

**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**

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

Governo do Estado de São Paulo  
Secretaria de Agricultura e Abastecimento  
Coordenadoria Sócio-Econômica

Instituto de Economia Agrícola



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

ISSN 0101-5109  
Relatório de Pesquisa  
13/86

**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**

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

São Paulo  
1986

## ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO .....	1
2 - OBJETIVOS .....	3
3 - METODOLOGIA .....	3
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
4.1 - Tendências do Rendimento do Café .....	12
4.2 - Ciclo Biológico e Exigências Climáticas do Café .....	13
4.3 - Modelos de Previsão do Rendimento do Café .....	14
4.3.1 - Resumo de tentativas anteriores .....	14
4.3.2 - Modelos selecionados neste estudo .....	15
5 - CONCLUSÕES .....	19
LITERATURA CITADA .....	25
RESUMO .....	28
SUMMARY .....	28

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 (1)

Gabriel Luiz Seraphico Peixoto da Silva (2)

José Roberto Vicente

Denise Viani Caser

1 - INTRODUÇÃO

O processo de produção na agricultura é fortemente condicionado pelos ciclos biológicos das culturas e, portanto, depende em grau elevado das condições do tempo atmosférico durante as diversas fases daqueles ciclos.

Essa característica faz com que o planejamento na agricultura, mais que em outros setores da economia, deva considerar essa fonte de incerteza. E isso é importante, não apenas para o setor agrícola, mas também para o conjunto da economia, cujo desempenho pode ser perturbado por choques de oferta provenientes da agricultura, se as condições do tempo forem extremamente adversas.

Variações do tempo podem provocar flutuações das ofertas dos produtos agrícolas e, em consequência, bruscas oscilações de seus preços e da renda dos produtores; podem comprometer a regularidade do abastecimento interno e das exportações; e podem ainda afetar a estabilidade dos preços em geral.

Normalmente tenta-se minorar esses problemas através da formação de estoques reguladores, administração de preços, regulamentação do comércio exterior e de outras medidas que dependem, para o seu bom funcionamento, de informações precisas sobre a magnitude das safras, influenciada pelas con

---

(1) Os autores agradecem à programadora Vera Lúcia Ferraz dos Santos e aos Auxiliares Agropecuários José Antonio Marinovic Doro e Mário Pires de Almeida Olivetti; agradecem também à Fundação Cargill, à Seção de Climatologia do Instituto Agrônomico de Campinas e ao Instituto Nacional de Meteorologia (79 DISME).

(2) Pesquisadores-Científicos do Instituto de Economia Agrícola. O primeiro autor é também Professor da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo e bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

dições do tempo, a cada ano.

Para atender a essa demanda, grandes esforços vêm sendo feitos no sentido de obter previsões antecipadas e estimativas finais confiáveis sobre o volume da produção agrícola. No Estado de São Paulo, a Secretaria de Agricultura e Abastecimento levanta, elabora e publica previsões e estimativas de safra desde a década de 40. Esses levantamentos, que atualmente são elaborados pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) e pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), são realizados presentemente nos meses de setembro, novembro, fevereiro, abril e junho.

As fontes de informações são: a) questionários respondidos por engenheiros agrônomos sobre a produção global de cada município do Estado; b) questionários respondidos diretamente por agricultores sobre a produção em uma amostra geral de propriedades rurais, com número de elementos variando de 3.000 a 6.000, aproximadamente; c) questionários respondidos diretamente por agricultores sobre a produção em amostras específicas, com diferentes tamanhos, de propriedade rurais que se dedicam ao cultivo de produtos selecionados.

Os dados publicados (boletim mensal "Informações Econômicas") são fruto da compatibilização dos resultados desses diferentes levantamentos, cuja importância relativa tem variado ao longo do tempo. Tais dados vêm sendo aproveitados como subsídio para formulação de políticas pelo setor público, como auxílio aos agricultores e entidades privadas no planejamento de suas atividades e como suporte para pesquisas científicas.

Por outro lado, algum esforço no sentido de obter modelos que antecipem áreas e produções vem sendo realizado. Particularmente no caso de variações do tempo influenciando a produtividade agrícola, tais tentativas, embora apresentem resultados animadores, têm se restringido quase sempre a modelos com pequena abrangência regional ou muito exigentes em dados, o que tem impossibilitado uma aplicação mais ampla, capaz de cobrir todo o Estado, como seria desejável.

Parece que se justifica, portanto, uma tentativa de fornecer previsões de produtividade agrícola, para as principais culturas, com modelos que associem o rendimento a variações do tempo e que sejam operacionais, exigindo dados que possam ser facilmente obtidos, com um custo infinitamente menor do que os levantamentos de campo, e fornecendo boas previsões de produtividade de com maior antecipação.

A ampliação do número de estudos sobre previsão de safras com base em variáveis meteorológicas foi considerada como prioritária pelo corpo de pesquisadores presentes ao III Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (1). E sem dúvida esse é o caminho para o aprimoramento das estatísticas agrícolas conjunturais, considerado essencial pelos participantes do XXI Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural (27).

