

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

GABRIEL L. S. P. DA SILVA, DENISE VIANI CASER e JOSÉ ROBERTO VICENTE²

RESUMO - O objetivo desse trabalho foi mensurar o efeito das condições do tempo sobre a produtividade agropecuária. Análise de regressão foi utilizada para estimar as relações entre deficiência hídrica, geada e produtividade da terra. Os resultados sugerem grande sensibilidade das culturas anuais e perenes à deficiência de água, no período outubro-abril e setembro-março, respectivamente. Culturas perenes mostraram-se também muito sensíveis à ocorrência de geadas. Não foi possível captar o efeito das condições do tempo sobre a pecuária.

Termos para indexação: rendimento agrícola, tempo, deficiência hídrica, geada, flutuação climática.

EFFECTS OF WEATHER CONDITIONS ON AGRICULTURAL PRODUCTIVITY IN THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

ABSTRACT - The objective of this paper was to measure the effect of weather conditions on crop and livestock productivities. Regression analysis was utilized to estimate the relationships among hydric deficiency, frost and land productivity. The results suggest a great sensibility of annual and perennial crops to water deficiency during the period October-April and September-March, respectively. Perennial crops are also very sensible to frost occurrence. It was not possible to capture the effect of weather conditions on livestock activity.

Index terms: yield, weather, hydric deficiency, frost, climatic fluctuation.

INTRODUÇÃO

Constitui característica específica do processo de produção na agricultura, que o distingue do processo de produção nos demais setores econômicos, o fato de que está condicionado pelos ciclos biológicos das espécies exploradas, que são fortemente influenciados pelas condições do tempo.

De um ponto de vista econômico, essa é uma característica de grande importância. Condições favoráveis do tempo proporcionam maiores safras, ao passo que efeitos desastrosos podem resultar de condições meteorológicas adversas. Tais flutuações da produção constituem importante causa das oscilações bruscas a que estão sujeitos os preços dos produtos agropecuários.

Objetivos de política econômica relacionados ao suprimento interno, bem como à exportação de produtos agropecuários, da mesma forma que objetivos rela-

¹ Recebido em 24 de setembro de 1984.
Aceito para publicação em 18 de dezembro de 1984.

² Pesquisadores do Instituto de Economia Agrícola - Avenida Miguel Stéfano, 3900, CEP 04301 - São Paulo, SP. Respectivamente, Doutor em Economia, Estatístico e Engenheiro Agrônomo. O primeiro autor é também bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

cionados à estabilização dos preços, são por isso muito vulneráveis às variações do tempo.

Entretanto, a eficácia das políticas de estocagem, de preço, de crédito, de seguro, de comércio exterior e outras capazes de contribuir para atenuar os efeitos negativos de flutuações incontroláveis da produção agropecuária, poderia ser melhorada com o conhecimento, tanto quanto possível preciso, das variações das condições do tempo e de seu correspondente impacto sobre o desempenho do setor agropecuário.

Essa é a principal justificativa para esse trabalho, cujo objetivo é justamente medir o efeito conjunto de variações da temperatura e precipitação pluviométrica, e também da ocorrência de geadas, sobre a produtividade de grupos de explorações agropecuárias, no Estado de São Paulo.

Além da razão já enfatizada, de caráter mais geral, há certamente outras justificativas importantes. Valeria mencionar, especialmente, o problema da separação entre efeitos do tempo e de outros determinantes da produtividade agrícola. Muitos pesquisadores têm enfrentado essa questão, freqüentemente contornando-a de forma não satisfatória³.

Isso tem sido feito apelando-se para a eliminação de anos climaticamente atípicos, para o uso de médias móveis, e mesmo para procedimentos menos defensáveis, como por exemplo o uso de variáveis *dummy*, definidas com base no comportamento desfavorável da produtividade, em anos com más condições de tempo, para captar o seu efeito e explicar a própria produtividade.

METODOLOGIA

Face à importância do tema, pode-se considerar ainda muito reduzido o esforço de pesquisa que lhe foi dirigido. Merece destaque, pela abrangência em termos de regiões e culturas, bem como pelo número de variáveis climáticas consideradas, ao longo das diversas etapas do ciclo biológico das culturas, o trabalho do IPEA(1972). Mais recentemente, também surgiram alguns poucos estudos sobre culturas específicas.

