



EFEITOS DAS CONDIÇÕES DO TEMPO SOBRE A PRODUTIVIDADE DO ALGODÃO EM SÃO PAULO

Gabriel L.S.P. da Silva
José Roberto Vicente
Denise Viani Caser

Governo do Estado de São Paulo
Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Instituto de Economia Agrícola

ISSN 0101-5109
Relatório de Pesquisa
09/87

**EFEITOS DAS CONDIÇÕES DO TEMPO SOBRE A PRODUTIVIDADE DO ALGODÃO EM
SÃO PAULO**

Gabriel L.S.P. da Silva
José Roberto Vicente
Denise Viani Caser

São Paulo
1987

ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	3
3 - METODOLOGIA	3
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	7
5 - CONCLUSÕES	14
LITERATURA CITADA	15
RESUMO	17
SUMMARY	17

Gabriel Luiz Seraphico Peixoto da Silva

José Roberto Vicente

Denise Viani Caser

1 - INTRODUÇÃO

O Estado de São Paulo cultivou, no início da década de 50, ao redor de 1,2 milhão de hectares de algodão. A partir de então a área com a cultura sofreu contínuos decréscimos, tendência que só se modificou no início dos anos 70, quando experimentou algum incremento de plantio associado às elevações de preços das fibras artificiais. Nos últimos anos o plantio tem-se mantido entre 250 e 350 mil hectares. Embora a área tenha diminuído em 75%, a contínua introdução de variedades mais produtivas faz com que a produção atual atinja dois terços daquela obtida quando a área cultivada superava 1,3 milhão de hectares, em 1952.

As recomendações técnicas para a época de plantio do algodão têm mudado com as variedades utilizadas; atualmente, recomenda-se que o plantio ocorra entre 20 de setembro e vinte de outubro, em todo o Estado (12). Segundo dados dos censos agropecuários, o mês de outubro concentra mais de 85% dos plantios, enquanto que a colheita se dá nos meses de março, abril e maio, principalmente nos dois primeiros (3,4).

O algodão é exigente em temperaturas adequadas a seu desenvolvimento, sendo que quando a temperatura do solo fica abaixo dos 15°C, a germinação é retardada e torna-se imperfeita, enquanto que entre 20°C e 30°C este processo é acelerado e ganha em perfeição (9).

(1) Os autores agradecem à programadora Vera Lúcia Ferraz dos Santos, aos auxiliares agropecuários José Antonio Marinovic Doro e Mario Pires de Almeida Olivetti e à escriturária Cleusa Pires Monteoliva; agradecem também à Fundação Cargill, à Seção de Climatologia do Instituto Agrônomo de Campinas e ao Instituto Nacional de Meteorologia (79 DISME).

O desenvolvimento do caule, o início do florescimento e o número de flores dependem também das condições de temperatura média (11).

Durante os meses de janeiro e fevereiro, ocorrem as temperaturas mais altas, coincidindo com o florescimento e frutificação, fase mais exigente em calor. A fase de maturação, que necessita de temperaturas amenas e menor umidade, encontra condições adequadas nos meses de março e abril.

Na fase de desenvolvimento vegetativo, o algodoeiro suporta bem períodos de seca sendo, no entanto, sensível à falta d'água nos primeiros trinta dias; também o excesso de precipitação durante o crescimento inicial dificulta os tratos culturais e provoca o aparecimento de doenças. Durante o florescimento e frutificação não pode sobrar nem faltar umidade, pois os extremos aumentam sensivelmente a taxa de abscisão de botões florais e frutos novos.

O período mais crítico em relação à falta d'água, para o algodoeiro parece situar-se do início da floração até a formação das maçãs, que ocorre entre os 60 a 100 dias do ciclo (8). A queda de frutos recém-formados após intensa precipitação pluviométrica parece ser mais devida à falta de luminosidade e consequente diminuição de fotossíntese, do que a uma ação direta das chuvas (9). Na deiscência dos frutos as chuvas excessivas prejudicam a qualidade e o peso do produto (9,11).

Sinteticamente, costuma-se dizer que quando chove o normal em São Paulo, a produção é normal; quando chove menos que o normal, a produção é maior do que a normal e, quando chove mais do que o normal a produção é menor (1). Por outro lado, escassez exagerada de umidade reduz o desenvolvimento do algodoeiro, podendo até interrompê-lo; pode causar queda de flores e frutos, reduzir o comprimento de fibra e, com secas extremas, o ciclo da cultura é bastante abreviado e a produção insignificante (9).

Estudos associando o rendimento da cultura a variáveis climáticas são relativamente escassos, podendo-se citar o do IPEA (6) que conseguiu modelos bem ajustados ($R^2 = 80\%$) para previsão do rendimento do algodão nos Estados de São Paulo e Paraná, utilizando as variáveis deficiência hídrica no plantio e temperatura média no plantio; quando a variável deficiência hídrica foi substituída pela precipitação pluviométrica no plantio, os resultados não se alteraram significativamente ($R^2 = 81\%$), mas a temperatura no plantio sempre apareceu como mais importante nos modelos testados. Por outro lado, JUNQUEIRA (7) não conseguiu detectar efeitos significativos de precipitação pluviométrica sobre o rendimento do algodão na Divisão Regional Agrícola de Ribeirão Preto, nos períodos de plantio, floração e tratos culturais, e colheita. A explicação de 85% das variações dos rendimentos foi conseguida unicamente com uma variável representativa de tendência tecnológica, sem que

a variável precipitação pluviométrica contribuisse para melhorar os ajustes.

2 - OBJETIVOS

Pretendeu-se no presente estudo ajustar modelos operacionais capazes de fornecer previsões do rendimento de algodão no Estado de São Paulo, em função das condições do tempo prevalecentes durante o ciclo produtivo.

Adicionalmente comparou-se as previsões 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.

3 - METODOLOGIA

A metodologia de 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, VICENTE & CASER (13).

Como "proxies" para as variáveis não explicitamente consideradas optou-se por introduzir nos modelos a variável tendência temporal (T). Acredita-se que 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 - temperatura e precipitação - e evitou-se o uso das primeiras exclusivamente em sua forma primária, face à 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 da deficiência hídrica utilizou-se o método de balanço hídrico, que consiste em contabilizar a água do 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.

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 sequencialmente, mês por mês, ano após ano, seguindo-se o método de THORNTWAITE & MATHER (15) e o roteiro proposto por ORTOLANI et alii (10).

Em alguns modelos utilizados neste trabalho aparecem 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: 50mm, 100mm, 125mm e 150mm. Posteriormente adotou-se o nível de 50mm, que produziu os melhores resultados.

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. 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 devido à pequena participação de ambas.

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.

As séries de rendimento observado utilizadas não foram as normalmente disponíveis no Banco de Dados de IEA, porque os rendimentos da série oficial são calculados assumindo-se, para a maioria dos anos, que a produção do Estado foi igual à quantidade de algodão declarada pelas máquinas de beneficiamento como algodão de São Paulo. Sem entrar no mérito de possíveis falhas no levantamento de campo, contrapostas a eventuais interesses escusos na sonegação de impostos, parece que para se utilizar a quantidade de algodão entrada nas máquinas como produção efetiva do Estado, alguma correção teria que ser feita na área cultivada. Como tal correção não é efetuada, pareceu mais

adequado tentar recuperar a série original de rendimentos estimados pelo levantamento IEA/CATI de junho, que acredita-se represente melhor a média obtida no Estado. Tal método apenas não foi possível nos anos 1975 e 1980, em que optou-se por utilizar como estimativa final do rendimento o dado levantado em abril.

Analisando resultados preliminares destinados a definir períodos críticos e variáveis mais relevantes, foram escolhidas as seguintes equa es:

$$R = f(TO, TN, TD, TJ, TF, PM, T); \quad (1)$$

$$R = f(TD, TJ, TF, DO, DN, DD, DJ, DF, PM, T); \quad (2)$$

$$R = f(\ln TD, \ln TJ, \ln TF, \ln DO, \ln DN, \ln DD, \ln DJ, \ln DF, \ln PM, \ln T); \quad (3)$$

$$\ln R = f(\ln TD, \ln TJ, \ln TF, \ln DO, \ln DN, \ln DD, \ln DJ, \ln DF, \ln PM, \ln T); \quad (4)$$

$$R = f(TD, TF, DO, DN, DD, DJ, DF, PM, T); \quad e \quad (5)$$

$$R = f(DO, DN, DD, DJ, DF, PM, T); \quad (6)$$

Onde,

R = Rendimento do algodão (kg/ha);

TO = Temperatura média compensada ( C) do mês de outubro, ano anterior ao da colheita (t-1);

TN = Temperatura média compensada do mês de novembro em t-1;

TD = Temperatura média compensada do mês de dezembro em t-1;

TJ = Temperatura média compensada do mês de janeiro, ano t;

TF = Temperatura média compensada do mês de fevereiro, ano t;

DO = Deficiência hídrica (mm) no mês de outubro, ano t-1;

DN = Deficiência hídrica em novembro, ano t-1;

DD = Deficiência hídrica em dezembro, ano t-1;

DJ = Deficiência hídrica em janeiro, ano t;

DF = Deficiência hídrica em fevereiro, ano t;

PM = Precipita o pluviométrica (mm) em março, ano t; e,

T = Tendência (56, 57, ..., 84).