## 2 - OBJETIVOS

Pretende-se no presente estudo propor uma metodologia para desenvolver modelos capazes de fornecer, antecipadamente e à época da colheita, estimativas de rendimentos dos principais produtos agrícolas do Estado de São Paulo, em função das condições do tempo prevalecentes durante os respectivos ciclos produtivos, e testá-la para a cultura do café.

Adicionalmente, pretende-se comparar as estimativas fornecidas por esses modelos com as resultantes de levantamentos de campo, realizados em épocas compatíveis com os períodos neles considerados, pelo Instituto de Economia Agrícola e Coordenadoria de Assistência Técnica Integral.

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

## 3 - METODOLOGIA

É conveniente iniciar a análise dos efeitos das variações do tempo sobre o rendimento das culturas 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, en

quanto 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 desses 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 ao longo do 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 unidade de produto, resulta também em ganhos de produtividade, especialmente a longo prazo.

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

Face à complexidade do fenômeno, fica clara a conveniência de 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.

No caso deste 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 das culturas podem afetar os rendimentos. De outra parte, as condições do solo e do clima, particularmente do primeiro, não são constantes no tempo. Em conseqüência, 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 da fertilidade natural do solo, mudanças continuadas na localização das culturas e outros fatores capazes de afetar o rendimento, associados ao tempo histórico.

A forma geral dos modelos foi assim reduzida à expressão:

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

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

Seguindo o caminho adotado em estudo anterior, que procurou medir o efeito do tempo sobre a produtividade agrícola agregada no Estado de São Paulo (23), as condições meteorológicas foram incluídas nos modelos basicamente através de uma variável derivada, a deficiência hídrica.

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

A deficiência hídrica constitui importante condicionante do rendimento agrícola 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 comprimento do dia determinam a evapotranspiração potencial. Precipitação pluviométrica e água armazenada no solo condicionam 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 e a evapotranspiração o consumo de água, considerando-se uma determinada capacidade de armazenamento de água no solo, em condições de ser extraída pelas plantas.

O balanço hídrico vem sendo freqüentemente usado em estudos climáticos no Brasil, desde os trabalhos de CAMARGO (3, 4, 6), ORTOLANI et alii (19) e outros autores. Nesse caso é naturalmente calculado com base nas normais, isto é, nos valores médios da temperatura e da precipitação mensais, durante



longo intervalo de tempo.

Como neste estudo o foco de interesse não é a condição média do tempo, mas sim suas variações, que determinam flutuações da produtividade agrícola, o balanço hídrico foi calculado seqüencialmente, mês após mês, ano após ano, seguindo-se o método de THORNTWAITE & MATHER (26) e o roteiro proposto por ORTOLANI et alii (19). Diversos autores vêm utilizando este procedimento, podendo-se mencionar, entre outros, TOSELLO & ARRUDA (28), IPEA (15), MOTA (17), BRUNINI et alii (2), SANTOS (21), CASER & VICENTE (9), SILVA; CASER; VICENTE (23).

Em alguns dos 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.

No cálculo das deficiências hídricas foram consideradas diferentes capacidades de armazenamento de água pelo solo: 50mm, 100mm, 125mm, e 150mm.

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 (22). 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 (DIRAs) de São Paulo e Vale do Paraíba devido à pequena participação de ambas, inferior a 10% para a cultura estudada. A figura 1 e o quadro 1 mostram as regiões consideradas e a localização dos postos meteorológicos que as representam.

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

Como já se mencionou, além da deficiência hídrica, inclui-se a ocorrência de geadas fortes e moderadas, fenômeno capaz de afetar severamente o rendimento agrícola, particularmente no caso de culturas sensíveis como o café.

Os dados meteorológicos primários - temperatura e precipitação - foram obtidos no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), no Instituto Nacio

QUADRO 1.- Postos Meteorológicos Utilizados e Respectives Divisões Regionais  
Agrícolas Representadas

Posto meteorológico	Instituição responsável	DIRAs representadas
Araçatuba	CATI-INEMET (1)	Araçatuba e Pres. Prudente
Bauru	CATI-INEMET (2)	Bauru, Marília e P.Prudente
Campinas	IAC	Campinas e Sorocaba
Limeira	IAC	Campinas
Mococa	IAC	Ribeirão Preto
Pindorama	IAC	S. José do Rio Preto
Ribeirão Preto	IAC	Ribeirão Preto
Tietê	IAC	Bauru

(1) A partir de 1977 os dados do INEMET foram completados com dados da CATI.

(2) A partir de 1980 os dados do INEMET foram completados com os dados da CATI.

