

# AS CONDIÇÕES DO TEMPO SOBRE A PRODUTIVIDADE DO ARROZ NO ESTADO DE SÃO PAULO<sup>1</sup>

GABRIEL L.S. PEIXOTO DA SILVA<sup>2</sup>, JOSÉ ROBERTO VICENTE<sup>3</sup>  
e DENISE VIANI CASER<sup>4</sup>

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi medir o efeito das condições do tempo sobre a produtividade agrícola do arroz (*Oryza sativa* L.) em São Paulo. Utilizou-se a análise de regressão para estimar as relações entre a produtividade da cultura e as deficiências hídricas mensais. Os resultados sugerem grande sensibilidade do arroz a deficiência de água nos meses de janeiro, fevereiro e março. Alguns dos modelos ajustados fornecem previsões de rendimento melhores do que os levantamentos de campo, segundo os critérios de seleção adotados.

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

## THE WEATHER CONDITIONS ON RICE YIELD IN THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

**ABSTRACT** - The objective of this paper was to measure the effects of weather conditions on rice yield in the State of São Paulo, Brazil. Regression analysis was used to estimate the relation between crop yield and monthly hydric deficiencies. The results suggest great sensibility of rice to water deficiencies in January, February and March. Some of the adjusted models supply better yield forecasts than the field surveys, according to the adopted selection criteria.

Index terms: hydric deficiency, agricultural yield, crop forecast.

### INTRODUÇÃO

A área plantada com a cultura do arroz encontra-se estabilizada, no Estado de São Paulo, no nível de 300 a 350 mil hectares há quase uma década. Seu cultivo esteve em ascensão na década de 60, quando a área plantada superou a marca de 1 milhão de hectares. Aparentemente, essa intensificação de cultivo em áreas marginais, associada a planos de erradicação e de renovação dos cafezais, fez com que o rendimento médio obtido nesses anos fosse significativamente menor do que em períodos anteriores e posteriores. A partir do início dos anos 70, a área sofreu declínios consecutivos até atingir, em meados da década, o patamar em que se mantém até hoje.

Em São Paulo o plantio do arroz concentra-se nos meses de outubro e novembro (55% e 30%, respectivamente), com a colheita acontecendo nos meses de março e abril (45% e 20%, respectivamente), principalmente (Fundação Getúlio Vargas 1979, 1980). O cultivo de sequeiro, predominante

no Estado, é bastante sensível à deficiência hídrica, com estiagens nos períodos de emborrachamento, florescimento e granação diminuindo drasticamente a produção final (Morais et al. 1979). A própria utilização eficiente de nutrientes parece estar associada à disponibilidade de água no solo (Stone et al. 1979, Fageria 1980). A ocorrência de veranicos (ausência de chuvas) nos meses de janeiro e de fevereiro, por períodos de, pelo menos, dez dias, tem probabilidade de 10% a 60%, dependendo da região e do período (Alfonsi et al. 1979, Arruda et al. 1979). A temperatura mais adequada ao desenvolvimento do arroz parece estar entre 20°C e 38°C (Morais et al. 1979).

As condições climáticas em redor da principal região produtora (São José do Rio Preto) tornam o período de 21 de outubro a 20 de novembro o mais adequado para o plantio (Camargo et al. 1984).

O Instituto de Planejamento Econômico e Social (1972) utilizou a precipitação pluvial no florescimento como variável explicativa do rendimento do arroz nos estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Goiás e São Paulo. Quando o Rio Grande do Sul, onde os cultivos são irrigados, era retirado da análise, os resultados dos modelos pioravam consideravelmente, tornando-os pouco adequados para fins de previsão ao nível de cada Estado.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 10 de agosto de 1987

<sup>2</sup> Eng. - Agr., Dr. em Economia. Inst. de Econ. Agríc. e Prof. da Fac. de Econ. e Admin. da Univ. de São Paulo. Av. Miguel Stéfano, 3.900, CEP 04301 São Paulo.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., Inst. de Econ. Agríc.

<sup>4</sup> Estatístico, Inst. de Econ. Agríc.

