

EFEITOS DAS CONDIÇÕES DO TEMPO SOBRE A PRODUTIVIDADE DO MILHO NO ESTADO DE SÃO PAULO¹

GABRIEL L. PEIXOTO DA SILVA², JOSÉ ROBERTO VICENTE³
e DENISE VIANI CASER⁴

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi medir o efeito das condições do tempo sobre o rendimento do milho (*Zea mays* L.) em São Paulo. A análise de regressão foi utilizada para estimar as relações entre o rendimento da cultura e as deficiências hídricas mensais. Os resultados sugerem grande sensibilidade do milho à deficiência de água nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. Alguns modelos ajustados fornecem previsões de rendimento melhores do que os levantamentos de campo.

Termos para indexação: *Zea mays*, rendimento agrícola, deficiência hídrica, previsão de safra.

EFFECTS OF WEATHER CONDITIONS ON CORN YIELD IN THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

ABSTRACT - The objective of this work was to measure the effects of weather conditions on corn (*Zea mays* L.) yield in the State of São Paulo, Brazil. Regression analysis was used to estimate the relation between crop yield and water deficiency. The results suggest great sensibility of corn to water deficiency in December, January, February and March. Some of the adjusted models supply better yield forecasts than field surveys.

Index terms: *Zea mays*, agricultural yield, hydric deficiency, yield forecast.

INTRODUÇÃO

O milho destaca-se entre as culturas do Estado de São Paulo, com áreas superiores a um milhão de hectares desde meados da década de 50. Embora tenha ocupado por muitos anos a condição de principal produto cultivado em termos de área, a produção do Estado é comumente inferior ao consumo, fazendo de São Paulo um tradicional importador.

Entre 1956 e 1984, o milho representa de 4,6% a 8,7% do valor da produção agropecuária total do Estado, segundo dados do Instituto de Economia Agrícola.

Os dados dos Censos Agropecuários de 1970 e de 1975 indicam que o plantio do milho em São Paulo ocorre principalmente nos meses de outubro e novembro (60% a 65% em outubro e 15% a 18% em novembro), e a colheita se concentra nos meses de abril (10,7% a 22,5%), maio (33,8% a 35%) e junho (21,9% a 33%). Percebe-se entre 70 e 75

uma tendência a antecipar a colheita que se estendia até julho, concentrando-a nos meses de abril e maio (Fundação Getúlio Vargas 1979, 1980).

Quanto a exigências climáticas, parece ser essencial para as variedades tropicais cultivadas em São Paulo, a existência de verões quentes e úmidos, que estimulem o desenvolvimento e a frutificação das plantas, seguidas de estações secas que auxiliem na colheita e armazenamento do produto (São Paulo, Secretaria de Agricultura 1974, 1977). A cultura parece desenvolver-se melhor e mais rapidamente com temperaturas médias diárias ao redor de 26°C e a literatura registra seu cultivo em regiões com precipitações entre 250 e 5.000 mm anuais. Deficiências hídricas fracas no início do ciclo de crescimento costumam favorecer o desenvolvimento radicular, porém são prejudiciais nas fases de pleno desenvolvimento vegetativo e, mais ainda, no florescimento (Silva & Antunes 1980).

Utilizando deficiências hídricas agregadas no período do plantio ao florescimento e temperaturas médias no mesmo período, o Instituto de Planejamento Econômico e Social (1972) estimou modelos para prever o rendimento da cultura nos principais Estados do Centro-Sul, com sinais consistentes e parâmetros significativos no caso das deficiências, e sinais inconsistentes para as temperaturas; o melhor modelo estimado apresentou R²

¹ Aceito para publicação em 17 de junho de 1986.

² Eng.-Agr., Dr. em Economia, Inst. de Econ. Agrícola, Caixa Postal 8.114, CEP 01051 - São Paulo, SP, Fac. de Economia e Administração da USP, Caixa Postal 11.474, CEP 01000 São Paulo, SP.