Consultando essa literatura, e discutindo o problema com especialistas⁴, foi possível selecionar as variáveis **deficiência hídrica** e **geada** como as mais apropriadas, especificamente para esse estudo, pelo fato de tratarem de agregados de explorações agropecuárias⁵. A inclusão de outras variáveis seria mais importante no caso

³ Foi nesse contexto que Silva (1982) realizou incursão nesse campo, agora expandida com este trabalho.

⁴ Agradece-se as sugestões de Altino A. Ortolani e Hilton S. Pinto, do Instituto Agrônomo de Campinas.

⁵ A evidência prévia, representada pelo resultado satisfatório, obtido por Silva (1982), que utilizou essas mesmas variáveis para explicar flutuações de um índice de produtividade total dos fatores calculado para a agropecuária paulista, contribuiu para essa decisão metodológica.

de explorações individualizadas.

Deficiência hídrica constitui importante condicionante da produtividade agropecuária e define-se como a diferença entre a evapotranspiração potencial e a real. A evapotranspiração potencial corresponde à água que seria necessária face às condições de evaporação do solo e transpiração das plantas. A evapotranspiração real corresponde à água que efetivamente se evapora do solo e transpira das plantas. Temperatura e localização geográfica (latitude) determinam a evapotranspiração potencial, enquanto temperatura, precipitação pluviométrica e água disponível no solo determinam a evapotranspiração real.

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

O balanço hídrico tem sido tradicionalmente usado em estudos visando determinar a aptidão climática de uma região a diferentes explorações agropecuárias⁶. Nesse caso é naturalmente calculado com base nas normais, isto é, nos valores médios da temperatura e da precipitação pluviométrica durante longo intervalo de tempo. Em geral o balanço é calculado para cada mês, de modo a se identificar os períodos limitantes ao desenvolvimento e produção das culturas, ao longo do ano agrícola.

Evidentemente, neste estudo não havia interesse em se trabalhar com a condição média do tempo, isto é com o clima, que é um determinante da produtividade média. Ao contrário, interessavam as variações do tempo, que determinam flutuações da produtividade. Por isso calculou-se o balanço hídrico seqüencialmente, mês após mês, ano após ano, seguindo-se o roteiro proposto por Thorntwaite & Mather (1955) e assumindo-se uma capacidade de retenção de água pelo solo de 125mm. As deficiências hídricas mensais, obtidas através do balanço hídrico, calculado dessa forma, foram acumuladas em períodos pré-definidos, que se afiguravam como possivelmente mais críticos, ao longo de cada ano⁷.

Para assegurar representatividade global, deficiências foram calculadas para nove localidades que dispunham de registros meteorológicos abrangendo todo ou a maior parte do horizonte de tempo considerado. Essas localidades - Ribeirão Preto, Mococa, Colina, Limeira, Campinas, Bauru, Tietê, Pindorama e Araçatuba - cobrem praticamente todo o Estado. Para agregar as deficiências hídricas locais foi

⁶ Veja-se, por exemplo, o estudo São Paulo, Secretaria da Agricultura (1974).

⁷ Para definição desses períodos foram muito úteis as informações contidas no trabalho do IPEA (1972), referentes às exigências específicas das diferentes culturas, nas diversas fases dos respectivos ciclos biológicos, quanto às condições do tempo. Foi com base nessas informações que Silva (1982) definiu e testou diferentes períodos, selecionando os que foram usados nesse trabalho.

usada uma média ponderada, com base nas áreas cultivadas das regiões representadas pelos postos meteorológicos. A esse respeito, cumpre mencionar que 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 da Agricultura, 1974).

Geadas é outro fenômeno com graves conseqüências para a produtividade agropecuária. É evento de mensuração problemática, devido às variações da área abrangida e da intensidade. Foram, por isso, consideradas apenas as geadas severas, abrangendo ampla área e afetando drasticamente o rendimento do café, e eventualmente de outras atividades, no ano posterior à sua ocorrência.

Os dados meteorológicos básicos foram obtidos no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os pesos usados para ponderação basearam-se em dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA) (Tabelas 1 e 2).