Wadsted (1983) encontrou uma clara interferência da precipitação pluvial de novembro sobre o rendimento do arroz, porém não encontrou o mesmo efeito nas precipitações de dezembro e janeiro. Suas conclusões consideram que temperaturas mais baixas no mês de abril favorecem a cultura, o que é algo estranho, se considerarmos que nesse mês quase 80% do arroz do Estado já está colhido; além disso, o autor cita não ter encontrado efeitos das variáveis climáticas dos meses de janeiro a outubro sobre a safra que é plantada em outubro, ou seja, conclui que o clima não afeta o rendimento em épocas em que ainda não se plantou arroz, o que é igualmente estranho.

Junqueira (1973) estimou modelos para medir os efeitos da precipitação pluvial sobre o rendimento do arroz na região de Ribeirão Preto. Trabalhou com três períodos - plantio, florescimento e colheita - em que supunha haver diferentes respostas da cultura à precipitação, encontrando equações com coeficientes de determinação melhores com a variável climática associada ao período de florescimento ( $R^2 = 70\%$ ). Dos modelos foi possível concluir também que o ótimo de precipitação pluvial para o arroz na fase de florescimento estaria entre 200 e 250 mm, e que chuva na época de colheita era prejudicial. Talvez os modelos apresentassem resultados ainda melhores caso as variáveis representativas dos três períodos fossem incluídas em um só modelo, uma vez que todas mostraram-se importantes.

A região de São José do Rio Preto, principal produtora de arroz em São Paulo, foi objeto de estudo de Caser & Vicente (1984), que estimaram modelo para previsão de rendimento com as variáveis deficiência hídrica do período outubro-dezembro e deficiência hídrica do período janeiro-fevereiro. Concluíram que o período relevante (significativo) era o de janeiro-fevereiro, mas não consideraram o modelo estimado adequado para fornecer boas previsões. A utilização de deficiências mensais agregadas e a limitação à região de São José do Rio Preto são os principais problemas do estudo.

Um bom modelo para o estado do Rio Grande do Sul foi conseguido por Mota & Silva (1980), utilizando como variáveis independentes insolação total média de fevereiro e março e médias das tem-

peraturas mínimas de novembro a janeiro (Mota 1984). Naturalmente, os plantios irrigados do Rio Grande do Sul eliminam a principal causa de quebras de safras no arroz, que é a estiagem.

Pretendeu-se, no presente estudo, ajustar modelos operacionais capazes de fornecer previsões do rendimento do arroz no estado de São Paulo, em função das condições do tempo prevaescentes durante o ciclo produtivo; adicionalmente, compararam-se as previsões dos modelos com as provenientes de levantamentos de campo efetuados nos meses de fevereiro e abril pelo Instituto de Economia Agrícola e pela 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 da 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).

É conveniente iniciar a análise dos efeitos das variações do tempo sobre o rendimento da cultura a partir de uma discussão sobre seus principais determinantes. Pode-se conceber o rendimento, ou produção por unidade de área (R), como uma função das características do solo (S) e do clima (C), da técnica ou processo de produção utilizado (P) e das condições meteorológicas (M). Formalmente:

$$R = f(S, C, P, M).$$

Segundo essa perspectiva, as características do solo e do clima determinam o rendimento potencial de cada técnica ou processo de produção, enquanto as condições do tempo respondem pelas flutuações anuais do rendimento a elas associadas.

Cada técnica ou processo de produção caracteriza-se pela quantidade e qualidade dos fatores de produção utilizados e também pelo modo como são aplicados. Admite-se que alguns fatores têm maior influência sobre a produtividade da terra, sendo esse o caso das sementes, dos corretivos, dos fertilizantes, dos defensivos. A escolha de uma técnica particular, pelos produtores agrícolas, dentro do conjunto de técnicas conhecidas, depende dos preços relativos dos fatores de produção, que se alteram continuamente no tempo, induzindo variações nas proporções dos fatores e, conseqüentemente, em suas produtividades.

O progresso tecnológico, representado pelo desenvolvimento de novos processos ou técnicas de produção, na medida em que reduz os requerimentos de fatores por uni-

dade de produto, resulta também em ganhos de produtividade, especialmente a longo prazo.