³ Eng.-Agr., Inst. de Econ. Agríc.

⁴ Estatístico, Inst. de Econ. Agríc.

de 68,4%. Os principais problemas do estudo parecem ser a utilização das deficiências agregadas, o que faz com que excessos hídricos compensem déficits em outros meses, mascarando seus efeitos sobre a produtividade, e a utilização do nível de 125 mm como capacidade de armazenamento de água, sem experimentar outros níveis.

Um modelo para o Estado de São Paulo, relacionando rendimento a precipitações e temperaturas foi estimado por Wadsted (1983) que obteve o melhor resultado com as variáveis precipitação e temperatura em outubro, precipitação e temperatura em novembro, propiciando coeficiente de determinação de 67%. O trabalho não se preocupa em encontrar explicações para o sinal negativo da temperatura de outubro. Apresenta como clara limitação o uso de temperatura e de precipitações pluviométricas diretamente nos modelos. Entre as conclusões, estranhamente, o autor menciona que não encontrou influência do clima sobre o rendimento do milho em épocas em que não existe a cultura no campo.

Junqueira (1973) tentou medir o efeito do tempo sobre a produtividade do milho na região de Ribeirão Preto, utilizando a precipitação pluviométrica no plantio, no florescimento e na colheita. Estimou parâmetros significativos e com sinais coerentes, positivos nas duas primeiras fases e negativo na última, mas o poder explicativo dos modelos não foi satisfatório, variando o R^2 de 0,51 a 0,60. É possível que isso aconteça em decorrência do uso direto da precipitação, sem considerar sua interação com a temperatura. Além disso, como os modelos não incluem simultaneamente os três períodos, todos potencialmente importantes, não foi possível obter níveis de explicação mais elevados.

Pesquisadores do Instituto de Pesquisas Espaciais desenvolveram vários estudos para a previsão do rendimento do milho em São Paulo. Chen & Fonseca (1980) conseguiram um modelo bem ajustado para a região de Ribeirão Preto usando como variável representativa das condições do tempo, a umidade relativa do ar no período outubro-março. Celaschi & Almeida (1981), trabalhando com dados da região de Campinas, estimaram modelos utilizando as variáveis precipitação de 5 a 17 de outubro e de 13 a 18 de janeiro, e temperatura de 27 de outubro a 11 de novembro; o trabalho embora

indique bons resultados não apresenta os coeficientes calculados, nem mesmo os sinais, para melhor apreciação. Sá & Almeida (1984), estimaram a produtividade de milho em Ribeirão Preto, com modelo incluindo as variáveis valor médio do brilho solar acompanhado de escassez de precipitação entre 30 de setembro e 18 de outubro, valor médio do brilho solar acompanhado de escassez de precipitação de 4 de dezembro a 5 de janeiro; o erro médio do modelo, para o período 1978-83 foi de 3,4%. Almeida & Sá (1984) avaliaram o modelo estimado por Celaschi, em que a produtividade do milho é função da precipitação e da temperatura, comparando-o às previsões IEA/CATI realizadas em fevereiro e abril. O modelo utiliza dados sobre condições do tempo até o mês de janeiro e os autores consideraram-no melhor do que as previsões IEA/CATI, em termos de erro médio, conclusão discutível, uma vez que o ano de 1984, onde o modelo apresenta erro de 30%, foi eliminado do cálculo da média; se incluído os erros médios das previsões são menores do que os do modelo.

Todos esses trabalhos têm como fatores limitantes a circunscrição dos estudos a determinadas DIRAs (Campinas ou Ribeirão Preto) e, em alguns casos, a exigência de dados climáticos que não existem para a maioria das regiões do Estado (umidade relativa do ar e horas de brilho solar); por outro lado, o conhecimento de que o milho em São Paulo apresenta possibilidade de plantios ou replantios até fim de outubro, aparentemente sem prejuízos maiores para o rendimento, torna estranho o período crítico de precipitação entre 5 e 17 de outubro identificado por Celaschi & Almeida (1981).