Neste trabalho foram usados índices de produtividade parcial, referentes à terra. Tais índices foram calculados para os seguintes agrupamentos de explorações: a) culturas anuais; b) culturas perenes; c) pecuária bovina; d) culturas anuais e perenes; e e) culturas anuais, perenes e pecuária bovina. Os três primeiros grupos foram definidos tendo em vista a similitude das exigências climáticas das explorações. Os dois últimos, com o objetivo de obter uma medida mais agregada dos efeitos do tempo sobre o desempenho da agropecuária.

O índice de produtividade da terra explorada com culturas anuais agrega amendoim, algodão, arroz, batata, cebola, feijão, mamona, mandioca, milho, soja, tomate e trigo. O índice referente a culturas perenes engloba café, laranja, tangerina, limão, banana, uva, cana-de-açúcar e chá. Pecuária bovina refere-se a carne e leite.

Em razão de suas reconhecidas vantagens, optou-se por índices "ideais" de Fisher encadeados, com ponderações variando a cada ano, para agregar quantidades⁸. Os índices de terra são, naturalmente, índices simples calculados para a soma das áreas ocupadas com as diferentes explorações. Do quociente entre os índices de produção e de área obteve-se os índices de produtividade da terra. Todos esses índices foram calculados com base em dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA) (Tabela 3).

Desde que não se pretendia analisar os efeitos de outros fatores, como por exemplo o uso dos chamados insumos modernos, a escala de produção, o progresso tecnológico, etc., preferiu-se apenas "descrever" a influência desse conjunto de determinantes da produtividade através de uma tendência.

⁸ Índices encadeados constituem aproximações discretas ao índice de Divisia, sendo portanto capazes de captar as alterações econômicas que ocorrem continuamente no tempo. De outra parte, a fórmula de Fisher é superlativa, exata para uma forma funcional agregativa flexível, e portanto apropriada para representar processos produtivos reais. Para maiores esclarecimentos ver Silva & Carmo (1984).

TABELA 1. Pesos utilizados na obtenção das deficiências hídricas ponderadas do Estado de São Paulo, 1956-83.

Posto meteorológico	Regiões representadas	Período	a/	Peso
Ribeirão Preto	Ribeirão Preto	1955/56	a 1963/64	0,1005
		1964/65	a 1971/72	0,1060
		1972/73	a 1979/80	0,1375
		1980/81	a 1982/83	0,1395
Mocóca	Ribeirão Preto	1955/56	a 1963/64	0,1005
		1964/65	a 1971/72	0,1060
		1972/73	a 1979/80	0,1375
		1980/81	a 1982/83	0,1395
Araçatuba	Araçatuba e Presidente Prudente	1955/56	a 1963/64	0,1430
		1964/65	a 1971/72	0,1175
		1972/73	a 1979/80	0,0820
		1980/81	a 1982/83	0,0635
Limêira	Campinas	1955/56	a 1963/64	0,0815
		1964/65	a 1971/72	0,0670
		1972/73	a 1979/80	0,0800
		1980/81	a 1982/83	0,0795
Campinas	Campinas e Sorocaba	1955/56	a 1963/64	0,1645
		1964/65	a 1971/72	0,1690
		1972/73	a 1979/80	0,2080
		1980/81	a 1982/83	0,2135
Bauru	Bauru, Marília e Presidente Prudente	1955/56	a 1963/64	0,1480
		1964/65	a 1971/72	0,1560
		1972/73	a 1979/80	0,1330
		1980/81	a 1982/83	0,1255
Tietê	Bauru	1955/56	a 1963/64	0,1065
		1964/65	a 1971/72	0,0905
		1972/73	a 1979/80	0,0930
		1980/81	a 1982/83	0,0890
Pindorama	São José do Rio Preto	1955/56	a 1963/64	0,0810
		1964/65	a 1971/72	0,0940
		1972/73	a 1979/80	0,0129
		1980/81	a 1982/83	0,1300
Colina ^{b/}	São José do Rio Preto	1955/56	a 1963/64	0,0810
		1964/65	a 1971/72	0,0940
		1972/73	a 1979/80	-
		1980/81	a 1982/83	-

Fonte: Dados básicos do Instituto de Economia Agrícola.

^{a/} No período 1955/56 a 1963/64 tomou-se como base percentual a área cultivada nas regiões representadas, no ano agrícola 1961/62, no período 1964/65 a 1971/72, a base foi o ano agrícola 1967/68; no período 1972/73 a 1979/80, a base foi o ano agrícola 1974/75; e, no período 1980/81 a 1982/83, a base foi o ano agrícola 1981/82.