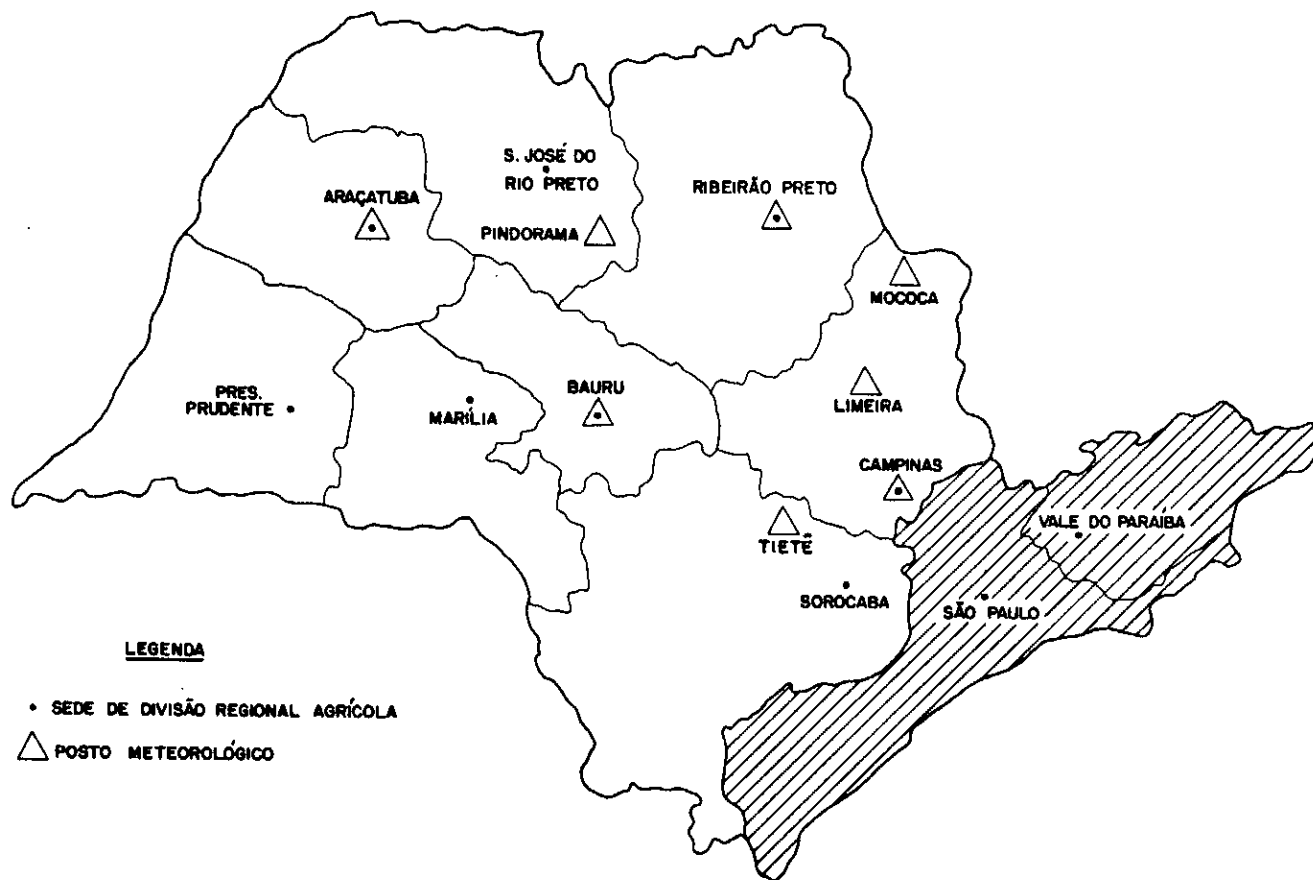


FIGURA 1.- LOCALIZAÇÃO DAS DIVISÕES REGIONAIS AGRÍCOLAS E POSTOS METEOROLÓGICOS

nal de Meteorologia e na CATI. Os pesos usados para ponderar as deficiências foram calculados com base em dados do IEA. O rendimento do café 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 em módulo (E) e o coeficiente de desigualdade (U) de THEIL (24).

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

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

$P_t$  - valor previsto

$A_t$  - valor realizado

t - período de tempo

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 igualdade de Theil é um indicador de acurácia das variações previstas entre períodos:

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

$\Delta P_t$  - 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 THE IL (24), baseado no uso de logaritmos naturais.

Assim, como demonstra aquele autor,

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

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

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

Para ilustração foram utilizados diagramas de séries temporais, previstas e observadas, e diagramas de previsão-realização de THE IL (24).

O diagrama de previsão-realização utiliza um sistema de eixos cartesianos onde cada ponto corresponde a um par de variações sendo uma prevista e outra realizada. Os pontos da bissetriz dos quadrantes de mesmos sinais correspondem a previsões perfeitas. Os erros por superestimação, subestimação e mudança de sentido podem ser visualizados pela posição dos pontos no diagrama (figura 2).

Os diagramas de séries temporais previstas e observadas foram construídos com escala normalizada, de forma a permitir comparações em termos de variações dos rendimentos observados e dos previstos, entre os diferentes produtos.