As variáveis antecedidas de ln foram medidas em logaritmos naturais.

O modelo 1 conjuga temperaturas do plantio até a frutifica o, mês a mês, com precipita o pluviométrica na colheita, e o modelo 2 junta a essas variáveis deficiências hídricas mês a mês, durante o mesmo período do plantio   frutifica o; os modelos 3, 4 e 5 são varia es do modelo 2 com a introdu o de variáveis na forma logar mica ou elimina o de uma variável; o modelo 6 relaciona o rendimento da cultura apenas a deficiências hídricas e precipita o na colheita.

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 (14).

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

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

Onde: P_t = valor previsto; A_t = valor realizado; e t = período de tempo.

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:

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

Onde: ΔP_t = variação prevista; ΔA_t = variação realizada.

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

Para evitar o problema de assimetria implícita em variações medidas através de porcentagens, preferiu-se seguir o procedimento sugerido por THEIL (14), baseado no uso de logaritmos naturais:

$$\Delta P_t - \Delta A_t = \ln \frac{P_t}{A_t} \quad ; \quad \Delta A_t = \ln \frac{A_t}{A_{t-1}}$$

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 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, serão utilizados diagramas de séries temporais, previstas e observadas, e diagramas de previsão-realização de Theil.

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 do diagrama.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelas características próprias da cultura, resistente à seca, a equação em que somente deficiências hídricas foram incluídas como variáveis climáticas não mostrou significância estatística nos coeficientes (quadro 1, modelo 6). Aliás, os modelos mostram que a deficiência hídrica parece não ser importante nas condições de São Paulo, no início do desenvolvimento da planta; nessa fase, excessos de umidade induzem o desenvolvimento superficial do sistema radicular, tornando as plantas mais susceptíveis a eventuais estiagens posteriores (9).

No mês de dezembro, deficiências parecem ser bem-vindas, possivelmente devido ao fato que umidade excessiva favoreceria o desenvolvimento vegetativo em detrimento da produção ou reduziria a aeração do solo, causando queda anormal de flores, que começam a aparecer em meados desse mês (9). Os meses de janeiro e fevereiro, que coincidiriam com o período mais crítico em relação à falta d'água, aparecem nos modelos com coeficientes significativos e negativos. Pelos resultados das equações, há também indícios de que chuvas na época de colheita prejudiquem o rendimento agrícola, além da qualidade.

As temperaturas no início do desenvolvimento não parecem estar sendo, nas condições do Estado de São Paulo, fator significativo, mas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro os coeficientes estimados são significativos em todos os modelos (quadro 1).

QUADRO 1. - Equações com Deficiências Hídricas, Temperaturas e Precipitações Pluviométricas, em Diversos Períodos, e Tendência como Variáveis Explicativas do Rendimento do Algodão, Estado de São Paulo, 1956/84 (1).

Variável Explicativa	Modelo de Previsão					
	1	2	3	4	5	6
Temperatura						
Out.	5,342 (0,02)					
Nov.	46,125 (1,30)					
Dez.	155,678 (9,41)a	140,334 (6,48)b	2.222,262 (2,58)d	2,121 (3,40)c	99.558 (2,98)c	
Jan.	-122,799 (6,18)b	-117,160 (5,21)b	-2.402,901 (3,61)c	-1,944 (3,42)c		
Fev.	87,550 (4,72)b	146,774 (8,17)b	4.319,814 (10,47)a	3,376 (9,26)a	104,998 (3,92)c	
Deficiência hídrica						
Out.		-1,816 (0,40)	2,221 (0,01)	0,006 (0,114)	-1,846 (0,34)	-2,717 (0,56)
Nov.		-2,574 (0,56)	-48,491 (2,51)d	-0,029 (1,35)	-2,582 (0,46)	1,605 (0,15)
Dez.		5,585 (3,05)c	88,760 (7,07)b	0,071 (6,63)b	5,702 (2,61)d	3,516 (0,96)
Jan.		-1,768 (0,14)	-38,161 (1,78)d	-0,039 (2,72)d	3,626 (0,51)	1,099 (0,04)
Fev.		-5,311 (0,93)	-66,801 (2,31)d	-0,049 (1,82)d	-6,774 (1,26)	-0,994 (0,04)
Precipitação pluviométrica						
Mar.	-0,838 (2,57)d	-0,763 (2,23)d	-87,128 (1,23)	-0,062 (0,912)	-0,606 (1,17)	-0,517 (0,59)
Tendência						
	32,861 (56,27)a	34,817 (49,27)a	2.414,485 (50,51)a	2,046 (52,49)a	38,620 (55,95)a	32,829 (32,42)a
Constante	-4.972,062	-5.091,553	-21.614,301	-12.487	-6.208,290	-980,992
R^2 (%)	83,6	85,6	86,6	86,6	81,5	70,3
F	15,31a	10,73a	11,81a	11,58a	9,29a	7,11a
DW	1,83	1,70	1,92	2,10	1,63	1,80

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

Fonte: Resultados obtidos a partir de dados básicos do Instituto de Economia Agrícola, do Instituto Agronômico de Campinas, do Instituto Nacional de Meteorologia e da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral.

A temperatura de janeiro aparece sempre com sinal negativo, sugerindo que temperaturas médias mais elevadas nesse mês, nas condições do Estado de São Paulo, afetariam negativamente o rendimento. BALLS (2), citado por ORTOLANI & SILVA (9), constatou uma interrupção na fotossíntese quando as plantas desenvolviam-se sob uma temperatura média diária de 35°C. Acima de 30°C, verificou um estado de auto intoxicação das plantas, visto não eliminarem, através de processos metabólicos, certas substâncias venenosas com tanta presteza quanto surgiam; o ótimo para o desenvolvimento esteve por volta dos 25°C. Nas condições de São Paulo, janeiro é o mês de temperatura mais elevada, com a média das máximas superando sempre os 30°C nas principais regiões produtoras. Adicionalmente, sabe-se que a maioria das pragas que atacam a cultura nesse mês é beneficiada por temperaturas elevadas (3).

Esse sinal, em princípio inesperado, da temperatura do mês de janeiro, levou a repetir o modelo 2 retirando-se essa variável, mas tal procedimento levou a perda na capacidade preditiva, tanto em termos de erro percentual médio como em termos de coeficiente de desigualdade de THEIL (modelo 5, quadros 1 e 2).

Todos os modelos apresentados fornecem melhores previsões de rendimento do que o levantamento de campo IEA/CATI de fevereiro; em erro percentual médio, os modelos 1, 3 e 4 são também superiores à previsão de rendimento proveniente do levantamento de campo IEA/CATI de abril. Pelo coeficiente de desigualdade de Theil, apenas o modelo 6 é menos adequado do que a previsão de abril, e todos são melhores do que a previsão de fevereiro (quadros 1, 2 e 3 (2)).

Na série analisada, a cultura mantém nítida tendência de aumento de produtividade, passando de 675 quilos por hectare em 1956 para 1.783 quilos por hectare em 1984, e geralmente, a curva de previsões do modelo 4 é mais aderente às das estimativas finais do que a das previsões do levantamento de campo de fevereiro (figura 1).

Pelo diagrama de previsão e realização (figura 2), nota-se que o levantamento de campo de fevereiro frequentemente comete erros de mudança de sentido (dez em vinte e três pontos), prevendo aumentos ou diminuições de rendimento do algodão em relação à safra anterior que não se verificaram. Entre anos subsequentes, na série 1962-84, os rendimentos oscilaram entre quedas de até 31% a aumentos de até 82% (quadro 3 e figura 2).

(2) Para o cálculo do coeficiente de desigualdade de Theil e, consequentemente, do diagrama de previsão e realização (quadro 2 e figura 2), as séries tiveram que ser iniciadas em 1962 pela inexistência de dados do levantamento de fevereiro em 1958, 1960 e 1961.

QUADRO 2. - Coeficiente de Desigualdade de Theil (U) e Erro Percentual Médio (E) de Previsões de Rendimento de Algodão, Estado de São Paulo, 1962-84

Previsão	U	E (¹)
IEA		
Fevereiro	0,68	12,56
Abril	0,63	8,38
Modelos Ajustados		
1	0,46	8,23
2	0,46	8,38
3	0,43	7,83
4	0,43	7,73
5	0,52	8,97
6	0,64	11,21

(¹) Erro em módulo.

Fonte: Elaborado a partir de dados básicos do Instituto de Economia Agrícola (previsões e Estimativas das Safras Agrícolas no Estado de São Paulo).