Pretendeu-se no presente estudo desenvolver modelos operacionais capazes de fornecer estimativas do rendimento de milho no Estado de São Paulo, em função das condições do tempo prevalentes durante o ciclo produtivo. Adicionalmente comparou-se as estimativas fornecidas por esses modelos, com as resultantes de levantamentos de campo, realizados em épocas compatíveis com os períodos neles considerados pelo Instituto de Economia Agrícola e Coordenadoria de Assistência Técnica Integral.

Dois critérios nortearam a elaboração dos modelos. De um lado procurou-se encurtar o período considerado, visando obter previsão razoável mais rapidamente. De outro lado, procurou-se alongar aquele período, tendo em vista a obtenção de melhor estimativa final do rendimento.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia seguida para o ajuste de modelos no presente estudo, foi a mesma utilizada para as principais culturas do Estado de São Paulo, conforme descrito com detalhes em Silva et al. (1986).

Como proxy para as variáveis não explicitamente consideradas optou-se por introduzir nos modelos a variável tendência temporal (T). Acredita-se que ela possa captar o efeito do progresso tecnológico, a influência de alterações persistentes na proporção dos fatores, a perda da fertilidade natural do solo, mudanças continuadas na localização das culturas e outros fatores capazes de afetar o rendimento, associados ao tempo histórico.

Quanto às condições meteorológicas (M), tem sido enfatizada a importância de variáveis como temperatura, precipitação, brilho solar, umidade do ar, etc. Preferiu-se utilizar apenas as mais frequentemente registradas – temperaturas e precipitação – e evitou-se o uso das primeiras exclusivamente em sua forma primária, face à reconhecida interação entre ambas.

Seguindo o caminho adotado em estudo anterior, que procurou medir o efeito do tempo sobre a produtividade agrícola agregada no Estado de São Paulo (Silva et al. 1985), as condições meteorológicas foram incluídas nos modelos basicamente através de uma variável derivada, a deficiência hídrica.

Não obstante, também foram feitas tentativas de captar o efeito específico da temperatura, mencionado como podendo ser importante em determinadas fases do ciclo, e também da precipitação, capaz de prejudicar a colheita.

Para o cálculo da deficiência hídrica utilizou-se o método de balanço hídrico, que consiste em contabilizar a água no solo, num processo em que a chuva representa o abastecimento e a evapotranspiração o consumo de água, considerando-se uma determinada capacidade de armazenamento de água no solo, em condições de ser extraída pelas plantas.

O balanço hídrico vem sendo frequentemente usado em estudos climáticos no Brasil, desde os trabalhos de Cargaro (1962, 1971, 1966), Ortolani et al. (1970) e outros autores. Nesse caso é naturalmente calculado com base nas normais, isto é, nos valores médios da temperatura e da precipitação mensais, durante longo intervalo de tempo.

Como neste estudo o foco de interesse não é a condição média do tempo, mas sim suas variações, que determinam flutuações da produtividade agrícola, o balanço hídrico foi calculado seqüencialmente, mês após mês, ano

após ano, seguindo-se o método de Thorntwaite & Mather (1955) e o roteiro proposto por Ortolani et al. (1970).

Em alguns modelos utilizados neste trabalho comparecem as deficiências hídricas mensais e em outros elas foram acumuladas; em ambos os casos considerou-se o período correspondente ao ciclo biológico da cultura ou períodos que se afiguravam como mais críticos para seu desenvolvimento e produção. Trabalhou-se com quatro níveis de capacidade de armazenamento de água pelo solo: 50 mm, 100 mm, 125 mm e 150 mm.