Diagramas de séries temporais observadas também foram úteis na especificação dos modelos. Assim, para verificar se os rendimentos observados justificavam a inclusão de mais de uma variável tendência, construíram-se diagramas com médias trienais e quinzenais de produtividade. Nos casos em que esses diagramas demonstraram claramente a necessidade de duas tendências, adotou-se o procedimento de ajuste de poligonal (14), em que uma das

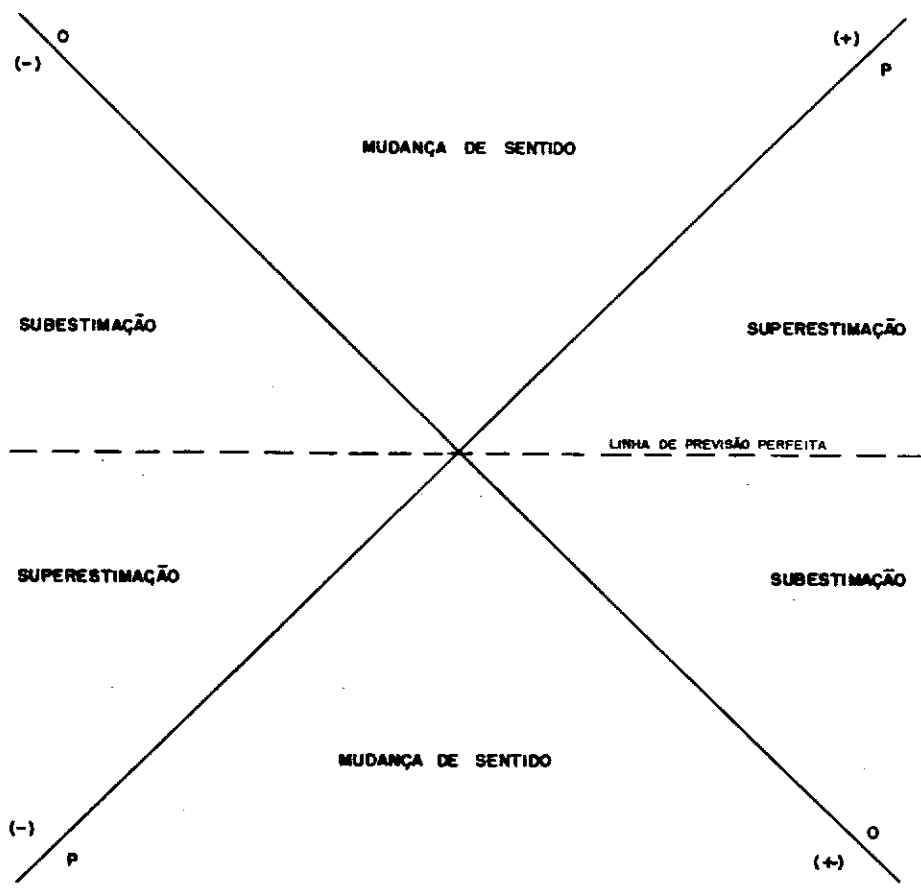


FIGURA 2. - DIAGRAMA DE PREVISÃO E REALIZAÇÃO DE MUDANÇAS DE THEIL.

variáveis cresce em um período e depois tem seu valor mantido e repetido, enquanto que a outra é considerada como zero durante o período de variação da primeira, passando a crescer quando essa se estabiliza.

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1 - Tendências do Rendimento do Café

O rendimento da cultura em São Paulo, em termos de produção por pé, atingiu um máximo no ano agrícola 1970/71 e a partir daí tem experimentado quedas sucessivas, sendo que desde 1975 não é atingido o nível de 15 sacas de 60kg beneficiadas por mil pés. Diversos fatores têm sido levantados para explicar essa queda de rendimento. A partir de 1969/70, com os Planos de Renovação e Revigoração dos Cafezais (PRRCs), houve expansão da cultura para áreas de cerrado, principalmente na região de Ribeirão Preto, que recebeu mais de 25% dos financiamentos para plantio de café no Estado com recursos dos PRRC e esses solos são via de regra menos férteis do que aqueles que recebiam a cultura até então. Em 1978, segundo levantamentos do IEA, quase 30% dos cafeeiros de São Paulo haviam ultrapassado os 15 anos; isso representava 260 milhões de pés em franca decadência, com baixa produtividade e plantados em sistemas ultrapassados, que inviabilizavam técnicas modernas de condução. Os solos das regiões mais tradicionais eram cultivados de maneira predatória, estando desgastados por erosão e apresentando gradativa diminuição de fertilidade (25).

Também a partir do início da década de 70, a cultura passou a sofrer os efeitos da ferrugem (*Hemilêia Vastatrix*) que foi constatada em São Paulo em 1971 (16) e do nematóide *Meloidogyne incôgnita*, cuja descoberta no Estado data de 1970 (8). Os danos ocasionados pela ferrugem são de difícil mensuração; de 1970 a 1975, o controle fitossanitário foi, em geral, bem efetuado, mas com a geada de 1975 e secas nos três anos subsequentes que são desfavoráveis ao patógeno, houve certa tendência dos agricultores despreocuparem-se com a doença. As perdas previstas para a safra 1980/81 devido à ferrugem foram novamente mascaradas pela ocorrência de geada, e os anos subsequentes foram novamente desfavoráveis ao fungo por causa de secas; de qualquer forma, técnicos estimam que perdas de 20% a 30% podem

ocorrer sem controle efetivo (10, 25). Quanto ao nematóide M. incognita, com o qual parece ser impossível a convivência econômica da cafeicultura, já em 1978 havia sido constatada sua presença em regiões que respondem por 90% do parque paulista, transformando-o de longe no mais importante causador das perdas de produção atribuídas a nematóides e que são estimadas em 20% (13, 16).