QUADRO 3. - Previsões e Estimativa Final do Rendimento do Algodão, Estado de São Paulo, 1956-84
(em kg/ha)

Ano	Previsão do IEA			Previsão do Modelo					
	Fev.	Abr.	Final	1	2	3	4	5	6
56	934	-	675	619	663	583	669	765	822
57	805	-	876	746	919	913	933	939	984
58	-	964	999	921	892	939	962	965	844
59	1.111	1.085	1.085	1.175	1.177	1.202	1.172	1.116	953
60	-	1.083	1.131	1.040	1.096	1.086	1.085	1.090	1.098
61	-	976	913	1.033	979	973	959	948	934
62	1.006	1.063	1.051	1.045	888	960	962	854	906
63	1.165	1.165	1.049	1.049	1.028	970	969	1.045	1.038
64	885	649	1.122	1.193	1.168	1.201	1.164	1.171	1.151
65	1.090	895	776	960	968	939	940	906	1.088
66	1.164	1.218	1.416	1.220	1.237	1.227	1.194	1.236	1.100
67	1.291	1.188	1.374	1.315	1.293	1.316	1.307	1.219	1.144
68	1.222	1.328	1.328	1.107	1.058	1.129	1.081	1.016	1.203
69	1.407	1.340	1.340	1.400	1.321	1.359	1.342	1.351	1.339
70	1.325	1.068	1.005	1.113	1.118	1.199	1.145	1.164	1.236
71	1.240	1.215	1.215	1.299	1.328	1.230	1.203	1.376	1.313
72	1.417	1.293	1.048	1.248	1.183	1.212	1.206	1.184	1.327
73	1.336	1.291	1.385	1.498	1.559	1.509	1.484	1.566	1.343
74	1.542	1.403	1.289	1.335	1.390	1.336	1.331	1.320	1.299
75	1.450	1.357	1.357	1.362	1.431	1.353	1.291	1.388	1.462
76	1.462	1.350	1.323	1.209	1.207	1.210	1.180	1.305	1.425
77	1.500	1.565	1.462	1.462	1.461	1.533	1.510	1.383	1.441
78	1.149	1.057	1.039	1.318	1.225	1.230	1.180	1.304	1.412
79	1.473	1.652	1.789	1.701	1.715	1.710	1.755	1.578	1.587
80	1.731	1.784	1.784	1.646	1.694	1.692	1.721	1.647	1.597
81	1.758	1.799	1.640	1.737	1.649	1.632	1.711	1.620	1.517
82	1.640	1.517	1.624	1.566	1.608	1.621	1.625	1.617	1.568
83	1.533	1.464	1.618	1.542	1.520	1.444	1.436	1.588	1.640
84	1.450	1.675	1.783	1.634	1.719	1.787	1.846	1.834	1.723

Fonte: Elaborado a partir de dados básicos do Instituto de Economia Agrícola (Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas no Estado de São Paulo).

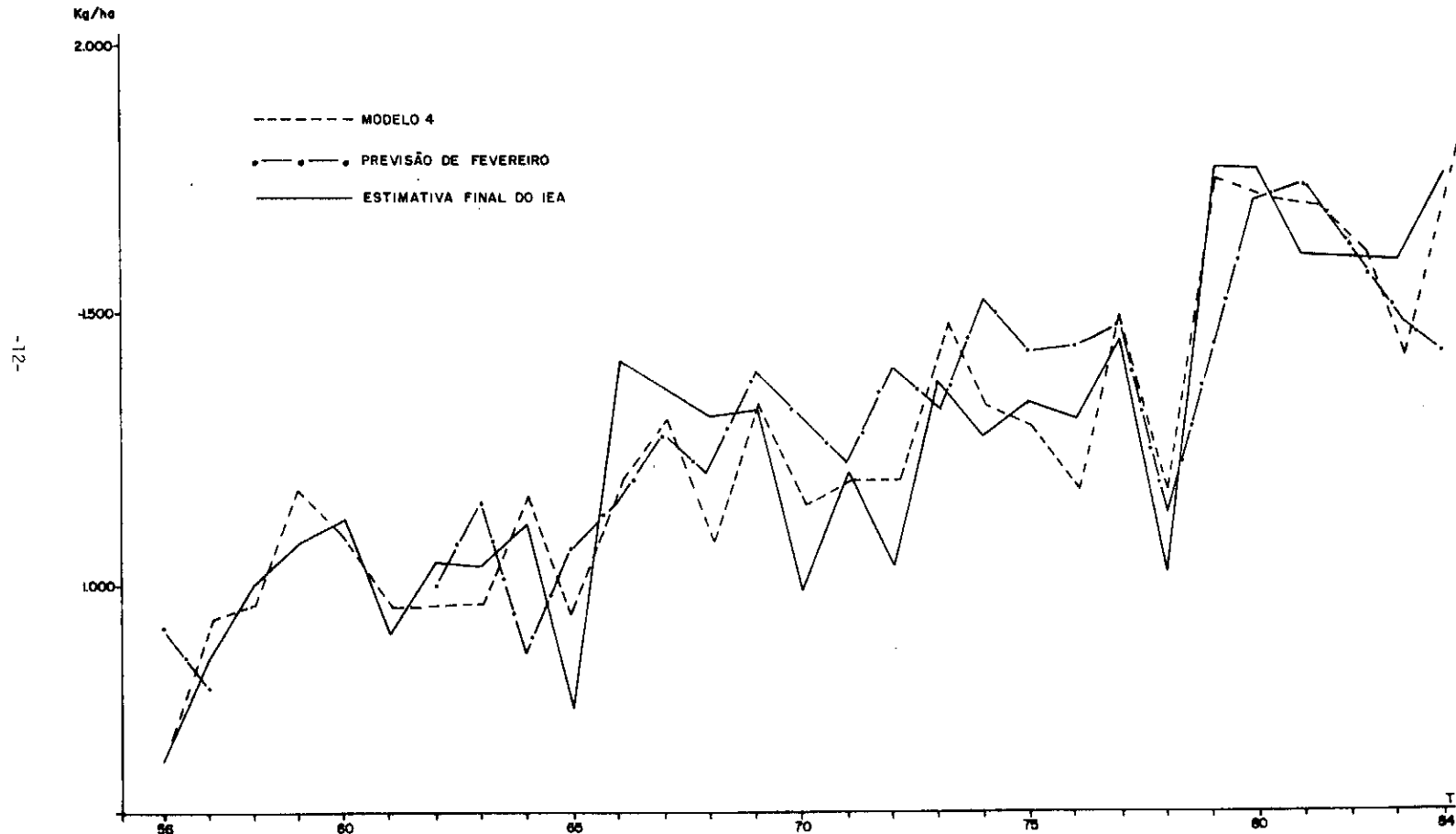
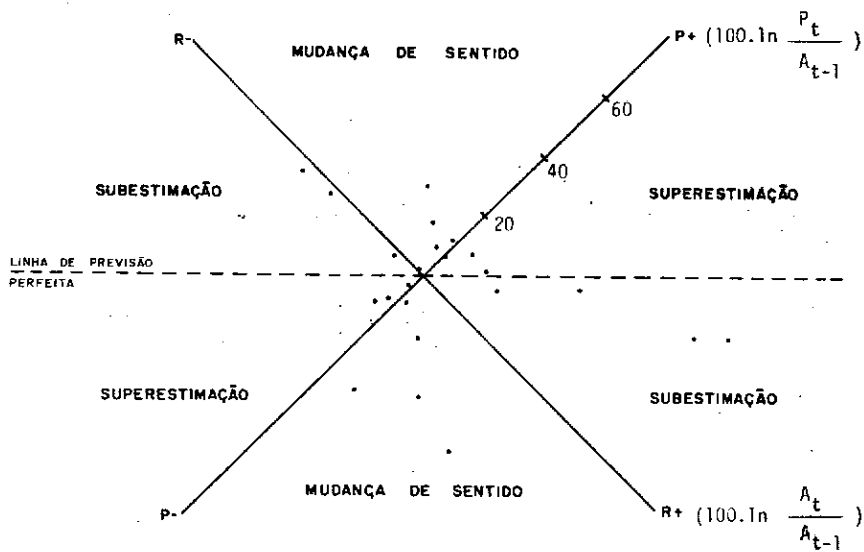
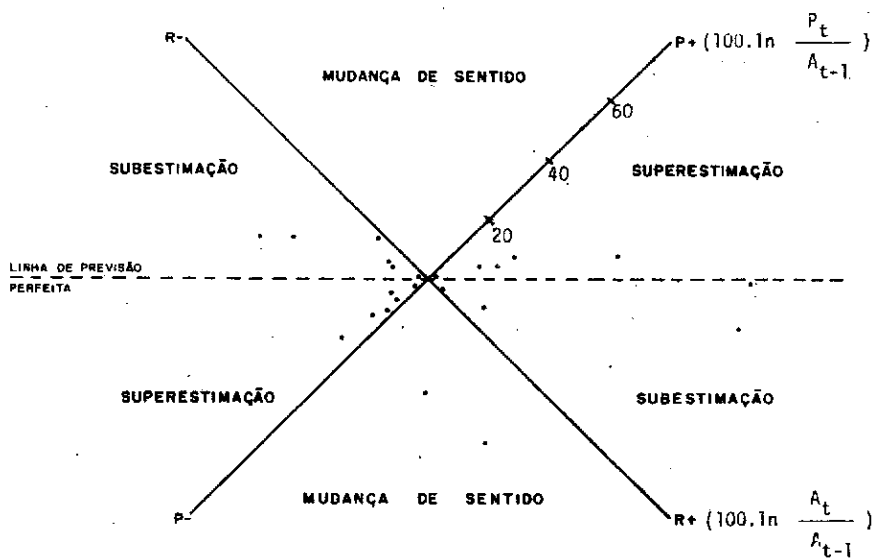


FIGURA 1 : PREVISÕES E ESTIMATIVA FINAL DO RENDIMENTO DO ALGODÃO, ESTADO DE SÃO PAULO, 1956 - 84



(A) PREVISÃO DO IEA (FEVEREIRO)



(B) PREVISÃO DO MODELO (MODELO 4)

FIGURA. 2 - DIAGRAMA DE PREVISÃO E REALIZAÇÃO, RENDIMENTO DO ALGODÃO, ESTADO DE SÃO PAULO, 1962 - 84

5 - CONCLUSÕES

Os modelos ajustados para previsão do rendimento do algodão, permitiram chegar às seguintes conclusões:

a) em relação à temperatura média mensal, os meses de dezembro, janeiro e fevereiro apareceram como os de maior importância;

b) quanto às deficiências hídricas, nos meses de novembro, janeiro e fevereiro, parecem ser prejudiciais, enquanto que em dezembro, nas condições médias de São Paulo, parecem favorecer a cultura;

c) Encontrou-se evidência de prejuízo para o rendimento do algodão, ocasionado por precipitação pluviométrica em março;

d) o melhor modelo, segundo os critérios de seleção adotados, é o que relaciona o rendimento da cultura a temperaturas médias mensais dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, a deficiências hídricas mensais dos meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, a precipitação pluviométrica no mês de março e, a uma tendência, com as variáveis medidas em logaritmos naturais; e,

e) os modelos fornecem, via de regra, previsões melhores do que os levantamentos de campo.