^{b/} Não existem dados deste posto para o período 1972 a 1983.

TABELA 2. Deficiências hídricas observadas no Estado de São Paulo, 1956-83 ^{a/}

(Arm = 125 mm)

Ano	Ano civil (mm)	Período Set/Fev (mm)	Período Set/Mar (mm)	Período Set/Abr (mm)	Período Out/Fev (mm)	Período Out/Mar (mm)	Período Out/Abr (mm)
1956	41	78	92	92	11	25	25
1957	24	22	22	22	22	22	22
1958	57	12	16	18	11	15	17
1959	164	19	19	31	17	17	29
1960	125	84	88	92	26	30	34
1961	245	72	72	74	3	3	5
1962	77	140	140	148	43	43	51
1963	419	33	41	69	9	18	46
1964	138	211	218	252	112	119	153
1965	64	34	34	37	11	11	14
1966	126	29	32	36	5	8	12
1967	158	35	35	50	13	13	28
1968	176	25	30	40	3	8	18
1969	199	98	101	112	52	55	66
1970	77	54	56	63	11	13	20
1971	61	29	29	33	23	23	27
1972	36	24	32	34	14	22	24
1973	82	5	8	11	3	6	9
1974	157	34	34	40	14	14	20
1975	200	72	88	91	21	37	40
1976	32	53	53	55	2	2	4
1977	122	14	17	19	14	17	19
1978	93	46	51	79	39	44	72
1979	38	23	27	30	13	17	20
1980	109	5	18	18	3	16	16
1981	181	51	63	74	49	62	72
1982	64	63	63	66	3	3	6
1983	39	40	42	43	3	6	7

Fonte: Dados básicos do Instituto Nacional de Meteorologia e do Instituto Agrônômico de Campinas.

^{a/} Média ponderada das observações dos postos de Ribeirão Preto, Mococa, Araçatuba, Limeira, Campinas, Bauru, Tietê, Pindorama e Colina.

TABELA 3. Índices de produtividade da terra, Estado de São Paulo, 1956-83 ^{a/}

Ano	Culturas anuais	Culturas perenes	Culturas anuais e perenes	Pastagem	Culturas anuais, Perenes e pastagem
1956	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1957	117,2	139,0	130,3	102,4	120,4
1958	120,7	142,9	132,8	113,7	127,7
1959	136,3	188,4	163,1	112,8	145,9
1960	129,8	131,5	132,6	101,8	125,9
1961	134,3	164,8	148,6	100,1	136,2
1962	137,0	128,8	136,6	96,9	124,5
1963	137,3	183,3	154,4	88,1	133,3
1964	124,2	108,9	116,0	87,4	100,9
1965	141,4	222,7	177,8	95,0	151,8
1966	155,6	182,4	172,8	73,2	124,5
1967	155,4	198,7	177,7	77,6	130,3
1968	151,2	156,6	157,7	76,7	119,8
1969	148,6	164,6	160,7	85,5	125,1
1970	169,5	159,0	170,0	86,9	138,9
1971	146,7	209,5	180,7	87,7	145,6
1972	174,0	206,6	198,3	102,4	163,7
1973	182,3	192,9	199,5	98,8	152,6
1974	183,4	200,3	205,3	97,6	164,0
1975	180,0	170,2	189,1	105,2	159,7
1976	192,2	110,2	153,9	103,9	140,9
1977	210,3	194,9	230,6	103,9	195,5
1978	175,2	192,0	217,4	109,2	194,1
1979	232,0	193,8	245,8	109,2	215,3
1980	252,9	186,8	249,7	117,9	225,7
1981	250,6	208,5	262,9	114,7	237,5
1982	269,1	192,4	256,8	110,7	233,1
1983	263,3	213,9	274,8	103,8	231,3

Fonte: Dados básicos do Instituto de Economia Agrícola.

^{a/} Índices Fisher encadeados de produção/índices simples de área explorada.

Formalizando as considerações anteriores, pode-se escrever o modelo utilizado da seguinte forma:

$$R = f (DH, G, T)$$

onde R indica produtividade da terra, DH significa deficiência hídrica, G geadas (dummy) e T tendência.