O aumento da produção, na presença de economias de escala, poderá ter efeitos semelhantes, pois também diminui as quantidades de fatores necessários à obtenção de uma unidade de produto.

Em face da complexidade do fenômeno, fica claro serem convenientes várias simplificações, uma vez que se pretende desenvolver modelos operacionais de previsão de rendimentos. Aliás, isso seria, de qualquer forma, inevitável, dada a dificuldade, senão virtual impossibilidade, de se obter dados para a estimação de modelos mais completos.

Neste estudo, não se incluíram explicitamente nos modelos construídos as condições de solo e de clima. Na realidade, tais condições não são uniformes no espaço, de modo que alterações na distribuição regional da cultura podem afetar o rendimento. De outra parte, as condições do solo e do clima, particularmente do primeiro, não são constantes no tempo; em consequência, podem, também, por esse motivo, influenciar os rendimentos. Medidas representativas das técnicas de produção utilizadas, tais como quantidades de fatores de produção aplicadas por unidade de área, também não foram explicitamente incluídas nos modelos. Indicadores específicos de ocorrência de progresso tecnológico e de existência de economias de escala tampouco foram incorporados.

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 natural da fertilidade do solo, mudanças continuadas na localização da cultura, e outros fatores capazes de afetar o rendimento, associados ao tempo histórico.

A forma geral dos modelos - que foram ajustados por mínimos quadrados - foi, assim, reduzida à expressão:

$$R = f(M, T).$$

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

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 de 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 representa o consumo de água, considerando-se uma determinada capacidade de armazenamento de água no solo, em condições de ser extraída pelas plantas.

Neste estudo, o foco de interesse não é a condição mé-

dia do tempo, mas sim suas variações, que determinam flutuações da produtividade agrícola; por isso, o balanço hídrico foi calculado sequencialmente, mês por 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 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, dada a pequena participação de ambas.

Foram agregadas 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 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 (E) e o coeficiente de desigualdade (U) de Theil (1966).

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

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

onde

$P_t$  = valor previsto.

$A_t$  = valor realizado.

$t$  = período de tempo.

A interpretação de E é imediata: E = O 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 da exatidão das variações previstas entre períodos:

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

onde

$\Delta P_t$  = variação prevista.

$\Delta A_t$  = 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 = O 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 previsões 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 previ-

sões perfeitas. Os erros por superestimação, subestimação e mudança de sentido podem ser visualizados pela posição dos pontos no diagrama.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a cultura do arroz, as tentativas de ajuste de equações com deficiências hídricas cobriram o período outubro-março. Nesses meses consegue-se abranger todo o ciclo da maioria dos cultivos do Estado, desde o plantio até parte da colheita (Tabela 1).

A capacidade de armazenamento de água no solo, de 50 mm foi a que apresentou melhores resultados.

Não foi obtido nenhum resultado satisfatório com a inclusão de temperaturas médias diretamente nos modelos, que por isso foram desconsideradas.

O coeficiente de desigualdade de Theil e o erro percentual médio (Tabela 2) apontam o modelo logarítmico (L) como o melhor ajustamento relacionando o rendimento do arroz às deficiências hídricas nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, e a duas tendências. A segunda tendência foi introduzida no período 1962-1969, quando o grande incremento na área cultivada teve, em contrapartida, a pior seqüência de rendimentos de toda a série analisada. Esse modelo tem erro percentual médio de 8,23% (variação de 0% a 22%) contra 21,0% da previsão IEA/CATI de fevereiro e 9,6% da previsão IEA/CATI de abril, feitas com base em levantamento de campo. É interessante notar que os modelos não captam efeito significativo no mês de novembro, e que dezembro aparece nos dois melhores modelos com sinal positivo e significativo, talvez indicando que deficiências leves durante o mês teriam influências benéficas pelo aprofundamento das raízes, que tornariam a planta mais resistente a veranicos em meses subsequentes. O período janeiro-março aparece em todos os modelos com sinal negativo e coeficientes significativos.