Ainda com respeito à evolução do rendimento deve-se assinalar que as previsões e estimativas de safras de café do Estado de São Paulo, realizadas atualmente pelo IEA/CATI, apresentam dados sobre pés novos sem produção a partir do ano agrícola 1968/69, portanto, as séries de rendimento disponíveis até esse ano não refletem exatamente a produtividade da cultura, que está subestimada em grau variável, dependendo da existência maior ou menor de pés novos sem produção.

#### 4.2 - Ciclo Biológico e Exigências Climáticas do Café

O café cultivado com finalidade comercial no Brasil floresce na primavera, frutifica no verão, amadurece no outono e é colhido no inverno; em São Paulo a colheita acontece nos meses de junho (26% a 38%) e julho (48% a 56%), segundo dados dos censos agropecuários (11, 12).

A faixa térmica mais adequada ao café arábica (*Coffea arábica* L.) parece estar entre 18°C e 22°C. As condições de umidade no solo são também fundamentais: o cafeeiro para vegetar e frutificar necessita encontrar umidade elevada no solo, mas na estação de colheita e abotoamento da planta essa umidade pode cair bastante sem maiores problemas para o rendimento. O fenômeno microclimático mais importante para a cultura é a ocorrência de geada, que é uma queda extrema de temperatura acompanhada ou não de depósito de gelo nas superfícies expostas. Os danos causados por geada são intensos, refletindo-se em violentas quedas de produção nos anos subsequentes à sua ocorrência. Quanto maior for a queda de temperatura, abaixo do limite do ponto de congelamento interno (-3° a -4°C), mais graves e extensos serão os danos (5).

As deficiências hídricas no solo têm reflexos negativos sobre o sistema radicular e sobre a área foliar média. O efeito de déficits hídricos sobre a iniciação floral parecem contraditórios: um período de seca parece ser importante nessa fase, para quebrar a dormência dos botões flo



rais. A floração propriamente dita é provocada pelas primeiras chuvas da estação, após o período seco. Após a florada, deficiências de água predispõem os cafeeiros à atrofia, assim como o excesso de chuvas. Na fase de desenvolvimento inicial, 8 a 12 semanas após o florescimento, os frutos são tão sujeitos a cair, especialmente sob o efeito de tensões hídricas (20).

É consensual entre cafeicultores que secas no final da maturação, que antecipam a colheita, são benéficas para a produtividade do ano seguinte, já que a planta tem mais tempo para se recuperar e sofre menos "stress" do que em processos de colheita mais prolongados.

Da mesma forma, é bem conhecido o ciclo bienal da cultura, onde colheitas abundantes são seguidas de resultados menos expressivos, devido à concorrência entre as funções vegetativas e reprodutivas de forma que, nos anos de grande produção, o crescimento dos frutos absorve a maior parte da atividade da planta, prejudicando seu desenvolvimento vegetativo; a safra do ano seguinte teria, então, produção menor, uma vez que as inflorescências se formam nas axilas das folhas dos ramos laterais crescidos na estação anterior (28, 20).

Apesar da importância do café no Brasil, praticamente inexistem trabalhos associando variáveis climáticas com a fenologia do cafeeiro e sua produção econômica (7).

#### 4.3 - Modelos de Previsão de Rendimento do Café

##### 4.3.1.- Resumo de tentativas anteriores

O IPEA (15) conseguiu um modelo razoável ( $R^2 = 0,70$ ) relacionando a produtividade do café no Paraná e em São Paulo à temperatura do plantio ao florescimento e à ocorrência de geadas, representadas por variável "dummy". Não foram encontrados resultados significativos na inclusão de deficiências hídricas (considerando uma capacidade de armazenamento de água de 125mm) no florescimento nem em tentativas de representação do ciclo bienal.

TOSELLO & ARRUDA (28) sugeriram que médias bienais de rendimento de café no Estado de São Paulo (com dados de 14 municípios representativos)

podem ser explicados por modelos relacionando-os à precipitação no período abril-setembro ou mesmo junho-setembro. Tentaram também utilizar deficiências hídricas totais calculadas pelo método de Thorntwaite, que forneceram resultados aparentemente melhores que os de precipitação no período julho-setembro e piores do que os de precipitação no período abril-setembro. Os resultados melhores foram conseguidos para os grupos de municípios com produções médias mais elevadas. Naturalmente, devido à não inclusão de outras variáveis (por exemplo, tendência), os modelos não eram adequados à obtenção de boas previsões de produção, mas indicaram caminho promissor a ser melhor explorado.

CAMARGO et alii (7) utilizaram modelos de regressão para estudar o efeito da pluviosidade na produtividade de cafeeiros do cultivar Mundo Novo, nas Estações Experimentais de Mococa e Ribeirão Preto, Estado de São Paulo. Trabalharam com pluviosidade durante o ano agrícola, compreendendo o período de maio do ano anterior à colheita até junho do ano da colheita, dividindo os dados em períodos trimestrais. Obtiveram os melhores resultados com o trimestre julho-agosto-setembro, que corresponderia às fases fenológicas de "abotoamento" e florescimento. Para Ribeirão Preto foram também obtidas correlações entre a produtividade e os trimestres outubro-novembro-dezembro (florescimento e formação de "chumbinho") e novembro-dezembro-janeiro (formação de "chumbinho" e granação). Além da precipitação pluviométrica trimestral, o modelo incluía a frequência de chuvas por trimestre e a produtividade obtida no ano anterior, para representação do ciclo bienal. Os resultados obtidos foram bons em termos de coeficiente de determinação (0,83 para Mococa e 0,87 para Ribeirão Preto), mas o parâmetro estimado de frequência de chuvas apresenta sinal negativo, o que parece problemático, pois é difícil compreender por que maior frequência de chuvas prejudicaria a produção, quando a deficiência hídrica tem esse mesmo efeito. Além disso, os autores comentam que a generalização dos resultados para o Estado inteiro exigiria continuação do estudo, pois o modelo foi ajustado para duas localidades apenas.