Para assegurar a representatividade global, foram utilizados dados meteorológicos referentes a várias localidades, que cobrem praticamente todo o Estado. Procurou-se, sempre que possível, escolher postos situados dentro das áreas circunscritas pelas isolinhas de deficiências hídricas mais representativas de cada região (São Paulo, Secretaria de Agricultura 1974). Um critério adicional para seleção foi a disponibilidade de dados durante todo ou a maior parte do horizonte de tempo considerado. Não foram incluídos postos meteorológicos representativos das divisões regionais agrícolas de São Paulo e Vale do Paraíba em decorrência da pequena participação de ambas (Tabela 1).

Agregou-se as deficiências hídricas de cada localidade através de uma média ponderada, com base nas áreas cultivadas nas regiões representadas pelos postos meteorológicos, em relação à área total da cultura no Estado, no período 1956-84.

Os dados meteorológicos primários – temperatura e precipitação – foram obtidos no Instituto Agrônomo de Campinas, no Instituto Nacional de Meteorologia e na Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Os pesos usados para ponderar as deficiências foram calculados com base em dados do Instituto de Economia Agrícola. O rendimento da cultura foi obtido nesta mesma fonte.

Os modelos foram estimados usando séries temporais de 29 anos, abrangendo o período de 1956-84, pelo método dos mínimos quadrados ordinários.

A seleção de modelos seguiu os critérios estatísticos usuais. Adicionalmente, para melhor avaliar a capacidade de previsão dos modelos e compará-la com a dos levantamentos IEA/CATI, foram utilizados dois indicadores: o erro percentual médio em módulo (E) e o coeficiente de desigualdade (U) de Theil (1966).

O erro percentual médio em módulo constitui uma medida de acurácia dos valores previstos:

$$E = \frac{1}{n} \sum_t \left| \frac{P_t - A_t}{A_t} \right| \cdot 100 \quad t = 1 \dots n$$

P_t - valor previsto

A_t - valor realizado

t - período de tempo

TABELA 1. Equações com deficiências hídricas em diversos períodos e tendência como variáveis explicativas do rendimento do milho, Estado de São Paulo, 1956-84¹.

Variáveis explicativas	Modelo de previsão				
	O-M	D-M	D-F	D-J	D-M(A)
Def. hídrica em outubro	0,130 (0,005)				
Def. hídrica em novembro	0,036 (0,00)				
Def. hídrica em dezembro	-11,240 (10,80)***	-11,173 (13,53)***	-11,857 (12,628)***	-11,557 (11,15)***	
Def. hídrica em janeiro	-32,309 (30,42)***	-32,228 (35,60)***	-28,901 (25,11)***	-29,218 (23,81)***	
Def. hídrica em fevereiro	-4,062 (2,18)*	-4,016 (2,49)*	-4,753 (2,90)**		
Def. hídrica em março	-5,799 (5,05)***	-5,746 (5,99)***			
Def. hídrica no período dez-mar					-8,515 (17,72)***
Tendência	51,136 (207,01)***	51,086 (269,15)***	47,946 (234,60)***	45,423 (251,36)***	53,806 (183,37)***
Constante	-1.605,312	-1.605,490	-1.430,356	-1.276,605	-1.806,110
R ² (%)	95,4	95,4	94,1	93,4	88,4
F	59,10***	90,99***	92,23***	113,04***	95,24***
DW	1,64	1,62	1,91	1,78	2,04

¹ Os valores entre parênteses são da estatística F. Níveis de significância: (*) 10%, (**) 5%, (***) 1%.

A interpretação de E é imediata: E = 0 significa que os valores previstos igualam os realizados, ou que o procedimento de previsão é perfeito. Quanto maior for E pior o procedimento de previsão.