Os demais modelos, incluindo deficiências hídricas mensais, apresentam desempenho inferior. O modelo logarítmico (L) abrangendo os meses de janeiro a março e o semi-logarítmico (SL) abrangendo o período de novembro a março parecem algo melhores que o modelo ajustado aos números

TABELA 1. Equações com deficiências hídricas em diversos períodos e tendência como variáveis explicativas do rendimento do arroz, estado de São Paulo, 1956-84<sup>1</sup>.

Variáveis explicativas	Modelos de previsão				
	N-M (L)	N-M (SL)	O-M	J-M (L)	J-M (A)
Def. hídrica em outubro			- 2,214 ( 0,77)		
Def. hídrica em novembro	0,003 (0,01)	2,455 (0,01)	3,878 ( 0,87)		
Def. hídrica em dezembro	0,086 (5,20) <sup>b</sup>	67,763 (2,37) <sup>d</sup>	0,472 ( 0,01)		
Def. hídrica em janeiro	-0,192 (39,84) <sup>a</sup>	-172,946 (23,14) <sup>a</sup>	-26,498 (16,52) <sup>a</sup>	-0,160 (29,14) <sup>a</sup>	
Def. hídrica em fevereiro	-0,054 ( 4,97) <sup>b</sup>	-71,812 ( 5,93) <sup>b</sup>	-12,920 ( 7,47) <sup>b</sup>	-0,053 ( 3,74) <sup>c</sup>	
Def. hídrica em março	-0,078 (13,40) <sup>a</sup>	-86,470 (11,96) <sup>a</sup>	-14,304 (10,28) <sup>a</sup>	-0,067 ( 7,68) <sup>b</sup>	
Def. hídrica no per. jan.-mar.					-15,953 (29,07) <sup>a</sup>
Tendência 1956-61, 1970-84	0,533 (36,66) <sup>a</sup>	44,482 (30,86) <sup>a</sup>	41,913 (20,78) <sup>a</sup>	0,357 (20,91) <sup>a</sup>	43,903 (30,64) <sup>a</sup>
Tendência 1962-69	-0,149 (10,09) <sup>a</sup>	-15,769 ( 1,47)	-16,673 ( 1,10)	-0,111 ( 4,38) <sup>b</sup>	-21,478 ( 2,30) <sup>d</sup>
Constante	6,197	963,276	948,670	6,583	956,960
R <sup>2</sup> (%)	82,5	78,9	76,0	74,0	68,9
F	13,44 <sup>a</sup>	10,68 <sup>a</sup>	7,52 <sup>a</sup>	12,43 <sup>a</sup>	17,72 <sup>a</sup>
DW	1,32	1,36	1,45	1,63	1,79

<sup>1</sup> Os valores entre parênteses são da estatística F. Níveis de significância:

- a 1%.                   c 10%  
b 5%                    d 20%.

naturais referentes ao período outubro-março, que cobre praticamente todo o ciclo da cultura do arroz (Tabela 3).

Quando as deficiências hídricas nos meses de janeiro a março são introduzidas no modelo agregadamente, os resultados pioram muito provavelmente em decorrência de compensações entre os efeitos das deficiências nos diversos meses.

Observa-se, nos modelos selecionados, que os meses de janeiro, fevereiro e março, que coincidem com as fases de emborrachamento, florescimento e granação para a maioria das culturas, apresentam coeficientes significativos a 5% de probabilidade, e as elasticidades nos mostram que aumentos de 100% nas deficiências hídricas de janeiro, de fevereiro e de março diminuem a produtividade do arroz em 19%, 5% e 8%, respectivamente.

TABELA 2. Coeficiente de desigualdade de Theil (U) e erro percentual médio (E) de previsões de rendimento do arroz, estado de São Paulo, 1962-84.

Previsões	U	E <sup>1</sup>
<b>Previsões do IEA</b>		
Fevereiro	0,68	21,01
Abril	0,34	9,62
<b>Previsões dos modelos</b>		
N-M (L)	0,31	8,23
N-M (SL)	0,33	9,35
O-M	0,38	10,76
J-M (L)	0,37	11,08
J-M (A)	0,43	11,86

<sup>1</sup> Erro em módulo.