Os parâmetros dessa função foram estimados usando uma série temporal de 28 anos, abrangendo o período 1956-83, pelo método dos mínimos quadrados ordinários.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de produtividade das culturas anuais mostrou-se mais influenciado pelas deficiências dos períodos iniciados em outubro, principalmente outubro-abril (Tabela 4). Tal fato está provavelmente associado à época de plantio da maioria das culturas das águas, que acontece nos meses de outubro-novembro no Estado. Quando o mês de abril é incluído na análise, a melhoria da resposta indica que se está conseguindo cobrir boa parte do ciclo das culturas da seca, que nesse mês encontram-se em pleno desenvolvimento. A introdução da variável deficiência hídrica na forma logarítmica melhorou os resultados, embora os modelos anteriores também apresentassem sinais coerentes, coeficientes significativos (no período outubro-abril) e ajustes que os tornam adequados a previsões de índices de rendimento dessas culturas. Convém ressaltar que o nível de armazenamento de água de 125mm pode não ser o mais adequado para as culturas anuais; nesse caso, níveis de 100 e mesmo de 50mm, poderão melhorar a significância dos parâmetros calculados para as deficiências hídricas.

As culturas perenes, conforme demonstraram os resultados obtidos, são altamente influenciadas pela ocorrência de geadas severas, que exibiram coeficientes significativos em todos os modelos testados. Quanto à deficiência hídrica, as melhores respostas apareceram nos períodos maiores, setembro-março e setembro-abril, coerente com a expectativa, já que as culturas perenes permanecem sujeitas a variações climáticas por mais tempo do que as culturas anuais. Quando foi introduzida a variável deficiência hídrica do ano inteiro, a falta de resposta da produtividade a essa variável, cujo parâmetro foi não significativo, indicou que a escolha do período setembro-abril foi adequada.

Nenhum resultado satisfatório foi obtido nos modelos para índices de produtividade das pastagens, embora seja de consenso que geadas severas e secas prolongadas diminuam a capacidade de suporte dos pastos. Esse mau resultado deve estar associado a uma característica peculiar da pecuária bovina: variações do rebanho influenciam a produtividade medida e não o potencial produtivo das pastagens. Por isso, o efeito das geadas e das deficiências hídricas fica mascarado, mesmo no índice de produtividade que agrega culturas anuais, perenes e pastagens, e que tam-

TABELA 4. Equações com deficiências hídricas em diversos períodos, geadas e tendência como variáveis explicativas de índices de produtividade da terra no Estado de São Paulo, 1956-83 ^{a/}

Índice de produtividade	Constante	Deficiência Hídrica	Geadas	Tendência	R ²	F
Culturas anuais	98,88	-0,08 (Per. Set-Fev) (1,02)	-	5,21 (153,42)(***)	93,3	84,37(***)
	111,55	-4,65 (1n P.Set-Fev) (1,40)	-	5,21 (158,27)(***)	93,4	85,78(***)
	98,99	-0,08 (Per. Set-Mar) (1,01)	-	5,21 (155,10)(***)	93,3	84,34(***)
	110,54	-4,37 (1n P.Set-Mar) (0,88)	-	5,25 (160,97)(***)	93,3	83,86(***)
	100,56	-0,09 (Per. Set-Abr) (1,66)	-	5,19 (157,94)(***)	93,5	86,75(***)
	117,75	-5,96 (1n P.Set-Abr) (1,55)	-	5,22 (162,23)(***)	93,5	86,34(***)
	99,42	-0,24 (Per. Out-Fev) (2,85)	-	5,22 (171,46)(***)	93,8	91,17(***)
	111,04	-6,06 (1n P.Out-Fev) (3,71)(*)	-	5,12 (163,56)(***)	94,0	94,40(***)

^{a/} Os valores entre parentesis, abaixo dos parâmetros, são da estatística F.

- (*) significativo a 10%.
- (**) significativo a 5%.
- (***) significativo a 1%.

TABELA 4. Continuação.