O coeficiente de desigualdade de Theil é um indicador de acurácia das variações previstas entre períodos:

$$U = \left[\frac{\sum_t (\Delta P_t - \Delta A_t)^2}{\sum_t \Delta A_t^2} \right]^{1/2}, \quad t = 1 \dots n$$

ΔP_t - variação prevista

ΔA_t - variação realizada

$$\Delta P_t = \frac{P_t - A_{t-1}}{A_{t-1}}$$

$$\Delta A_t = \frac{A_t - A_{t-1}}{A_{t-1}}$$

Para evitar o problema de assimetria implícita em variações medidas através de percentagens, preferiu-se seguir o procedimento sugerido por Theil (1966), baseado no uso de logaritmos naturais.

Assim, como demonstra aquele autor,

$$\Delta P_t - \Delta A_t = \log \frac{P_t}{A_t}$$

$$\Delta A_t = \log \frac{A_t}{A_{t-1}}$$

A interpretação de U também é muito simples. Se U = 0 as variações previstas são idênticas às observadas. Quanto maior for U, pior o procedimento de previsão. Em particular, se U = 1 pode-se afirmar que o procedimento de previsão envolve o mesmo erro médio quadrático que seria observado com um procedimento ingênuo de previsão: o de não prever variações. Finalmente se U > 1 o procedimento de previsão é pior que o de não prever variação.

Para ilustração foram utilizados diagramas de séries temporais, previstas e observadas, e diagramas de previsão-realização de Theil (1966). O diagrama de previsão-realização utiliza um sistema de eixos cartesianos onde cada ponto corresponde a um par de variações sendo uma prevista e outra realizada. Os pontos da bissetriz dos quadrantes de mesmos sinais correspondem a previsões perfeitas. Os erros por superestimação, subestimação e mudança de sentido, podem ser visualizados pela posição dos pontos no diagrama.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos desenvolvidos neste trabalho para a cultura do milho cobriram o período outubro-março. Selecionou-se para apresentação os que constam da Tabela 2.

está considerada nas equações, uma vez que o balanço hídrico utiliza como componente de cálculo as temperaturas médias mensais compensadas. Pode-se também inferir daquela constatação que no caso do Estado de São Paulo, as temperaturas médias nos meses do ciclo não tem sido fator limitante.

Os melhores resultados em termos de previsão foram obtidos com equações relacionando o rendimento às deficiências hídricas dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, e a uma variável tendência. O nível de armazenamento que forneceu os melhores resultados foi de 50 mm; transformações das variáveis em logaritmos pioraram os resultados.

TABELA 2. Equações com deficiências hídricas em diversos períodos e tendência como variáveis explicativas do rendimento do milho, estado de São Paulo, 1956-84¹.

Variáveis explicativas	Modelo de previsão				
	O-M	D-M	D-F	D-J	D-M(A)
Def. hídrica em outubro	0,13 (0,005)				
Def. hídrica em novembro	0,04 (0,00)				
Def. hídrica em dezembro	-11,24 (10,80) ^a	-11,17 (13,53) ^a	-11,86 (12,628) ^a	-11,56 (11,15) ^a	
Def. hídrica em janeiro	-32,31 (30,42) ^a	-32,23 (35,60) ^a	-28,90 (25,11) ^a	-29,22 (23,81) ^a	
Def. hídrica em fevereiro	-4,06 (2,18) ^d	-4,02 (2,49) ^d	-4,75 (2,90) ^d		
Def. hídrica em março	-5,80 (5,05) ^b	-5,75 (5,99) ^b			
Def. hídrica no período dez-mar					-8,51 (17,72) ^a
Tendência	51,14 (207,01) ^a	51,09 (269,15) ^a	47,95 (234,60) ^a	45,42 (251,36) ^a	53,81 (183,37) ^a
Constante	-1.605,31	-1.605,49	-1.430,36	-1.276,61	-1.806,11
R ² (%)	95,4	95,4	94,1	93,4	88,4
F	59,10 ^a	90,99 ^a	92,23 ^a	113,04 ^a	95,24 ^a
DW	1,64	1,62	1,91	1,78	2,04

¹ Os valores entre parênteses são da estatística F. Níveis de significância: (d) 20%, (c) 10%, (b) 5% e (a) 1%.