Fonte: Dados básicos do Instituto de Economia Agrícola (Previsões e estimativas das safras agrícolas no Estado de São Paulo).

Resultados dos modelos.

TABELA 3. Previsões e estimativa final do rendimento do arroz, estado de São Paulo, 1957-84.

Ano	(em kg/ha)							
	Previsões do IEA			Previsões dos modelos				
	Fev.	Abr.	Final	N-M (L)	N-M (SL)	O-M	J-M (L)	J-M (A)
57	1.291	—	1.148	1.031	1.173	1.127	923	1.044
58	—	1.053	987	974	1.034	1.066	1.015	1.069
59	1.524	1.088	1.088	1.200	1.122	1.135	1.089	1.070
60	—	1.339	1.151	1.073	982	941	1.078	973
61	—	1.212	1.230	1.174	1.076	1.132	1.191	1.197
62	1.188	1.343	1.204	1.207	1.163	1.147	1.319	1.230
63	1.220	1.102	944	1.017	1.000	1.026	1.105	949
64	915	974	812	909	888	822	765	897
65	1.127	1.031	964	1.175	1.214	1.192	1.241	1.178
66	1.111	983	821	820	865	990	912	1.004
67	1.196	1.276	1.196	1.190	1.231	1.158	1.187	1.135
68	879	749	722	828	823	850	880	800
69	1.147	976	705	640	607	685	611	708
70	1.328	1.395	1.225	1.096	1.141	1.135	1.147	1.119
71	1.294	744	625	627	600	499	685	718
72	1.366	1.372	1.312	1.120	1.118	1.065	1.102	1.040
73	1.422	1.156	1.121	890	875	1.034	942	994
74	1.480	1.355	1.252	1.250	1.226	1.243	1.247	1.199
75	1.329	1.157	974	1.120	1.130	1.025	1.142	899
76	1.422	1.451	1.354	1.501	1.450	1.396	1.472	1.400
77	1.302	1.122	1.037	1.129	1.109	966	1.120	861
78	787	752	720	824	862	1.005	864	1.117
79	1.131	1.096	1.025	1.006	1.085	1.270	990	1.340
80	1.513	1.433	1.403	1.370	1.396	1.344	1.335	1.328
81	1.443	1.202	1.206	1.220	1.251	1.110	1.183	1.166
82	1.462	1.612	1.604	1.629	1.630	1.635	1.515	1.647
83	1.782	1.856	1.848	1.521	1.540	1.619	1.423	1.597
84	1.282	1.142	1.140	1.103	1.215	1.197	1.074	1.136

Fonte: Instituto de Economia Agrícola (previsões e estimativas das safras agrícolas no estado de São Paulo).

#### Resultado dos modelos.

A Fig. 1 confronta os resultados do modelo logarítmico com o levantamento de campo de fevereiro - que, pelas necessidades de processamento e depuração de dados, normalmente torna-se disponível na segunda quinzena de abril -, e também com a estimativa final IEA/CATI. Percebe-se claramente que a curva referente às previsões do modelo é muito mais aderente à curva de estimativas finais dos rendimentos do que aquela que representa as previsões do levantamento de campo de fevereiro. Entre os anos de 1968 e 1975, por exemplo, embora o rendimento da cultura tenha apresentado bruscas variações, os levantamentos de campo efetuados nos meses de janeiro ou feve-

reiro previam constantes aumentos de produtividade, que não foram verificados. É interessante notar que as maiores flutuações na série de rendimentos, representadas pelas grandes quedas observadas nos anos de 1964, 1966, 1969, 1971 e 1978 são quase que perfeitamente captadas pelo modelo que utiliza deficiências hídricas mensais do período novembro-março.