LITERATURA CITADA

1. ABRAHÃO, Jairo T.M. et alii. Algodão: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 96p. (Série Extensão Agroindustrial, 2)
2. BALLS, W.L. The development and properties of raw cotton. London, A. e C. Black, 1915.
3. CALCAGNOLO, G. Principais pragas do algodoeiro. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA, ed. Cultura e adubação do algodoeiro. São Paulo, 1965. p.319-415.
4. FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. Distribuição e concentração mensal do plantio e da colheita de produtos vegetais. Rio de Janeiro, 1979. 40p.
5. _____ Distribuição e sazonalidade de produção agrícola. Rio de Janeiro, 1980. 112p.
6. INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - IPEA. 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).
7. JUNQUEIRA, Antonio A.B. Efeitos da 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, Departamento de Economia Rural, 1973. 47p. (mimeo).
8. MARINATO, Roque & LIMA, Carlos A. de S. Irrigação do algodoeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 8 (92):75-81, ago. 1982.
9. ORTOLANI, Altino A. & SILVA, Nelson M. da. Clima das zonas algodoeiras do Brasil. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA, ed. Cultura e adubação do algodoeiro. São Paulo, 1965. p.235-253.

- 10: _____ et alii. Parâmetros climáticos e a cafeicultura. Rio de Janeiro, IBC, 1970. 27p.
11. PASSOS, Sebastião M. de G. Algodão. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1977. 424p.
12. SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Comissão Técnica de Algodão. Época de plantio do algodoeiro e produção de algodão no Estado de São Paulo. Informações Econômicas, São Paulo, 16(6): 21-25, jun. 1986.
13. SILVA, Gabriel L.S.P. da; VICENTE, José R.; CASER, Denise 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. 28p. (Relatório de Pesquisa, 13/86).
14. THEIL, H. Applied economic forecasting. Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1966. 474p.
15. THORNTWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance. Centerton, Laboratory of climatology, 1955. 104p.

R E S U M O

O objetivo deste trabalho foi mensurar os efeitos das condições do tempo sobre a produtividade do algodão no Estado de São Paulo. Análise de regressão foi utilizada para estimar as relações entre a produtividade da cultura, deficiências hídricas, temperaturas médias e precipitações pluviométricas. Em relação à temperatura média mensal, dezembro, janeiro e fevereiro aparecem como os meses de maior importância; deficiências hídricas nos meses de novembro, janeiro e fevereiro parecem ser prejudiciais, enquanto que em dezembro, parece favorecer a cultura. O rendimento do algodão parece ser prejudicado por precipitação pluviométrica em março. Os modelos ajustados fornecem previsões de rendimento do algodão com erros médios menores do que 10%.

EFFECTS OF THE WEATHER CONDITIONS ON COTTON YIELD IN THE STATE OF SAO PAULO,
BRAZIL.

S U M M A R Y

The objective of this paper was to measure the effects of the weather conditions on cotton yield in São Paulo State, Brazil. Regression analysis was utilized to estimate the relationship among the crop yield and hidric deficiencies, average temperatures and rainfalls. With respect to monthly average temperature, December, January and February appeared as the most important months; hidric deficiencies in November, January and February seem to be prejudicial while in December seem to benefit the crop. Cotton Yield seems to be prejudiced by rainfalls in March. The adjusted models provided cotton yield forecasts with average errors smaller than 10%.

**SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA**

Comissão Editorial:

Coordenador: Celuta Moreira Cesar Machado

Membros: Antonio Ambrósio Amaro

Arthur Antonio Ghilardi

Flavio Condé de Carvalho

José Luis Teixeira Marques Vieira

Maria Carlota Meloni Vicente

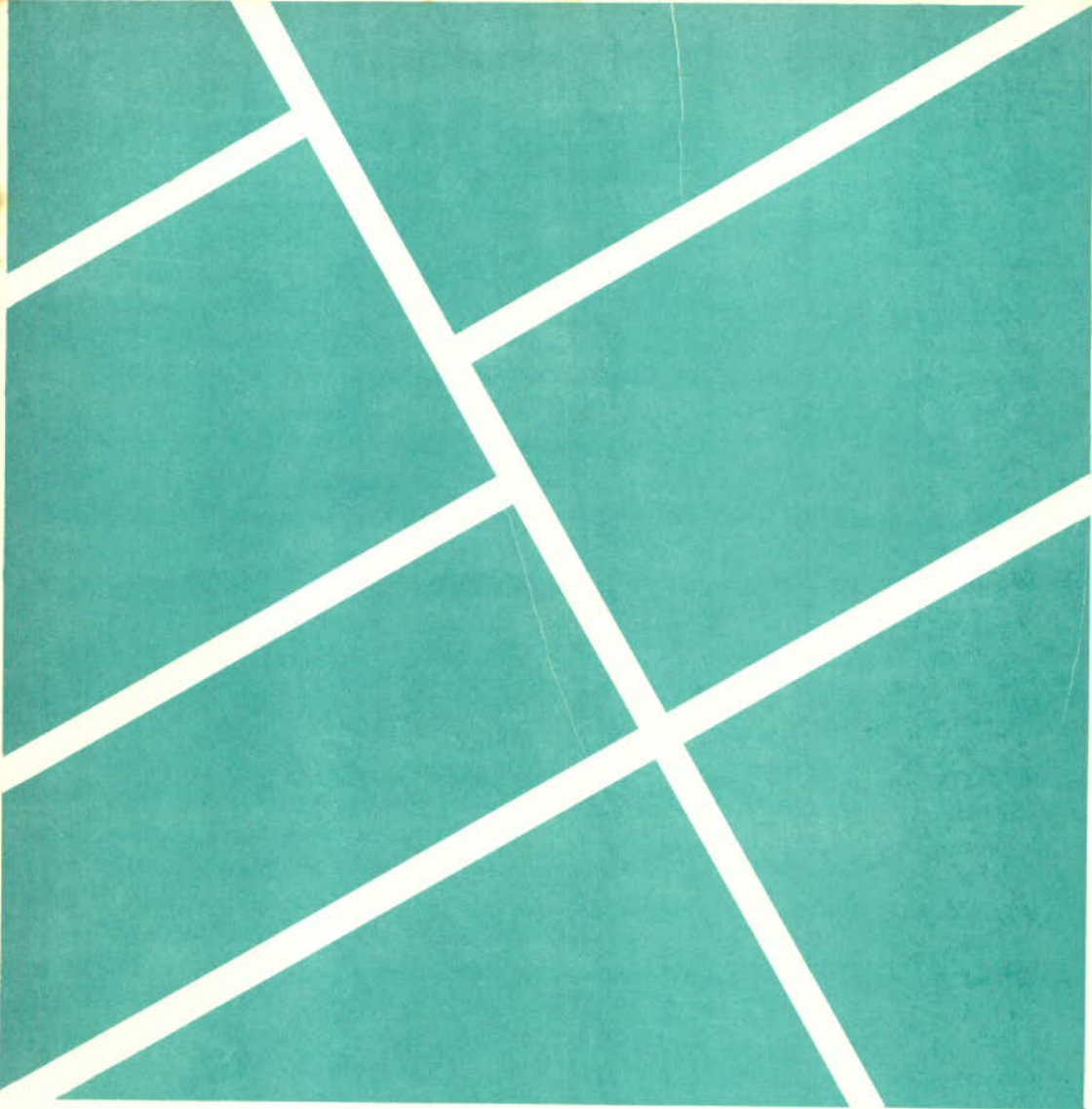
Bibliografia: Fátima Maria Martins Saldanha Faria

Centro Estadual da Agricultura
Av. Miguel Estéfano, 3900
04301 - São Paulo - SP

Caixa Postal, 8114
01000 - São Paulo - SP
Telefone: 276-9266



Impresso no Setor Gráfico do IEA
Av. Miguel Stefano, 3900 - 04301, São Paulo, SP



Relatório de Pesquisa
Nº09/87



EFEITOS DAS CONDIÇÕES DO TEMPO SOBRE A PRODUTIVIDADE DO ALGODÃO EM SÃO PAULO

Gabriel L.S.P. da Silva
José Roberto Vicente
Denise Viani Caser

Governo do Estado de São Paulo
Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Instituto de Economia Agrícola