Como a introdução da temperatura média mensal, ao longo do ciclo da cultura, não alterou significativamente a qualidade dos modelos, essa variável foi eliminada. Não obstante, ela indiretamente

Previsões antecipadas podem ser obtidas por outros dois modelos onde os períodos de deficiências hídricas consideradas foram de dezembro a janeiro. O coeficiente de desigualdade de Theil, utiliza-

do como uma das medidas de qualidade das previsões, indica que qualquer um dos modelos aqui apresentados fornece previsões de rendimento de milho melhores do que as previsões provenientes dos levantamentos levados a campo pelo Instituto de Economia Agrícola e pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral no mês de fevereiro (Tabela 3). A Fig. 1 apresenta graficamente os resultados do modelo com deficiências hídricas nos meses de dezembro a março, e da previsão IEA/CATI de fevereiro (o levantamento de fevereiro, considerando-se o tempo de expedição, processamento e depuração, normalmente só está disponível a partir da segunda quinzena de abril).

Nos modelos com períodos de deficiências hídricas iniciados em dezembro, todos os parâmetros são significativos a pelo menos 80% de confiança, enquanto que os meses de outubro e novembro, quando introduzidos nos modelos, são não significativos. Nesse caso, a não-significância pode estar associada à relativa resistência da cultura a pequenas deficiências no início do ciclo (Silva & Antunes 1980) e/ou à possibilidade de replantios quando da ocorrência de secas mais severas no início do

período de desenvolvimento.

Quando tentou-se nas equações a agregação das deficiências hídricas do período dezembro a março em uma única variável, os resultados do modelo, em termos de previsão, pioraram sensivelmente. Esse fato está provavelmente associado a certa compensação que pode ocorrer em anos com deficiências severas em alguns dos meses e condições pluviométricas normais nos outros, atenuando os efeitos mensuráveis da variável sobre o rendimento.

O erro percentual médio do modelo com deficiências hídricas de dezembro a março é de 3,9% (variando de 0,2% a 11,4% em módulo), resultados melhores do que os das previsões de fevereiro (erro médio de 6,37%) e abril (4,24%) provenientes de levantamentos de campo (Tabela 3). O coeficiente de desigualdade de Theil também indica superioridade desse modelo em relação à previsão IEA/CATI de fevereiro e de abril.

Pela Fig. 2 pode-se verificar que as variações percentuais do rendimento, em relação ao ano anterior, via de regra, são melhor captadas pelo modelo com déficits hídricos mensais de dezembro