Uma comparação visual das variações previstas pelo mesmo modelo com as efetivamente observadas e com as previstas pelo levantamento de campo de fevereiro, é fornecida pela Fig. 2. Pelos vinte e três pontos representados, é possível concluir que o levantamento de campo freqüentemen-

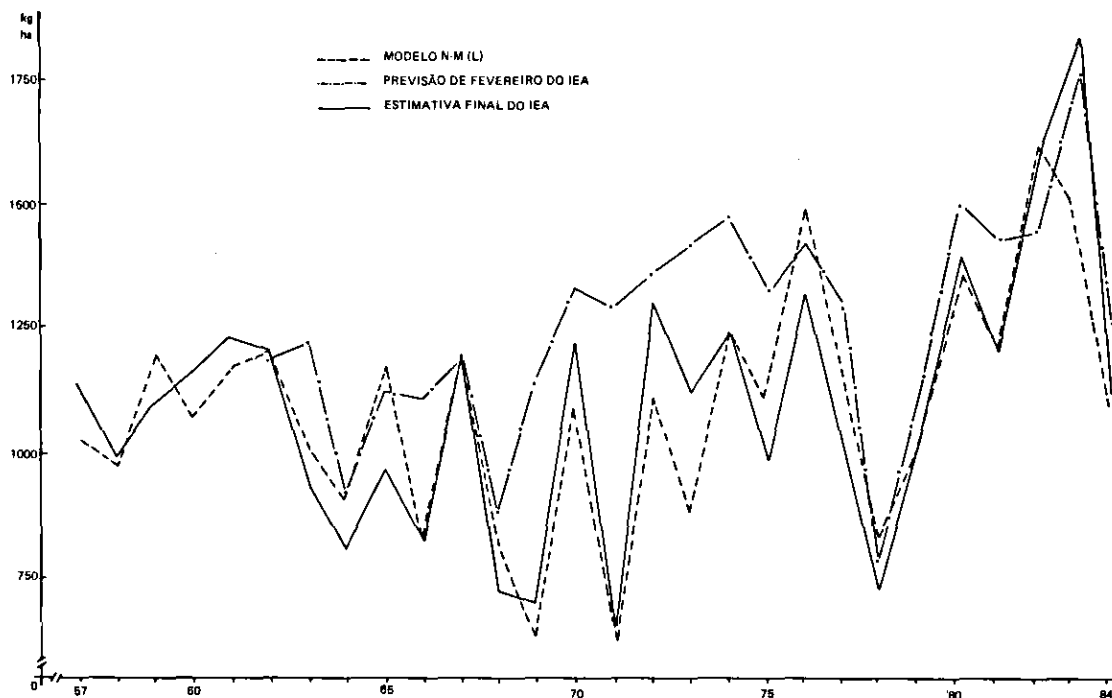


FIG. 1. Previsões e estimativa final do rendimento do arroz, estado de São Paulo, 1957-84.

te comete erros por mudança de sentido (oito pontos), na maioria dessas vezes prevendo aumentos de rendimento em relação à safra anterior em anos em que houve queda de produtividade (em sete anos); o modelo de deficiências hídricas mensais novembro-março comete erros de mudança de sentido apenas duas vezes, onde foram previstas diminuições em safras que experimentaram ganhos de produtividade em relação à anterior. Pela escala do diagrama pode-se aquilatar a dificuldade de efetuar previsões de boa qualidade para o arroz no estado de São Paulo, uma vez que as variações observadas entre rendimentos de anos subsequentes apresentam magnitudes que vão de quedas de 50% a aumentos de 110%.

### CONCLUSÕES

1. O rendimento agrícola do arroz no estado de São Paulo pode ser previsto com base em modelos utilizando como variáveis deficiências hídricas mensais e duas tendências históricas.

2. A cultura parece ser fortemente influenciada pelas condições do tempo nos meses de janeiro,

fevereiro e março.

3. As equações ajustadas fornecem previsões com erros médios menores do que 10% e melhores do que as provenientes de levantamentos de campo.