ISSN 0101-5109
Relatório de Pesquisa
09/87

**EFEITOS DAS CONDIÇÕES DO TEMPO SOBRE A PRODUTIVIDADE DO ALGODÃO EM
SÃO PAULO**

Gabriel L.S.P. da Silva
José Roberto Vicente
Denise Viani Caser

São Paulo
1987

ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	3
3 - METODOLOGIA	3
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	7
5 - CONCLUSÕES	14
LITERATURA CITADA	15
RESUMO	17
SUMMARY	17

Gabriel Luiz Seraphico Peixoto da Silva

José Roberto Vicente

Denise Viani Caser

1 - INTRODUÇÃO

O Estado de São Paulo cultivou, no início da década de 50, ao redor de 1,2 milhão de hectares de algodão. A partir de então a área com a cultura sofreu contínuos decréscimos, tendência que só se modificou no início dos anos 70, quando experimentou algum incremento de plantio associado às elevações de preços das fibras artificiais. Nos últimos anos o plantio tem-se mantido entre 250 e 350 mil hectares. Embora a área tenha diminuído em 75%, a contínua introdução de variedades mais produtivas faz com que a produção atual atinja dois terços daquela obtida quando a área cultivada superava 1,3 milhão de hectares, em 1952.

As recomendações técnicas para a época de plantio do algodão têm mudado com as variedades utilizadas; atualmente, recomenda-se que o plantio ocorra entre 20 de setembro e vinte de outubro, em todo o Estado (12). Segundo dados dos censos agropecuários, o mês de outubro concentra mais de 85% dos plantios, enquanto que a colheita se dá nos meses de março, abril e maio, principalmente nos dois primeiros (3,4).

O algodão é exigente em temperaturas adequadas a seu desenvolvimento, sendo que quando a temperatura do solo fica abaixo dos 15°C, a germinação é retardada e torna-se imperfeita, enquanto que entre 20°C e 30°C este processo é acelerado e ganha em perfeição (9).

(1) Os autores agradecem à programadora Vera Lúcia Ferraz dos Santos, aos auxiliares agropecuários José Antonio Marinovic Doro e Mario Pires de Almeida Olivetti e à escriturária Cleusa Pires Monteoliva; agradecem também à Fundação Cargill, à Seção de Climatologia do Instituto Agrônomo de Campinas e ao Instituto Nacional de Meteorologia (79 DISME).

O desenvolvimento do caule, o início do florescimento e o número de flores dependem também das condições de temperatura média (11).

Durante os meses de janeiro e fevereiro, ocorrem as temperaturas mais altas, coincidindo com o florescimento e frutificação, fase mais exigente em calor. A fase de maturação, que necessita de temperaturas amenas e menor umidade, encontra condições adequadas nos meses de março e abril.

Na fase de desenvolvimento vegetativo, o algodoeiro suporta bem períodos de seca sendo, no entanto, sensível à falta d'água nos primeiros trinta dias; também o excesso de precipitação durante o crescimento inicial dificulta os tratos culturais e provoca o aparecimento de doenças. Durante o florescimento e frutificação não pode sobrar nem faltar umidade, pois os extremos aumentam sensivelmente a taxa de abscisão de botões florais e frutos novos.

O período mais crítico em relação à falta d'água, para o algodoeiro parece situar-se do início da floração até a formação das maçãs, que ocorre entre os 60 a 100 dias do ciclo (8). A queda de frutos recém-formados após intensa precipitação pluviométrica parece ser mais devida à falta de luminosidade e consequente diminuição de fotossíntese, do que a uma ação direta das chuvas (9). Na deiscência dos frutos as chuvas excessivas prejudicam a qualidade e o peso do produto (9,11).

Sinteticamente, costuma-se dizer que quando chove o normal em São Paulo, a produção é normal; quando chove menos que o normal, a produção é maior do que a normal e, quando chove mais do que o normal a produção é menor (1). Por outro lado, escassez exagerada de umidade reduz o desenvolvimento do algodoeiro, podendo até interrompê-lo; pode causar queda de flores e frutos, reduzir o comprimento de fibra e, com secas extremas, o ciclo da cultura é bastante abreviado e a produção insignificante (9).

Estudos associando o rendimento da cultura a variáveis climáticas são relativamente escassos, podendo-se citar o do IPEA (6) que conseguiu modelos bem ajustados ($R^2 = 80\%$) para previsão do rendimento do algodão nos Estados de São Paulo e Paraná, utilizando as variáveis deficiência hídrica no plantio e temperatura média no plantio; quando a variável deficiência hídrica foi substituída pela precipitação pluviométrica no plantio, os resultados não se alteraram significativamente ($R^2 = 81\%$), mas a temperatura no plantio sempre apareceu como mais importante nos modelos testados. Por outro lado, JUNQUEIRA (7) não conseguiu detectar efeitos significativos de precipitação pluviométrica sobre o rendimento do algodão na Divisão Regional Agrícola de Ribeirão Preto, nos períodos de plantio, floração e tratos culturais, e colheita. A explicação de 85% das variações dos rendimentos foi conseguida unicamente com uma variável representativa de tendência tecnológica, sem que

a variável precipitação pluviométrica contribuisse para melhorar os ajustes.

2 - OBJETIVOS

Pretendeu-se no presente estudo ajustar modelos operacionais capazes de fornecer previsões do rendimento de algodão no Estado de São Paulo, em função das condições do tempo prevalecentes durante o ciclo produtivo.

Adicionalmente comparou-se as previsões 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.

3 - METODOLOGIA

A metodologia de 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, VICENTE & CASER (13).

Como "proxies" para as variáveis não explicitamente consideradas optou-se por introduzir nos modelos a variável tendência temporal (T). Acredita-se que 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 - temperatura e precipitação - e evitou-se o uso das primeiras exclusivamente em sua forma primária, face à 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 da deficiência hídrica utilizou-se o método de balanço hídrico, que consiste em contabilizar a água do 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.

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 sequencialmente, mês por mês, ano após ano, seguindo-se o método de THORNTWAITE & MATHER (15) e o roteiro proposto por ORTOLANI et alii (10).

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: 50mm, 100mm, 125mm e 150mm. Posteriormente adotou-se o nível de 50mm, que produziu os melhores resultados.

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. 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 devido à pequena participação de ambas.

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 Agronômico 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.

As séries de rendimento observado utilizadas não foram as normalmente disponíveis no Banco de Dados de IEA, porque os rendimentos da série oficial são calculados assumindo-se, para a maioria dos anos, que a produção do Estado foi igual à quantidade de algodão declarada pelas máquinas de beneficiamento como algodão de São Paulo. Sem entrar no mérito de possíveis falhas no levantamento de campo, contrapostas a eventuais interesses escusos na sonegação de impostos, parece que para se utilizar a quantidade de algodão entrada nas máquinas como produção efetiva do Estado, alguma correção teria que ser feita na área cultivada. Como tal correção não é efetuada, pareceu mais

adequado tentar recuperar a série original de rendimentos estimados pelo levantamento IEA/CATI de junho, que acredita-se represente melhor a média obtida no Estado. Tal método apenas não foi possível nos anos 1975 e 1980, em que optou-se por utilizar como estimativa final do rendimento o dado levantado em abril.

Analisando resultados preliminares destinados a definir períodos críticos e variáveis mais relevantes, foram escolhidas as seguintes equações:

$$R = f(TO, TN, TD, TJ, TF, PM, T); \quad (1)$$

$$R = f(TD, TJ, TF, DO, DN, DD, DJ, DF, PM, T); \quad (2)$$

$$R = f(\ln TD, \ln TJ, \ln TF, \ln DO, \ln DN, \ln DD, \ln DJ, \ln DF, \ln PM, \ln T); \quad (3)$$

$$\ln R = f(\ln TD, \ln TJ, \ln TF, \ln DO, \ln DN, \ln DD, \ln DJ, \ln DF, \ln PM, \ln T); \quad (4)$$

$$R = f(TD, TF, DO, DN, DD, DJ, DF, PM, T); \quad e \quad (5)$$

$$R = f(DO, DN, DD, DJ, DF, PM, T); \quad (6)$$

Onde,

R = Rendimento do algodão (kg/ha);

TO = Temperatura média compensada (°C) do mês de outubro, ano anterior ao da colheita (t-1);

TN = Temperatura média compensada do mês de novembro em t-1;

TD = Temperatura média compensada do mês de dezembro em t-1;

TJ = Temperatura média compensada do mês de janeiro, ano t;

TF = Temperatura média compensada do mês de fevereiro, ano t;

DO = Deficiência hídrica (mm) no mês de outubro, ano t-1;

DN = Deficiência hídrica em novembro, ano t-1;

DD = Deficiência hídrica em dezembro, ano t-1;

DJ = Deficiência hídrica em janeiro, ano t;

DF = Deficiência hídrica em fevereiro, ano t;

PM = Precipitação pluviométrica (mm) em março, ano t; e,

T = Tendência (56, 57, ..., 84).