Índice de produtividade	Constante	Deficiência Hídrica	Geadas	Tendência	R ²	F
Culturas anuais	99,47	-0,22 (Per. Out-Mar) (2,54)	-	5,25 (172,65)(***)	93,7	90,04(***)
	110,88	-5,67 (1n P.Out-Mar) (2,61)	-	5,19 (165,30)(***)	93,7	90,29(***)
	100,81	-0,20 (Per. Out-Abr) (3,61)(*)	-	5,23 (117,88)(***)	93,9	94,02(***)
	119,21	-7,60 (1n P.Out-Abr) (3,95)(*)	-	5,15 (169,88)(***)	94,0	95,28(***)
Culturas perenes	145,14	0,03 (ano inteiro) (0,24)	-46,62 (16,07)(***)	2,28 (17,48)(***)	77,4	11,99(***)
	131,96	3,63 (1n ano int.) (0,32)	-46,49 (16,10)(***)	2,26 (17,63)(***)	77,5	12,06(***)
	164,59	-0,25 (Per.Set-Fev) (6,86)(**)	-38,70 (13,22)(***)	1,94 (15,60)(***)	82,8	17,45(***)
	191,89	-11,19 (1n P.Set-Fev) (5,51)(**)	-44,35 (18,23)(***)	2,01 (16,46)(***)	81,9	16,34(***)
	165,12	-0,25 (Per.Set-Mar) (6,94)(**)	-37,78 (12,37)(***)	1,96 (16,12)(***)	82,9	17,52(***)
	201,61	-13,80 (1n P.Set-Mar) (5,81)(**)	-40,82 (14,73)(***)	2,08 (18,15)(***)	82,1	16,58(***)

TABELA 4. Continuação.

Índice de produtividade	Constante	Deficiência Hídrica	Geadas	Tendência	R ²	F.
Culturas perenes	163,63	-0,20 (Per.Set-Abr) (5,23)(**)	-39,54 (13,03)(***)	1,99 (15,84)(***)	81,7	16,10(***)
	199,44	-12,60 (1nP.Set-Abr) (4,37)(**)	-42,77 (15,79)(***)	2,07 (17,02)(***)	81,1	15,39(***)
	154,52	-0,24 (Per.Out-Fev) (1,53)	-45,55 (16,52)(***)	2,16 (16,71)(***)	78,7	13,06(***)
	156,13	-2,38 (1nP.Out-Fev) (0,30)	-48,51 (18,16)(***)	2,16 (15,36)(***)	77,5	12,04(***)
	154,75	-0,23 (Per.Out-Mar) (1,51)	-44,86 (15,69)(***)	2,18 (17,20)(***)	78,7	13,04(***)
	153,73	-1,50 (1nP.Out-Mar) (0,10)	-47,84 (17,69)(***)	2,21 (16,22)(***)	77,3	11,88(***)
	153,78	-0,14 (Per.Out-Abr) (0,90)	-45,83 (16,16)(***)	2,19 (16,86)(***)	78,1	12,53(***)
	154,34	-1,54 (1nP.Out-Abr) (0,08)	-47,93 (17,74)(***)	2,21 (16,11)(***)	77,3	11,86(***)
Pastagens	97,37	-0,03 (ano inteiro)	-0,99	0,38	38,1	1,36
	114,22	-4,65 (1n ano int.)	-1,15	0,40	40,3	1,55
	95,02	-0,05 (Per.Set-Fev)	2,28	0,38	33,8	1,03

TABELA 4. Continuação.

Índice de produtividade	Constante	Deficiência Hídrica	Geada	Tendência	R ²	F.
Pastagens	103,44	-2,93 (1nP.Set-Fev)	1,56	0,39	36,5	1,23
	94,66	-0,04 (Per.Set-Mar)	2,16	0,39	32,8	0,96
	102,43	-2,68 (1nP.Set-Mar)	2,00	0,40	33,9	1,04
	95,38	-0,04 (Per.Set-Abr)	2,44	0,38	34,4	1,07
	106,10	-3,47 (1nP.Set-Abr)	2,04	0,39	36,0	1,19
	93,03	-0,03 (Per.Out-Fev)	0,97	0,42	30,8	0,84
	90,79	0,49 (1nP.Out-Fev)	0,76	0,45	30,4	0,81
	92,53	-0,01 (Per.Out-Mar)	0,79	0,43	30,2	0,80
	90,13	0,69 (1nP.Out-Mar)	0,61	0,45	30,6	0,83
	93,52	-0,04 (Per.Out-Abr)	1,20	0,42	31,6	0,88
95,41	-0,93 (1nP.Out-Abr)	0,61	0,42	30,8	0,84	
Culturas anuais e perenes	114,77	-0,02 (ano inteiro) (0,13)	-28,17 (9,89)(***)	5,11 (148,23)(***)	93,4	55,05(***)
	119,82	-1,56 (1n ano int.) (0,10)	-28,03 (9,83)(***)	5,12 (151,53)(***)	93,4	54,96(***)

TABELA 4. Continuação.