### REFERÊNCIAS

- ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S.; ARRUDA, H.V. de. Frequências de veranicos em regiões rizícolas do Estado de São Paulo. In: REUNIÃO DE TÉCNICOS EM RIZICULTURA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1., Campinas, 1979. Anais. Campinas, Secretaria da Agricultura/CATI, 1979. p.147-51.
- ARRUDA, H.V. de; PINTO, H.S.; ALFONSI, R.R. Probabilidade de estiagens nos meses de janeiro e fevereiro na região de Campinas. In: REUNIÃO DE TÉCNICOS EM RIZICULTURA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1., Campinas, 1979. Anais. Campinas, Secretaria da Agricultura/CATI, 1979. p.143-5.
- CAMARGO, M.B.P. de; BRUNINI, O.; ANGELOCCI, L.R.; ORTOLANI, A.A. Melhores épocas de plantio para arroz de sequeiro, C.V. IAC-1246 em função de índices biometeorológicos. *Pesq. agropec. bras.*, 19(10):1227-33, 1984.
- CASER, D.V. & VICENTE, J.R. Projeções de áreas e previsões de rendimentos de feijão e de arroz nas DIRAS de Sorocaba e São José do Rio Preto. São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento/IEA, 1984. 28p. (Relatório de pesquisa, 15/84)