#### 4.3.2 - Modelos selecionados neste estudo

Tratando-se de cultura perene, normalmente tender-se-ia a iniciar o estudo dos efeitos das deficiências hídricas sobre a produtividade

a partir do final da colheita de um ano, estendendo o período analisado até a colheita subsequente. Porém, no caso do café, existem evidências de que, mesmo anteriormente à colheita de um ano, as condições do tempo estão afetando a produtividade do ano seguinte; em consequência, neste estudo decidiu-se retroceder a janeiro o início do período considerado.

A ocorrência de geadas é o fenômeno que mais duramente atinge a cafeicultura. Para representar seus efeitos sobre a produtividade, introduziram-se nos modelos variáveis "dummy", que assumem valor 1, em anos subsequentes aos de ocorrência do fenômeno, e zero nos demais. Como as geadas variam em abrangência e intensidade, foram consideradas apenas as severas e as moderadas, que na série em estudo (1955-84) ocorreram nos anos de 1955, 1963, 1965, 1969, 1975, 1979 e 1981. Nos modelos aqui apresentados (quadro 2), os coeficientes dessa variável foram sempre significativos a 1%, com magnitude variando entre quedas de 2 a 4 sacas beneficiadas por 1.000 pés, nos anos subsequentes a geadas.

Tentou-se, também, representar o ciclo bienal com variável "dummy" que assumia valores 0 e 1 alternadamente: tal tentativa foi infrutífera. Posteriormente, partiu-se para esquema semelhante ao de CAMARGO et alii (7), utilizando os rendimentos no ano anterior como variável representativa desse ciclo. Neste segundo caso, obtiveram-se resultados mais animadores, com melhorias na aderência dos modelos. Devido à extensão da área abrangida por este estudo e à consequente existência de plantios em diversas idades e fases, naturalmente o ciclo bienal que é facilmente constatado em cultivos específicos, tem seus efeitos atenuados. A existência do ciclo, a nível de Estado, é percebida em anos posteriores a geadas abrangentes ou secas severas, que homogeneizam a resposta das plantas, e seus efeitos tendem a desaparecer-se com o aparecimento de novos plantios.

Outras variáveis que influenciam o rendimento e não estão incluídas nos modelos foram representadas através de duas tendências: uma que se inicia em 1955 e cresce até o ano de 1971, a partir de onde assume um valor fixo; outra que é considerada igual a zero até o ano de 1971, e começa a crescer a partir de 1972. Essas duas tendências foram utilizadas em função do já citado decréscimo da produtividade por pé a partir do início da década de 70.

Os resultados obtidos nos diferentes modelos sugerem, com relação à variável deficiência hídrica mensal (com nível de armazenamento de 50mm, o qual propiciou os melhores resultados) que:

a) janeiro e fevereiro do ano anterior da colheita, presentes no modelo com deficiência hídrica de janeiro a setembro, não apresentaram coeficientes significativos, evidenciando que esses dois meses provavelmente afetam mais o rendimento da safra em curso do que o da safra futura;

b) março e abril do ano anterior ao da colheita aparecem nos dois modelos em que foram incluídos com coeficientes positivos e significativos a 1% (quadro 2), o que pode confirmar o conhecimento empírico dos cafeicultores de que nessa época uma seca antecipa a colheita e favorece a produção subsequente;

c) maio e junho do ano anterior ao da colheita, presentes em todos os modelos testados, têm sempre coeficientes negativos e significativos, indicando que deficiências hídricas nesses meses afetam negativamente o desenvolvimento vegetativo e a iniciação da gema floral;

d) julho do ano anterior ao da colheita aparece como não significativo em dois modelos e significativo em outros dois (quadro 2); o sinal positivo do coeficiente deve estar associado ao período seco necessário para a quebra de dormência dos botões por tensão hídrica, os quais permaneceriam quiescentes até a ocorrência de uma chuva (20);

e) agosto do ano anterior não apresentou coeficientes significativamente diferentes de zero em nenhum dos modelos;

f) setembro do ano anterior apresenta coeficientes negativos e significativos em quase todos os modelos, devendo na maioria das culturas representar o efeito de deficiências hídricas no florescimento;

g) outubro do ano anterior não forneceu resultados significativos em nenhum dos modelos testados, sendo que o modelo com deficiências hídricas no período de março do ano anterior a fevereiro do ano da colheita, que foi ajustado pelo método "stepwise" (18), sequer incluiu esse mês, que na da acrescentava ao modelo;

h) novembro e dezembro do ano anterior e janeiro do ano da colheita apresentam quase sempre coeficientes não-significativos (exceto novembro no modelo março-fevereiro);

i) fevereiro do ano da colheita, nos dois modelos em que foi incluído, aparece com coeficientes negativos e significativos, devendo ter captado os efeitos das deficiências hídricas sobre as fases de granação e início de maturação.