As variáveis antecedidas de ln foram medidas em logaritmos naturais.

O modelo 1 conjuga temperaturas do plantio até a frutificação, mês a mês, com precipitação pluviométrica na colheita, e o modelo 2 junta a essas variáveis deficiências hídricas mês a mês, durante o mesmo período do plantio à frutificação; os modelos 3, 4 e 5 são variações do modelo 2 com a introdução de variáveis na forma logarítmica ou eliminação de uma variável; o modelo 6 relaciona o rendimento da cultura apenas a deficiências hídricas e precipitação na colheita.

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 (14).

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

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

Onde: P_t = valor previsto; A_t = valor realizado; e t = período de tempo.

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:

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

Onde: ΔP_t = variação prevista; ΔA_t = variação realizada.

$$\Delta P_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad ; \quad \Delta A_t = \frac{A_t - A_{t-1}}{A_{t-1}}$$

Para evitar o problema de assimetria implícita em variações medidas através de porcentagens, preferiu-se seguir o procedimento sugerido por THEIL (14), baseado no uso de logaritmos naturais:

$$\Delta P_t - \Delta A_t = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} \quad ; \quad \Delta A_t = \ln \frac{A_t}{A_{t-1}}$$

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 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, serão utilizados diagramas de séries temporais, previstas e observadas, e diagramas de previsão-realização de Theil.

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 do diagrama.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelas características próprias da cultura, resistente à seca, a equação em que somente deficiências hídricas foram incluídas como variáveis climáticas não mostrou significância estatística nos coeficientes (quadro 1, modelo 6). Aliás, os modelos mostram que a deficiência hídrica parece não ser importante nas condições de São Paulo, no início do desenvolvimento da planta; nessa fase, excessos de umidade induzem o desenvolvimento superficial do sistema radicular, tornando as plantas mais susceptíveis a eventuais estiagens posteriores (9).

No mês de dezembro, deficiências parecem ser bem-vindas, possivelmente devido ao fato que umidade excessiva favoreceria o desenvolvimento vegetativo em detrimento da produção ou reduziria a aeração do solo, causando queda anormal de flores, que começam a aparecer em meados desse mês (9). Os meses de janeiro e fevereiro, que coincidiriam com o período mais crítico em relação à falta d'água, aparecem nos modelos com coeficientes significativos e negativos. Pelos resultados das equações, há também indícios de que chuvas na época de colheita prejudiquem o rendimento agrícola, além da qualidade.

As temperaturas no início do desenvolvimento não parecem estar sendo, nas condições do Estado de São Paulo, fator significativo, mas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro os coeficientes estimados são significativos em todos os modelos (quadro 1).

QUADRO 1. - Equações com Deficiências Hídricas, Temperaturas e Precipitações Pluviométricas, em Diversos Períodos, e Tendência como Variáveis Explicativas do Rendimento do Algodão, Estado de São Paulo, 1956/84 (1).

Variável Explicativa	Modelo de Previsão					
	1	2	3	4	5	6
Temperatura						
Out.	5,342 (0,02)					
Nov.	46,125 (1,30)					
Dez.	155,678 (9,41)a	140,334 (6,48)b	2.222,262 (2,58)d	2,121 (3,40)c	99,558 (2,98)c	
Jan.	-122,799 (6,18)b	-117,160 (5,21)b	-2.402,901 (3,61)c	-1,944 (3,42)c		
Fev.	87,550 (4,72)b	146,774 (8,17)b	4.319,814 (10,47)a	3,376 (9,26)a	104,998 (3,92)c	
Deficiência hídrica						
Out.		-1,816 (0,40)	2,221 (0,01)	0,006 (0,114)	-1,846 (0,34)	-2,717 (0,56)
Nov.		-2,574 (0,56)	-48,491 (2,51)d	-0,029 (1,35)	-2,582 (0,46)	1,605 (0,15)
Dez.		5,585 (3,05)c	88,760 (7,07)b	0,071 (6,63)b	5,702 (2,61)d	3,516 (0,96)
Jan.		-1,768 (0,14)	-38,161 (1,78)d	-0,039 (2,72)d	3,626 (0,51)	1,099 (0,04)
Fev.		-5,311 (0,93)	-66,801 (2,31)d	-0,049 (1,82)d	-6,774 (1,26)	-0,994 (0,04)
Precipitação pluviométrica						
Mar.	-0,838 (2,57)d	-0,763 (2,23)d	-87,128 (1,23)	-0,062 (0,912)	-0,606 (1,17)	-0,517 (0,59)
Tendência						
	32,861 (56,27)a	34,817 (49,27)a	2.414,485 (50,51)a	2,046 (52,49)a	38,620 (55,95)a	32,829 (32,42)a
Constante	-4.972,062	-5.091,553	-21.614,301	-12.487	-6.208,290	-980,992
R^2 (%)	83,6	85,6	86,6	86,6	81,5	70,3
F	15,31a	10,73a	11,81a	11,58a	9,29a	7,11a
DW	1,83	1,70	1,92	2,10	1,63	1,80

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

Fonte: Resultados obtidos a partir de dados básicos do Instituto de Economia Agrícola, do Instituto Agronômico de Campinas, do Instituto Nacional de Meteorologia e da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral.

A temperatura de janeiro aparece sempre com sinal negativo, sugerindo que temperaturas médias mais elevadas nesse mês, nas condições do Estado de São Paulo, afetariam negativamente o rendimento. BALLS (2), citado por ORTOLANI & SILVA (9), constatou uma interrupção na fotossíntese quando as plantas desenvolviam-se sob uma temperatura média diária de 35°C. Acima de 30°C, verificou um estado de auto intoxicação das plantas, visto não eliminarem, através de processos metabólicos, certas substâncias venenosas com tanta presteza quanto surgiam; o ótimo para o desenvolvimento esteve por volta dos 25°C. Nas condições de São Paulo, janeiro é o mês de temperatura mais elevada, com a média das máximas superando sempre os 30°C nas principais regiões produtoras. Adicionalmente, sabe-se que a maioria das pragas que atacam a cultura nesse mês é beneficiada por temperaturas elevadas (3).

Esse sinal, em princípio inesperado, da temperatura do mês de janeiro, levou a repetir o modelo 2 retirando-se essa variável, mas tal procedimento levou a perda na capacidade preditiva, tanto em termos de erro percentual médio como em termos de coeficiente de desigualdade de THEIL (modelo 5, quadros 1 e 2).

Todos os modelos apresentados fornecem melhores previsões de rendimento do que o levantamento de campo IEA/CATI de fevereiro; em erro percentual médio, os modelos 1, 3 e 4 são também superiores à previsão de rendimento proveniente do levantamento de campo IEA/CATI de abril. Pelo coeficiente de desigualdade de Theil, apenas o modelo 6 é menos adequado do que a previsão de abril, e todos são melhores do que a previsão de fevereiro (quadros 1, 2 e 3 (2)).

Na série analisada, a cultura mantém nítida tendência de aumento de produtividade, passando de 675 quilos por hectare em 1956 para 1.783 quilos por hectare em 1984, e geralmente, a curva de previsões do modelo 4 é mais aderente às das estimativas finais do que a das previsões do levantamento de campo de fevereiro (figura 1).

Pelo diagrama de previsão e realização (figura 2), nota-se que o levantamento de campo de fevereiro frequentemente comete erros de mudança de sentido (dez em vinte e três pontos), prevendo aumentos ou diminuições de rendimento do algodão em relação à safra anterior que não se verificaram. Entre anos subsequentes, na série 1962-84, os rendimentos oscilaram entre quedas de até 31% a aumentos de até 82% (quadro 3 e figura 2).

(2) Para o cálculo do coeficiente de desigualdade de Theil e, consequentemente, do diagrama de previsão e realização (quadro 2 e figura 2), as séries tiveram que ser iniciadas em 1962 pela inexistência de dados do levantamento de fevereiro em 1958, 1960 e 1961.

QUADRO 2. - Coeficiente de Desigualdade de Theil (U) e Erro Percentual Médio (E) de Previsões de Rendimento de Algodão, Estado de São Paulo, 1962-84

Previsão	U	E (¹)
IEA		
Fevereiro	0,68	12,56
Abril	0,63	8,38
Modelos Ajustados		
1	0,46	8,23
2	0,46	8,38
3	0,43	7,83
4	0,43	7,73
5	0,52	8,97
6	0,64	11,21

(¹) Erro em módulo.

Fonte: Elaborado a partir de dados básicos do Instituto de Economia Agrícola (previsões e Estimativas das Safras Agrícolas no Estado de São Paulo).