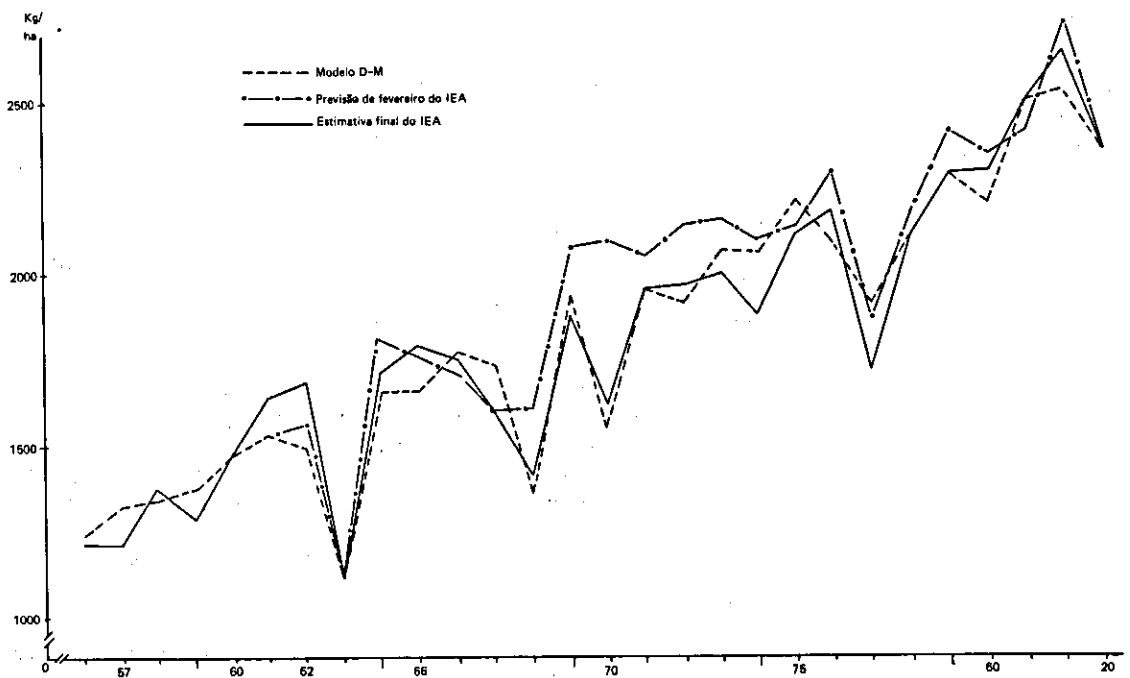


FIG. 1. Previsões e estimativa final do rendimento do milho, Estado de São Paulo, no período de 1957-84.

TABELA 3. Coeficiente de desigualdade de Theil (U) e erro percentual médio (E) de previsões de rendimento do milho, Estado de São Paulo, 1962-84.

Previsões	U	E ¹
Previsões do IEA		
Fevereiro	0,48	6,37
Abril	0,29	4,24
Previsões dos modelos		
D-M	0,28	3,90
D-F	0,29	4,06
D-J	0,31	4,43
O-M	0,28	3,90
D-M (A)	0,48	6,88

¹ Erro em módulo.

Fonte: Dados básicos do Instituto de Economia Agrícola (Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas do Estado de São Paulo). Resultados dos modelos.

a março do que pelo levantamento de campo IEA/CATI de fevereiro. Em ambos os casos, os pontos estão próximos da linha de previsões perfeitas, notadamente as provenientes do modelo.

CONCLUSÕES

1. Foi possível obter modelos capazes de fornecer boas previsões do rendimento do milho em São Paulo, em função apenas de deficiências hídricas nos meses do ciclo e de uma variável tendência.

2. Os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março apareceram como os mais importantes para a cultura, nas condições médias do Estado de São Paulo.

3. Alguns dos modelos apresentaram resultados melhores do que os levantamentos de campo efetuados em fevereiro e abril, segundo os critérios de avaliação utilizados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.C. de & SÁ, L.D. de A. Uma avaliação do método dos períodos críticos. São José dos Campos, INPE, 1984. 5p. (Publicação INPE, 3373/PRE/648)
- CAMARGO, A.P. de. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. 3.ed. Campinas, IAC, 1971. 24p. (Boletim, 116)
- CAMARGO, A.P. de. O clima do Estado de São Paulo e a cafeicultura. Campinas, IAC, 1966. 19p. (Boletim, 163)
- CAMARGO, A.P. de. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. *Bragantia*, 21:163-214, 1962.
- CELASCHI, W. & ALMEIDA, F.C. de. Um modelo para estimar a produtividade do milho no Estado de São Paulo. São José dos Campos, INPE, 1981. 5p. (Relatório INPE, 2118 - PRE/324)
- CHEN, S.C. & FONSECA, L.B. Corn yield model for Ribeirão Preto, São Paulo State, Brazil. *Agric. Meteorol.*, 22:341-5, 1980.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, Rio de Janeiro, RJ. Distribuição e concentração mensal do plantio e de colheita de produtos vegetais. Rio de Janeiro, 1979. 40p.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, Rio de Janeiro, RJ. Distribuição e sazonalidade de produção agrícola. Rio de Janeiro, 1980. 112p.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, Brasília, DF. Variações climáticas e flutuações

Pesq. agropec. bras., Brasília, 22(3):225-231, mar. 1987.