Pelo coeficiente de desigualdade de THEIL (24) (quadro 5), o modelo com deficiências hídricas no período de março do ano anterior à colhei-

QUADRO 2.- Equações com Deficiências Hídricas em Diversos Períodos, Tendências, Geadas e Rendimento do Ano Anterior como Variáveis Explicativas do Rendimento do Café, Estado de São Paulo, 1956-84 (1)

Variáveis explicativas	Modelos de previsão				
	Mai-Dez	Mai-Fev	Jan-Set	Mar-Fev	Jan-Set(A)
Def.hídrica em jan. t-1			-0,041 (0,56)		
Def.hídrica em fev. t-1			0,005 (0,01)		
Def.hídrica em mar. t-1			0,091 (4,69)***	0,105 (9,08)***	
Def.hídrica em abr. t-1			0,071 (6,97)***	0,061 (5,66)***	
Def.hídrica em maio t-1	-0,060 (4,04)***	-0,072 (6,73)***	-0,114 (16,61)***	-0,117 (26,80)***	
Def.hídrica em jun. t-1	-0,069 (3,00)**	-0,074 (4,14)***	-0,115 (8,36)***	-0,119 (14,82)***	
Def.hídrica em jul. t-1	0,006 (0,03)	0,011 (0,14)	0,044 (2,40)*	0,062 (6,99)***	
Def.hídrica em ago. t-1	-0,012 (0,36)	-0,009 (0,21)	-0,005 (0,09)	-0,011 (0,55)	
Def.hídrica em set. t-1	-0,014 (0,74)	-0,026 (3,02)***	-0,027 (4,03)***	-0,030 (6,38)***	
Def.hídrica em out. t-1	0,021 (0,37)	0,024 (0,59)			
Def.hídrica em nov. t-1	-0,028 (0,32)	-0,060 (1,61)		-0,066 (3,03)**	
Def.hídrica em dez. t-1	0,006 (0,01)	0,040 (0,49)		-0,016 (0,12)	
Def.hídrica em jan. t		0,002 (0,00)		-0,012 (0,05)	
Def.hídrica em fev. t		-0,161 (6,48)***		-0,114 (4,92)***	
Def.hídrica de jan. t-1 a set. t-1					-0,016 (14,23)***
Rendimento em t-1	-0,169 (1,40)	-0,206 (2,80)**	-0,028 (0,06)	-0,101 (1,03)	-0,086 (0,44)
Tendência 1956-71	0,622 (27,94)***	0,720 (38,60)***	0,595 (34,49)***	0,668 (48,06)***	0,527 (23,88)***
Tendência 1972-84	-0,461 (11,12)***	-0,390 (10,76)***	-0,447 (14,55)***	-0,445 (19,85)***	-0,316 (7,54)***
Geadas em t-1	-2,963 (5,76)***	-3,922 (9,36)***	-1,955 (3,69)***	-2,598 (5,97)***	-3,777 (13,91)***
Constante	-25,886	-30,596	-26,353	-29,271	-20,675
R <sup>2</sup> (%)	81,7	87,0	88,2	93,0	71,5
F	5,94***	6,69***	8,61***	11,47***	11,55***

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

ta até fevereiro do ano da colheita apresenta os melhores resultados: tanto por esse índice como pelos erros percentuais (quadros 3, 4 e 5), esse modelo fornece resultados melhores do que as previsões levadas a campo pelo IEA/CATI. A seguir viriam os modelos maio-fevereiro, maio-dezembro e janeiro-setembro. O modelo com dados de deficiência agregada do período janeiro-setembro apresenta erro percentual médio de 19%, embora o coeficiente de desigualdade indique superioridade sobre o modelo com dados mês a mês do mesmo período.

Através dos modelos aqui apresentados, é possível obter-se previsões sobre o rendimento do café que é colhido normalmente nos meses de maio e junho, em setembro do ano anterior, uma reavaliação em dezembro e outra em fevereiro, esta última cerca de nove meses antes do IEA tornar disponível sua estimativa final e melhor do que as previsões feitas em fevereiro e abril com dados de levantamentos de campo (figuras 3 e 4).

## 5 - CONCLUSÕES

A metodologia seguida possibilitou a obtenção de modelos abrangentes e operacionais para a previsão do rendimento do café no Estado de São Paulo. Utilizando dados facilmente disponíveis e cobrindo todo o Estado, as equações ajustadas fornecem previsões nos meses de setembro, dezembro e fevereiro, o que representa uma antecipação de 9 a 14 meses em relação à estimativa final da safra publicada pelo IEA/CATI; o modelo terminado no mês de fevereiro fornece previsões melhores do que o levantamento de campo efetuado em abril.