Índice de produtividade	Constante	Deficiência Hídrica	Geadas	Tendência	R ²	F
Culturas anuais e perenes	123,21	-0,18 (Per.Set-Fev) (5,32)(**)	-21,06 (6,30)(**)	4,92 (162,59)(***)	94,6	68,60(***)
	146,75	-8,97 (1nP.Set-Fev) (6,12)(**)	-24,60 (9,70)(***)	4,96 (172,40)(***)	94,8	70,70(***)
	123,22	-0,17 (Per.Set-Mar) (4,98)(**)	-20,65 (5,86)(**)	4,95 (163,38)(***)	94,6	67,71(***)
	149,77	-9,80 (1nP.Set-Mar) (4,80)(**)	-22,42 (7,27)(**)	5,02 (172,89)(***)	94,5	67,25(***)
	123,40	-0,15 (Per.Set-Abr) (4,98)(**)	-21,15 (6,26)(**)	4,95 (164,12)(***)	94,6	67,72(***)
	153,56	-10,29 (1nP.Set-Abr) (5,06)(**)	-23,26 (8,10)(***)	5,00 (171,67)(***)	94,6	67,91(***)
	117,17	-0,21 (Per.Out-Fev) (2,01)	-25,40 (8,87)(***)	5,07 (158,98)(***)	93,9	59,95(***)
	120,80	-2,83 (1nP.Out-Fev) (0,73)	-28,18 (10,57)(***)	5,05 (144,05)(***)	93,8	56,60(***)
	116,89	-0,17 (Per.Out-Mar) (1,58)	-25,06 (8,32)(***)	5,09 (159,14)(***)	93,8	58,82(***)
	116,21	-1,22 (1nP.Out-Mar) (0,11)	-27,40 (9,84)(***)	5,11 (147,57)(***)	93,4	54,99(***)

TABELA 4. Continuação.

Índice de produtividade	Constante	Deficiência Hídrica	Geadas	Tendência	R ²	F
Culturas anuais e perenes	117,43	-0,15 (Per.Out-Abr) (1,79)	-25,24 (8,61)(***)	5,08 (159,65)(***)	93,9	59,37(***)
	122,47	-2,95 (1nP.Out-Abr) (0,53)	-27,52 (10,10)(***)	5,07 (147,24)(***)	93,6	56,09(***)
Culturas anuais, perenes e pastagens	101,39	-0,03 (Ano inteiro) (0,34)	-17,60 (2,67)	4,21 (69,68)(***)	87,2	25,47(***)
	119,08	-4,69 (1n ano int.) (0,63)	-17,99 (2,83)	4,23 (72,20)(***)	87,4	25,86(***)
	104,64	-0,13 (Per.Set-Fev) (1,63)	-11,63 (1,15)	4,11 (67,89)(***)	87,9	27,24(***)
	120,09	-6,06 (1nP.Set-Fev) (1,63)	-14,28 (1,91)	4,14 (70,16)(***)	87,9	27,23(***)
	104,28	-0,12 (Per.Set-Mar) (1,39)	-11,57 (1,10)	4,13 (68,48)(***)	87,8	26,91(***)
	118,18	-5,58 (1nP.Set-Mar) (0,92)	-13,34 (1,53)	4,20 (71,58)(***)	87,6	26,27(***)

TABELA 4. Continuação.

