirão Preto. Dados meteorológicos mensais dos anos anteriores foram fornecidos pelo Serviço Meteorológico do Ministério da Agricultura. Dados de rendimento para soja, desde 1956, foram obtidos a partir das estimativas finais de produção e da área plantada, fornecidos pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA).

Para a construção do modelo, análises de correlações foram feitas, inicialmente, com dados históricos de rendimento e os desvios dos dados meteorológicos mensais normais (média de 1957 a 1979), tais como, evaporação total, umidade relativa, precipitação total e temperatura média. O rendimento foi também correlacionado com radiação solar, que foi estimada usando-se a equação de Cervellini et alii (2) e com as temperaturas máximas e mínimas diárias de cada mês. Além de utilizar os desvios dos dados normais, mencionados acima, foram usados também seus valores absolutos para a análise de correlação; isto porque aqueles valores extremos, positivos ou negativos, que desviam das normais, podem prejudicar a cultura na mesma escala. Deste modo, usando-se os "valores absolutos dos desvios" para análise pode-se realçar a relação entre o rendimento

da cultura e os fatores climáticos. Todas as contribuições para rendimento de soja devidas a fatores não-climáticos tais como, adubação, melhoramento, controle de pragas, doenças e ervas daninhas, mecanização, etc. foram considerados como sendo uma variável "dummy", designada tendência tecnológica. Para analisar esta variável "dummy", codificou-se cada ano por um número, assim 1956 recebeu o número 1, 1957, 2, até 1979, 24. As variáveis que correlacionaram significativamente com o rendimento foram então utilizadas como componentes potenciais para explicar a variação do rendimento. Utilizou-se o programa de regressão múltipla "stepwise" do SPSS (Statistical Package for Social Science) que seleciona as variáveis, de acordo com sua contribuição em relação à variação do rendimento. Este programa adiciona, de cada vez, uma variável à regressão e, ao mesmo tempo, calcula a sua importância na flutuação do rendimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre as sessenta e sete variáveis independentes analisadas, dez foram significativamente correlacionadas com o rendimento. Os fatores climáticos que apresentaram correlação significativa foram tanto as temperaturas máximas diárias como os valores absolutos dos fatores climáticos que desviam das suas normais. Estes resultados indicam que a) a temperatura máxima diária foi melhor correlacionada com rendimento do que a temperatura média mensal; b) os termos lineares e quadráticos do desvio-da-normal das temperaturas médias mensais e precipitação total, usados no modelo de Thompson para soja, não foram aplicáveis na DIRA-Ribeirão Preto; c) a hipótese de Runga e Odell (4), que uma polegada de precipitação total acima ou abaixo da normal e 10C acima ou abaixo da temperatura média normal teria um efeito oposto no rendimento da soja, não foi confirmada neste estudo. Por outro lado, chegou-se à conclusão de que os desvios dos fatores climáticos normais, tanto positivo como negativo, prejudicam igualmente a produção. Essas dez variáveis foram, então, consideradas como indicadores potenciais do rendimento na análise de regressão. O resultado resumido da análise de regressão "stepwise" é mostrado na Tabela I. Examinando-se a mudança de R^2 em cada passo, nota-se que a adição de qualquer variável além da VAR73; diferença absoluta da precipitação total em dezembro em relação ao normal, melhorou insignificativamente o ajustamento da curva de regressão. Deste modo, somente quatro variáveis foram selecionadas no modelo para estimar rendimento, baseado em dados Climáticos e Tecnológicos (RCT modelo). A tendência tecnológica (VAR32) que apresentou a mais alta correlação com o rendimento de soja foi a primeira variável selecionada que explicou 53,39% da variação do rendimento de 1956 a 1979. Se o melhoramento em tecnologia continuar com a mesma grandeza, pode-se esperar um incremento de 23,86 kg/ha no rendimento anual sob condições climáticas normais. A adição à equação da VAR98, temperatura máxima diária de fevereiro, aumentou mais 16,86% sobre R^2 . As figuras 1 e 2 mostram a relação do rendimento com a temperatura máxima diária de fevereiro. Os dados da temperatura máxima diária são melhores indicadores de alta temperatura do que a média mensal. Esta relação entre alta temperatura de fevereiro e baixo rendimento de soja pode ser explicada pelo fato de que durante o mês de fevereiro a maioria das culturas estava na floração ou no estágio inicial de frutificação. A alta temperatura durante estes estágios provocou a queda das flores ou dos frutos jovens e, consequentemente, a diminuição do rendimento (6). A inclusão da VAR83 e VAR73, respectivamente, diferenças absolutas da temperatura média de novembro e precipitação total de dezembro com suas normais, contribuíram com um aumento de 8,4% no valor de R^2 da equação. O teste de significância da regressão múltipla e seus coeficientes de regressão parcial do modelo RCT é apresentado na Tabela II. A equação

$$\bar{Y} \text{ (kg/ha)} = 1242,35 + 22,46 \text{ VAR32} - 69,58 \text{ VAR98} - 100,55 \text{ VAR83} - 0,74 \text{ VAR73}$$

tem valor de R^2 e erro padrão de 0,8335 e + 120,22 kg/ha, respectivamente. É claro que a partir da magnitude do valor de F, todos os coeficientes da equação são estatística

mente significantes. As outras seis variáveis climáticas não foram incluídas na equação devido aos seus baixos valores de F. Embora quase 17% da variação do rendimento não tenha sido esclarecido, a equação selecionada explica satisfatoriamente a flutuação do rendimento de soja em 1956 a 1979 (Fig. 2). A maior diferença entre as estimativas do IEA e o modelo de RCT foi encontrada para o ano agrícola de 78/79. As condições favoráveis de clima, aliadas ao plantio de uma nova variedade altamente produtiva (variedade Paraná), propiciou um rendimento recorde de 2098,84 kg/ha naquele ano (78/79). o contínuo uso dessa variedade deverá introduzir, no modelo RCT, novas variáveis de tendência tecnológica e fatores climáticos, caso a variedade Paraná seja influenciada por esses elementos. A simplicidade do modelo de regressão, que utiliza dados meteorológicos como entrada, fornece informações sobre rendimento da soja no início de março, ou seja, mais de um mês antes da colheita. Esta informação pode ser muito útil às entidades que trabalham na comercialização do produto.