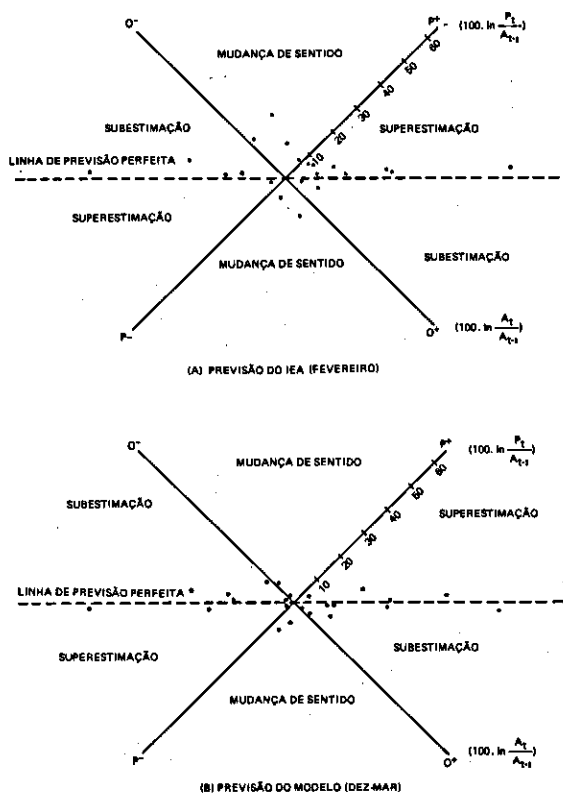


FIG. 2. Diagrama de previsão e realização, rendimento do milho, Estado de São Paulo, 1962-84.

- de oferta agrícola no Centro-Sul do Brasil; relatório de pesquisa. Brasília, IPEA/IPLAN, 1972. 419p. (Estudos para o planejamento, 1)
- JUNQUEIRA, A.A.B. Efeitos de precipitação pluviométrica e da modificação tecnológica sobre a produtividade física de quatro culturas na região de Ribeirão Preto, 1947 a 1967. Jaboticabal, Faculdade de Medicina, Veterinária e Agronomia, 1973. 47p.
- ORTOLANI, A.A.; PINTO, H.S.; PEREIRA, A.R.; ALFONSI, R.R. Parâmetros climáticos e a cafeicultura. Rio de Janeiro, IBC, 1970. 27p.
- SÁ, L.D. de A. & ALMEIDA, F.C. de. Variáveis derivadas na estimativa de produtividade agrícola. São José dos Campos, INPE, 1984. 7p. (Publicação INPE, 3372/PRE/647)
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura. Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo, 1974. v.1.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura. Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo, 1977. v.2.
- SILVA, G.L.S.P. da; CASER, D.V.; VICENTE, R. Efeitos das condições do tempo sobre a produtividade agrícola no Estado de São Paulo. R. Econ. rural, 23(1): 3-19, 1985.
- SILVA, G.L.S.P. da; VICENTE, J.R.; CASER, D.V.; Variações do tempo e da produtividade agrícola; proposta de uma metodologia de análise e sua aplicação para a cultura do café no Estado de São Paulo. São Paulo, Instituto de Economia Agrícola, 1986. 28p. (Relatório de pesquisa, 13/86)
- SILVA, W.J. da & ANTUNES, F.Z. Aptidão climática para a cultura do milho. Inf. agropec., 6(72):10-4, 1980.
- THEIL, H. Applied economic forecasting. Amsterdam, North-Holland, 1966. 474p.
- THORNTWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance. Centerton, Laboratory of Climatology, 1955. 104p.
- WADSTED, O.G. O clima e a economia; análise de algumas culturas no Estado de São Paulo. R. bras. Econ., 37(2):225-44, 1983.