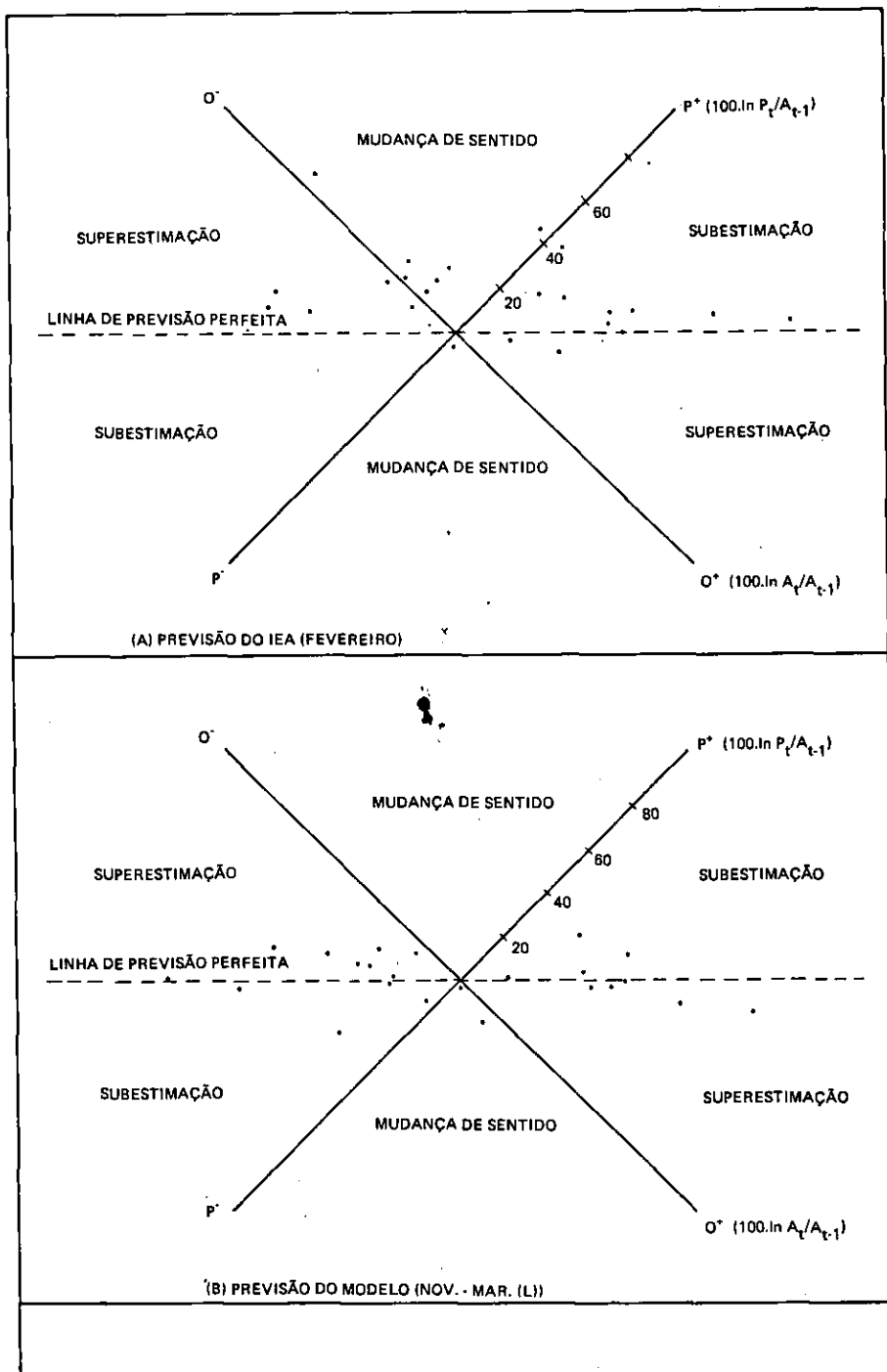


FIG. 2. Diagrama de previsão e realização, rendimento do arroz, estado de São Paulo, 1962-84.



## REFERÊNCIAS

- ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S.; ARRUDA, H.V. de. Frequências de veranicos em regiões rizícolas do Estado de São Paulo. In: REUNIÃO DE TÉCNICOS EM RIZICULTURA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1., Campinas, 1979. Anais. Campinas, Secretaria da Agricultura/CATI, 1979. p.147-51.
- ARRUDA, H.V. de; PINTO, H.S.; ALFONSI, R.R. Probabilidade de estiagens nos meses de janeiro e fevereiro na região de Campinas. In: REUNIÃO DE TÉCNICOS EM RIZICULTURA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1., Campinas, 1979. Anais. Campinas, Secretaria da Agricultura/CATI, 1979. p.143-5.
- CAMARGO, M.B.P. de; BRUNINI, O.; ANGELOCCI, L. R.; ORTOLANI, A.A. Melhores épocas de plantio para arroz de sequeiro, C.V. IAC-1246 em função de índices biometeorológicos. *Pesq. agropec. bras.*, 19(10):1227-33, 1984.
- CASER, D.V. & VICENTE, J.R. Projeções de áreas e previsões de rendimentos de feijão e de arroz nas DIRAS de Sorocaba e São José do Rio Preto. São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento/IEA, 1984. 28p. (Relatório de pesquisa, 15/84)
- FAGERIA, N.K. Deficiência hídrica em arroz de cerrado e resposta ao fósforo. *Pesq. agropec. bras.*, 15(3):259-65, 1980.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, Rio de Janeiro, RJ. Distribuição e concentração mensal do plantio e da colheita de produtos vegetais. Rio de Janeiro, 1979. 40p.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, Rio de Janeiro, RJ. Distribuição e sazonalidade da produção agrícola. Rio de Janeiro, 1980. 112p.
- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, Brasília, DF. Variações climáticas e flutuações da 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.
- MORAIS, O.P. de; ANTUNES, F.Z.; SOARES, P.C. Exigências climáticas da cultura do arroz. *Inf. agropec.*, 5(55):16-9, 1979.
- MOTA, F.S. da. Previsão e probabilidade agrometeorológica do rendimento de cereais no Brasil; uma revisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3., Campinas, 1983. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1984. p.347-61.
- MOTA, F.S. da & SILVA, J.B. A weather-technology model for rice in southern Brazil. In: SYMPOSIUM ON THE AGROMETEOROLOGY OF THE RICE CROP, Manila, 1980. Proceedings. Manila, WMO/IRRI, 1980.
- ORTOLANI, A.A.; PINTO, A.R.; ALFONSI, R.R. Parâmetros climáticos e a cafeicultura. Rio de Janeiro, IBC, 1970. 27p.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Agricultura. Zonamento agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo, 1974. v. 1.
- 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, Secretaria de Agricultura e Abastecimento/IEA, 1986. 27p. (Relatório de Pesquisa, 13/86)
- STONE, L.F.; OLIVEIRA, A.B. de; STEINMETZ, S. Deficiência hídrica e resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao nitrogênio. *Pesq. agropec. bras.*, 14(3):295-301, 1979.
- 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.*, Rio de Janeiro, 37(2):225-44, 1983.