Índice de produtividade	Constante	Deficiência Hídrica	Geadas	Tendência	R ²	F.
Culturas anuais, perenes e pastagens	104,96	-0,11 (Per.Set-Abr) (1,62)	-11,59 (1,14)	4,13 (69,02)(***)	87,9	27,22(***)
	123,62	-6,68 (1nP.Set-Abr) (1,27)	-13,49 (1,62)	4,18 (71,29)(***)	87,7	26,74(***)
	100,36	-0,15 (Per.Out-Fev) (0,68)	-14,73 (1,94)	4,21 (71,48)(***)	87,4	25,94(***)
	100,47	-1,19 (1nP.Out-Fev) (0,09)	-16,51 (2,42)	4,23 (67,33)(***)	87,1	25,12(***)
	99,68	-0,11 (Per.Out-Mar) (0,39)	-14,73 (1,88)	4,23 (71,95)(***)	87,3	25,54(***)
	97,04	-0,03 (1nP.Out-Mar) (0,00)	-16,20 (2,34)	4,25 (69,99)(***)	87,0	25,00(***)
	100,72	-0,11 (Per.Out-Abr) (0,68)	-14,53 (1,87)	4,22 (72,24)(***)	87,4	25,93(***)
	104,99	-2,37 (1nP.Out-Abr) (0,23)	-16,26 (2,38)	4,22 (68,71)(***)	87,2	25,32(***)

Fonte: Dados da pesquisa.

bém não apresentou coeficientes significativos para essas variáveis.

O índice agregado de culturas anuais e perenes foi aquele para o qual se obteve as melhores explicações em termos de coeficientes de determinação, sendo os períodos iniciados em setembro praticamente idênticos na magnitude e significância dos parâmetros dos déficits hídricos e geadas.

Com base nos coeficientes das melhores equações, procedeu-se ao cálculo das elasticidades, as quais indicam que um aumento de 10% nas deficiências hídricas leva à diminuição de 4 a 5% no índice de produtividade das culturas anuais, de 7% a 8% no de culturas perenes, e de 5% a 6% no índice agregado de culturas anuais e perenes (Tabela 5).

TABELA 5. Elasticidades dos índices de produtividade da terra com relação às deficiências hídricas em diferentes períodos ^{a/}

Período def. hídricas	Modelo	Índices de produtividade da terra		
		Culturas anuais	Culturas perenes	Culturas anuais + perenes
Set-Fev	linear	...	- 0,070	- 0,050
	logarítmo	...	- 0,065	- 0,049
Set-Mar	linear	...	- 0,080	- 0,051
	logarítmo	...	- 0,080	- 0,054
Set-Abr	linear	...	- 0,070	- 0,051
	logarítmo	...	- 0,073	- 0,057
Out-Fev	linear	...	...	...
	logarítmo	- 0,036	...	...
Out-Mar	linear	...	...	...
	logarítmo	...	...	...
Out-Abr	linear	- 0,037	...	...
	logarítmo	- 0,045	...	...

Fonte: Dados da pesquisa.

^{a/} Elasticidades calculadas no ponto médio.

Os parâmetros estimados para a variável geadas, indicam que no ano posterior à ocorrência destas, a função é deslocada para baixo, paralelamente, cerca de 20 pontos percentuais em relação ao ano anterior, no caso do índice agregado de culturas anuais e perenes, e para um nível aproximadamente 40 pontos abaixo no caso das culturas perenes.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos confirmaram a hipótese inicial sobre a importância das deficiências hídricas e geadas nos índices de produtividade agrícola do Estado. Os modelos estimados são adequados para obter-se previsões de produtividade das culturas estudadas, sem a necessidade de aguardar pesquisas levadas a campo, que normalmente requerem certo período para levantamento, depuração e processamento. Certas culturas de maior importância mereceriam ser estudadas separadamente, com definição específica dos períodos mais críticos em relação à variável deficiência hídrica, e com uma seleção de postos meteorológicos mais adequada à sua localização geográfica, além da eventual inclusão de outras variáveis.

REFERÊNCIAS

- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Brasília, DF. **Variações climáticas e flutuações da oferta agrícola no Centro-Sul do Brasil: relatório da pesquisa.** Brasília, 1972. v. 1. (Estudos para planejamento, 1).
- SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. **Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1974. v.1.
- SILVA, G. L. S. P. da. **Evolução e determinantes da produtividade agrícola: o caso da pesquisa e da extensão rural em São Paulo.** São Paulo, FEA/USP, 1982. 230p. Tese Ph. D.
- SILVA, G. L. S. P. da & CARMO, H. C. E. do. **Como medir a produtividade agrícola: conceitos, métodos e aplicações no caso de São Paulo.** São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, IEA, 1984. Relatório de Pesquisa no prelo.
- THORNTWAITE, C.W. & MATHER, J.R. **The water balance.** Centerton, Laboratory of Climatology, 1955. 104p.