QUADRO 3. - Previsões e Estimativa Final do Rendimento do Algodão, Estado de São Paulo, 1956-84
(em kg/ha)

Ano	Previsão do IEA			Previsão do Modelo					
	Fev.	Abr.	Final	1	2	3	4	5	6
56	934	-	675	619	663	583	669	765	822
57	805	-	876	746	919	913	933	939	984
58	-	964	999	921	892	939	962	965	844
59	1.111	1.085	1.085	1.175	1.177	1.202	1.172	1.116	953
60	-	1.083	1.131	1.040	1.096	1.086	1.085	1.090	1.098
61	-	976	913	1.033	979	973	959	948	934
62	1.006	1.063	1.051	1.045	888	960	962	854	906
63	1.165	1.165	1.049	1.049	1.028	970	969	1.045	1.038
64	885	649	1.122	1.193	1.168	1.201	1.164	1.171	1.151
65	1.090	895	776	960	968	939	940	906	1.088
66	1.164	1.218	1.416	1.220	1.237	1.227	1.194	1.236	1.100
67	1.291	1.188	1.374	1.315	1.293	1.316	1.307	1.219	1.144
68	1.222	1.328	1.328	1.107	1.058	1.129	1.081	1.016	1.203
69	1.407	1.340	1.340	1.400	1.321	1.359	1.342	1.351	1.339
70	1.325	1.068	1.005	1.113	1.118	1.199	1.145	1.164	1.236
71	1.240	1.215	1.215	1.299	1.328	1.230	1.203	1.376	1.313
72	1.417	1.293	1.048	1.248	1.183	1.212	1.206	1.184	1.327
73	1.336	1.291	1.385	1.498	1.559	1.509	1.484	1.566	1.343
74	1.542	1.403	1.289	1.335	1.390	1.336	1.331	1.320	1.299
75	1.450	1.357	1.357	1.362	1.431	1.353	1.291	1.388	1.462
76	1.462	1.350	1.323	1.209	1.207	1.210	1.180	1.305	1.425
77	1.500	1.565	1.462	1.462	1.461	1.533	1.510	1.383	1.441
78	1.149	1.057	1.039	1.318	1.225	1.230	1.180	1.304	1.412
79	1.473	1.652	1.789	1.701	1.715	1.710	1.755	1.578	1.587
80	1.731	1.784	1.784	1.646	1.694	1.692	1.721	1.647	1.597
81	1.758	1.799	1.640	1.737	1.649	1.632	1.711	1.620	1.517
82	1.640	1.517	1.624	1.566	1.608	1.621	1.625	1.617	1.568
83	1.533	1.464	1.618	1.542	1.520	1.444	1.436	1.588	1.640
84	1.450	1.675	1.783	1.634	1.719	1.787	1.846	1.834	1.723

Fonte: Elaborado a partir de dados básicos do Instituto de Economia Agrícola (Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas no Estado de São Paulo).

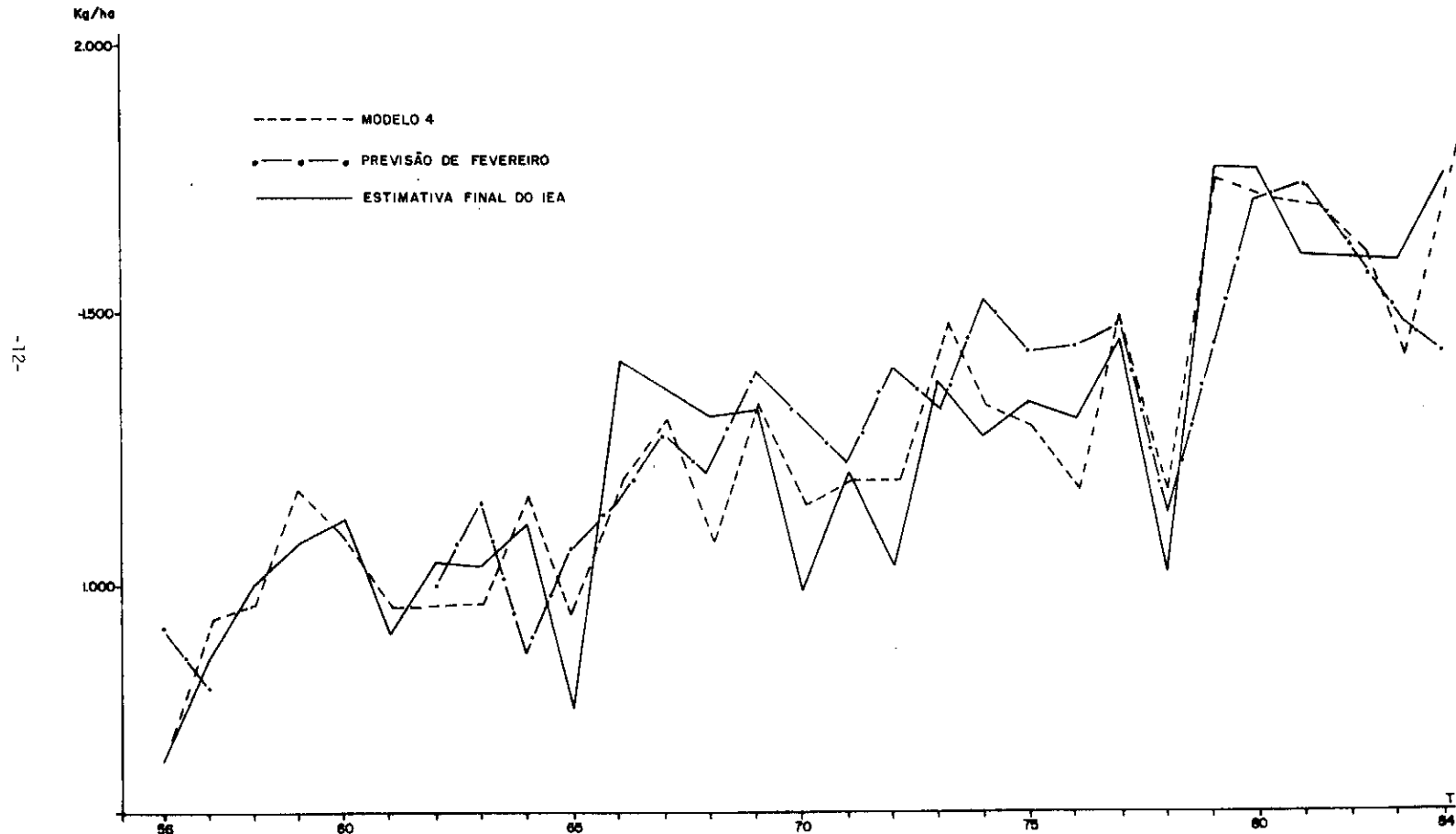
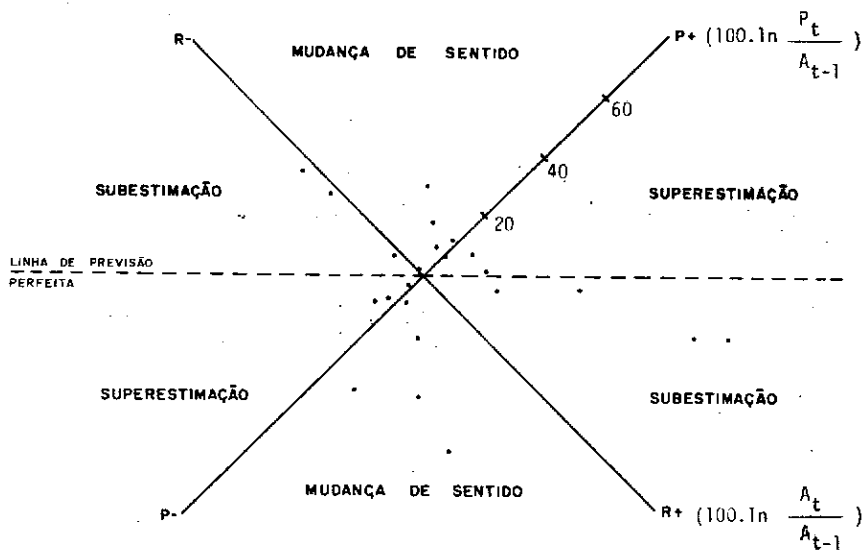
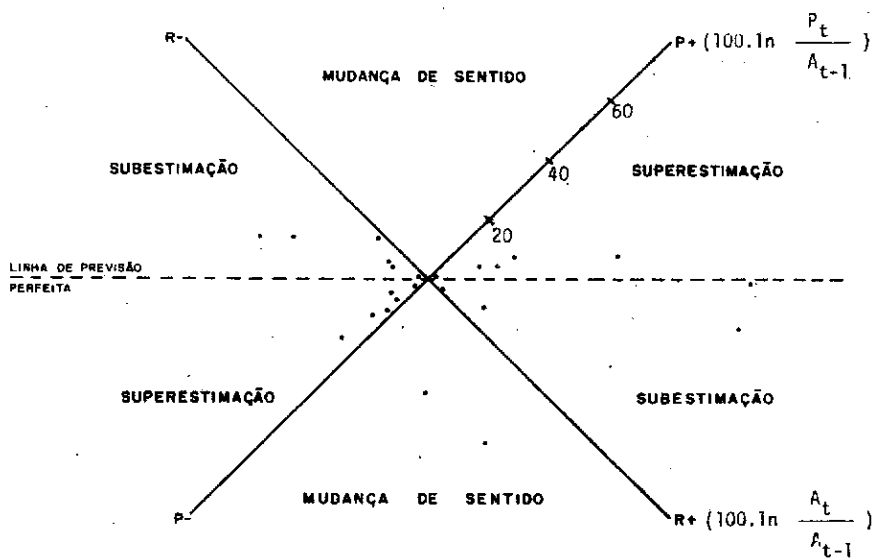


FIGURA 1 : PREVISÕES E ESTIMATIVA FINAL DO RENDIMENTO DO ALGODÃO, ESTADO DE SÃO PAULO, 1956 - 84



(A) PREVISÃO DO IEA (FEVEREIRO)



(B) PREVISÃO DO MODELO (MODELO 4)

FIGURA. 2 - DIAGRAMA DE PREVISÃO E REALIZAÇÃO, RENDIMENTO DO ALGODÃO, ESTADO DE SÃO PAULO, 1962 - 84

5 - CONCLUSÕES

Os modelos ajustados para previsão do rendimento do algodão, permitiram chegar às seguintes conclusões:

a) em relação à temperatura média mensal, os meses de dezembro, janeiro e fevereiro apareceram como os de maior importância;

b) quanto às deficiências hídricas, nos meses de novembro, janeiro e fevereiro, parecem ser prejudiciais, enquanto que em dezembro, nas condições médias de São Paulo, parecem favorecer a cultura;

c) Encontrou-se evidência de prejuízo para o rendimento do algodão, ocasionado por precipitação pluviométrica em março;

d) o melhor modelo, segundo os critérios de seleção adotados, é o que relaciona o rendimento da cultura a temperaturas médias mensais dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, a deficiências hídricas mensais dos meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, a precipitação pluviométrica no mês de março e, a uma tendência, com as variáveis medidas em logaritmos naturais; e,

e) os modelos fornecem, via de regra, previsões melhores do que os levantamentos de campo.