LITERATURA CONSULTADA

- 1) BATISTA, G.T.; MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; TARDIN, A.T.; CHEN, S.C.; NOVAES, R.A.; Uso de Sensores Remotos a Bordo de Satélite e Aeronave na Identificação e Avaliação de Áreas de Culturas para Fins de Previsão de Safras. São José dos Campos, INPE, 1978 (INPE-1229-NTI/1D3).
- 2) CERVellini, A.; SALATI, E.; GODOY, H.; Estimativa da Distribuição da Energia Solar no Estado de São Paulo. Bragantia 25(3): 31-4D, 1966.
- 3) MACDONALD, R.B.; HALL, F.G.; Global Crop Forecasting Science 208:670-679, 1980.
- 4) RUNGE, E.C.A.; DELL, R.F.; The Relationship between Precipitation, Temperature and Yield of Soybeans on the Agronomy South Farm, Urbana, Illinois, Agron., J. 52:245-247, 1960.
- 5) THOMPSON, L.M.; Weather and Technology in the Production of Soybeans in the Central United States, Agron. J. 62:222-236, 1970.
- 6) VAN SCHAİK, P.H.; AND PROBST, A.H.; Effects of Some Environmental Factors on Flower Production and Reproduction Efficiency in Soybeans, Agron.J. 50:192-197, 1958.

TABELA I

SUMÁRIO DA ANÁLISE DE REGRESSÃO MÚLTIPLA

VARIÁVEL	CÓDIGO	R ²	AUMENTO DE R ²
TT	32	0,5808	-
TMA _{F*} -M	98	0,7494	D,1686
ABS(T _N -M)	83	0,8095	0,0601
ABS(P _D -M)	73	0,8335	0,0240
ABS(UR _J -M)	63	0,8418	0,0083
TMA _O -M	94	0,8429	0,0011
ABS(RS _J -M)	41	0,8447	0,0018
ABS(RS _O -M)	35	0,8464	0,0017
TMA _J -M	97	0,8468	0,0004
TMA _P -M	96	0,8471	0,0003

* Subscritos indicam o mês. TT = tendência tecnológica, TMA=Temp.máx.diária, ABS=valor absoluto, T=Temp. média, P=precipitação total, UR=umidade relativa, RS=radiação solar, M=corresponde à média das observações de 1956 a 1979 para cada elemento.

TABELA II
COEFICIENTES DE REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA O MODELO DA SOJA

VARIÁVEL	MÉDIAS	COEFICIENTE	VALOR DE F
TT	-	22,46	35,27
TMA _F -M	33,45	-69,58	14,77
ABS(T _N -M)	23,00	-100,55	4,83
ABS(P _D -M)	270,71	-0,74	2,75
Constante		1242,35	

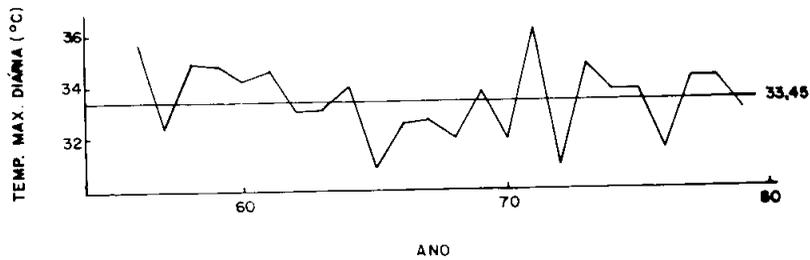


Fig.1 - Temperatura máxima diária do mês de fevereiro de 1956 a 1979 (DIRA-RP).

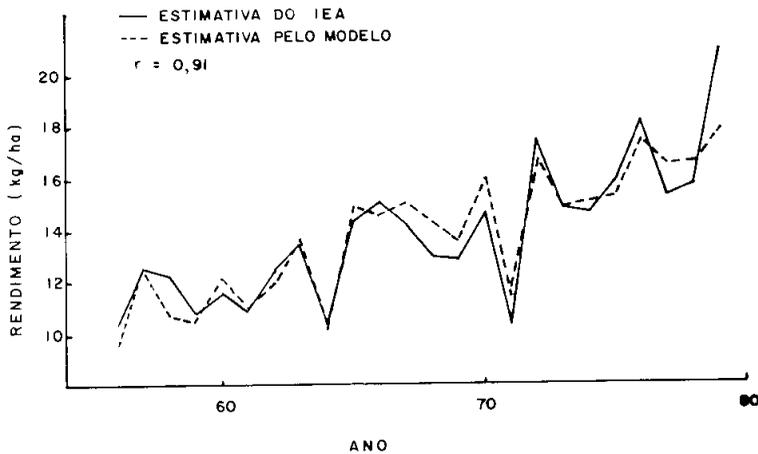


Fig. 2 - Estimativa do rendimento de soja para a DIRA de Ribeirão Preto (1957-1979).