LITERATURA CITADA

1. ABRAHÃO, Jairo T.M. et alii. Algodão: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 96p. (Série Extensão Agroindustrial, 2)
2. BALLS, W.L. The development and properties of raw cotton. London, A. e C. Black, 1915.
3. CALCAGNOLO, G. Principais pragas do algodoeiro. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA, ed. Cultura e adubação do algodoeiro. São Paulo, 1965. p.319-415.
4. FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. Distribuição e concentração mensal do plantio e da colheita de produtos vegetais. Rio de Janeiro, 1979. 40p.
5. _____ Distribuição e sazonalidade de produção agrícola. Rio de Janeiro, 1980. 112p.
6. INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - IPEA. 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).
7. JUNQUEIRA, Antonio A.B. Efeitos da 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, Departamento de Economia Rural, 1973. 47p. (mimeo).
8. MARINATO, Roque & LIMA, Carlos A. de S. Irrigação do algodoeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 8 (92):75-81, ago. 1982.
9. ORTOLANI, Altino A. & SILVA, Nelson M. da. Clima das zonas algodoeiras do Brasil. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA, ed. Cultura e adubação do algodoeiro. São Paulo, 1965. p.235-253.

- 10: _____ et alii. Parâmetros climáticos e a cafeicultura. Rio de Janeiro, IBC, 1970. 27p.
11. PASSOS, Sebastião M. de G. Algodão. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1977. 424p.
12. SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Comissão Técnica de Algodão. Época de plantio do algodoeiro e produção de algodão no Estado de São Paulo. Informações Econômicas, São Paulo, 16(6): 21-25, jun. 1986.
13. SILVA, Gabriel L.S.P. da; VICENTE, José R.; CASER, Denise 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. 28p. (Relatório de Pesquisa, 13/86).
14. THEIL, H. Applied economic forecasting. Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1966. 474p.
15. THORNTWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance. Centerton, Laboratory of climatology, 1955. 104p.

R E S U M O

O objetivo deste trabalho foi mensurar os efeitos das condições do tempo sobre a produtividade do algodão no Estado de São Paulo. Análise de regressão foi utilizada para estimar as relações entre a produtividade da cultura, deficiências hídricas, temperaturas médias e precipitações pluviométricas. Em relação à temperatura média mensal, dezembro, janeiro e fevereiro aparecem como os meses de maior importância; deficiências hídricas nos meses de novembro, janeiro e fevereiro parecem ser prejudiciais, enquanto que em dezembro, parece favorecer a cultura. O rendimento do algodão parecer ser prejudicado por precipitação pluviométrica em março. Os modelos ajustados fornecem previsões de rendimento do algodão com erros médios menores do que 10%.

EFFECTS OF THE WEATHER CONDITIONS ON COTTON YIELD IN THE STATE OF SAO PAULO,
BRAZIL.

S U M M A R Y

The objective of this paper was to measure the effects of the weather conditions on cotton yield in São Paulo State, Brazil. Regression analysis was utilized to estimate the relationship among the crop yield and hidric deficiencies, average temperatures and rainfalls. With respect to monthly average temperature, December, January and February appeared as the most important months; hidric deficiencies in November, January and February seem to be prejudicial while in December seem to benefit the crop. Cotton Yield seems to be prejudiced by rainfalls in March. The adjusted models provided cotton yield forecasts with average errors smaller than 10%.

**SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA**

Comissão Editorial:

Coordenador: Celuta Moreira Cesar Machado

Membros: Antonio Ambrósio Amaro

Arthur Antonio Ghilardi

Flavio Condé de Carvalho

José Luis Teixeira Marques Vieira

Maria Carlota Meloni Vicente

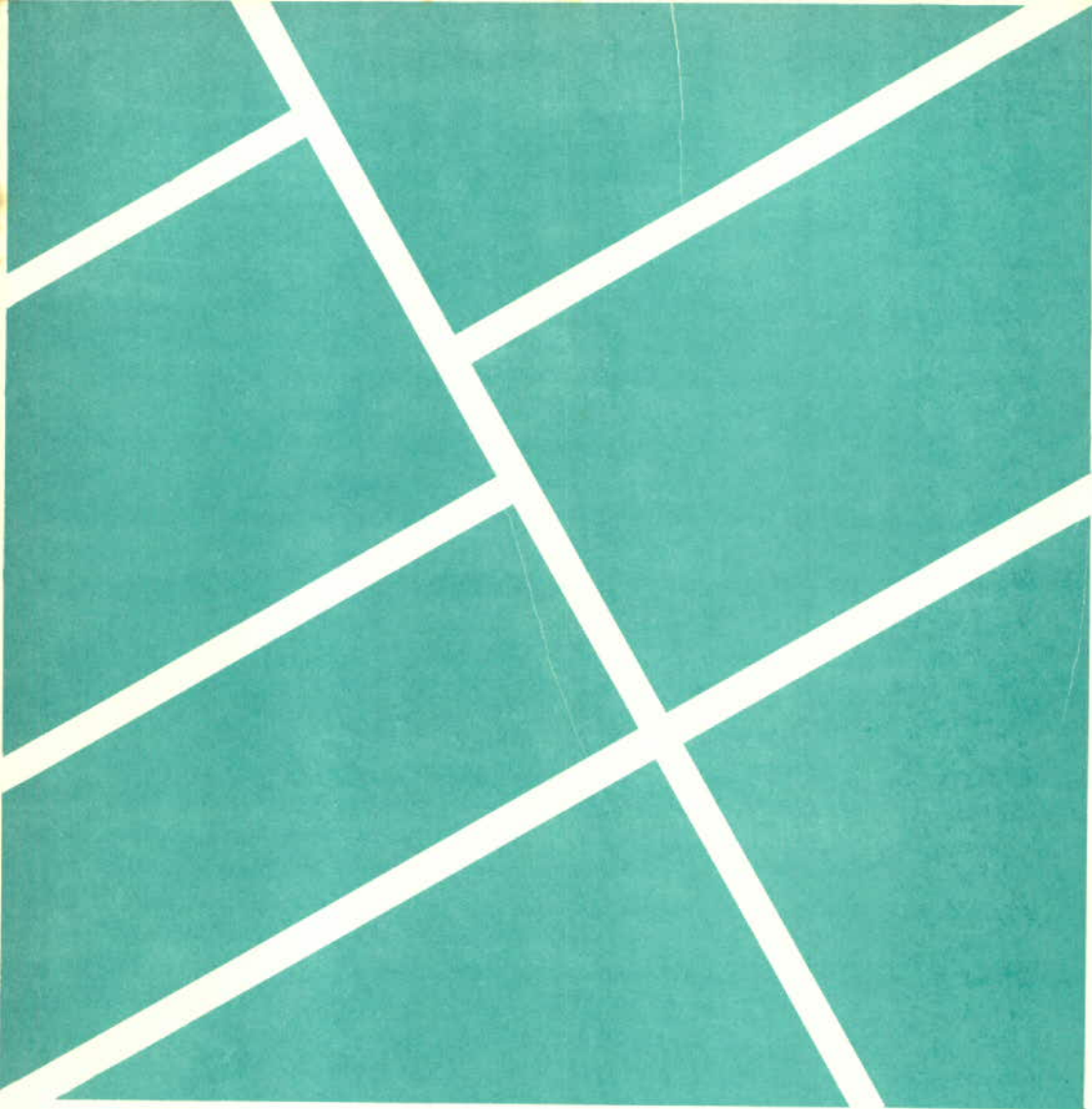
Bibliografia: Fátima Maria Martins Saldanha Faria

Centro Estadual da Agricultura
Av. Miguel Estéfano, 3900
04301 - São Paulo - SP

Caixa Postal, 8114
01000 - São Paulo - SP
Telefone: 276-9266



Impresso no Setor Gráfico do IEA
Av. Miguel Stefano, 3900 - 04301, São Paulo, SP



Relatório de Pesquisa
Nº09/87