Pelos resultados obtidos é possível concluir que os meses de maio, junho, setembro, novembro e fevereiro são os mais críticos para a cultura em relação à deficiência hídrica, nas condições médias do Estado de São Paulo. A ocorrência de geadas, representada por variável "dummy", apareceu como responsável por quebras de 2 a 4 sacas de 60kg (beneficiadas) por mil pés.

A boa qualidade dos modelos estimados sugere que essa metodologia pode ser utilizada com grandes possibilidades de sucesso para a maioria das culturas do Estado e de regiões com condições climáticas similares.

QUADRO 3.- Previsões e Estimativa Final do Rendimento do Café, Estado de São Paulo,  
1956-84  
(em sc. 60kg beneficiado/1.000 pés)

Ano	Previsões do IEA			Previsões dos modelos				
	Fev.	Abr.	Final	Mai-Dez	Mai-Fev	Jan-Set	Mar-Fev	Jan-Set(A)
1956	5,429	-	4,567	4,658	4,271	4,819	4,039	4,380
1957	6,672	-	7,258	7,993	9,038	8,679	8,087	8,027
1958	-	-	7,143	7,996	6,215	6,253	8,079	8,967
1959	8,786	-	9,357	8,643	8,630	9,225	8,971	8,612
1960	-	7,132	7,206	5,914	6,677	5,775	5,908	6,500
1961	-	9,692	9,154	9,420	10,623	9,809	9,608	7,961
1962	4,348	4,696	5,043	7,190	5,433	5,619	6,598	7,024
1963	11,100	10,997	10,380	10,170	9,509	9,294	10,434	10,352
1964	2,703	2,703	2,250	2,095	1,906	3,340	2,150	2,017
1965	14,675	14,675	15,195	11,406	14,257	13,499	12,248	10,529
1966	9,333	8,667	8,267	8,009	7,972	8,266	7,876	7,636
1967	12,325	12,605	11,905	10,711	11,715	10,580	11,687	11,335
1968	6,812	6,812	6,667	9,534	8,278	9,051	8,642	10,706
1969	8,551	9,531	9,844	10,694	10,327	12,170	9,967	11,625
1970	6,114	6,750	6,750	7,858	7,903	6,744	7,675	7,270
1971	15,116	14,286	16,032	14,725	15,314	14,013	16,178	14,663
1972	10,143	10,286	15,000	14,279	14,802	14,211	15,665	13,731
1973	11,143	10,364	11,784	12,737	12,517	12,558	12,185	13,835
1974	12,179	12,250	15,310	13,107	12,793	13,943	11,458	12,323
1975	10,561	10,454	10,606	10,289	10,103	10,930	10,087	10,296
1976	3,894	3,453	3,046	3,942	3,099	2,874	3,857	5,594
1977	10,917	11,013	11,075	14,899	11,515	13,107	12,359	14,476
1978	10,507	10,267	12,051	11,980	12,455	11,978	12,463	10,369
1979	10,892	11,445	12,147	12,522	13,817	13,607	13,361	11,668
1980	8,553	10,128	9,548	7,937	9,349	8,455	8,903	7,604
1981	13,313	12,996	12,610	11,935	12,254	12,312	11,513	10,610
1982	7,815	7,456	7,382	5,538	6,673	5,840	5,970	7,159
1983	9,685	10,201	9,378	10,005	9,490	8,942	10,969	10,390
1984	9,115	9,864	9,279	9,913	9,160	10,203	9,163	10,441

Fonte: Levantamentos de Previsões e Estimativas das Safras no Estado de São Paulo, realizados pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) e Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) e resultados dos modelos.

QUADRO 4.- Erros Percentuais de Previsões de Rendimento do Café, Estado de São Paulo, 1962-84

Ano	Previsões do IEA		Previsões dos modelos				
	Fev.	Abr.	Mai-Dez	Mai-Fev	Jan-Set	Mar-Fev	Jan-Set(A)
1962	-13,8	- 6,9	42,6	30,8	11,4	7,7	39,3
1963	6,9	5,9	- 2,0	0,5	-10,5	- 8,4	- 0,3
1964	20,1	20,1	- 6,9	- 4,4	48,4	-15,3	-10,4
1965	- 3,4	- 3,4	-24,9	-19,4	-11,2	- 6,2	-30,7
1966	12,9	4,8	- 3,1	- 4,7	0,0	- 3,6	- 7,6
1967	3,5	5,9	-10,0	- 1,8	-11,1	- 1,6	- 4,8
1968	2,2	2,2	43,0	29,6	35,8	24,2	60,6
1969	13,1	3,2	8,6	1,2	23,6	4,9	18,1
1970	- 9,4	0,0	16,4	13,7	- 0,1	17,1	7,7
1971	- 5,7	-10,9	- 8,1	- 0,9	-12,6	- 4,5	- 8,5
1972	-32,4	-31,4	- 4,8	- 4,4	- 5,3	- 1,3	- 8,5
1973	- 5,4	-12,0	8,1	3,4	6,6	6,2	17,4
1974	-20,4	-20,0	-14,4	-25,2	- 8,9	-16,4	-19,5
1975	- 0,4	- 1,4	- 3,0	- 4,9	3,0	- 4,7	- 2,9
1976	27,8	13,4	29,4	26,6	- 5,6	1,7	83,6
1977	- 1,4	- 0,6	34,5	11,6	18,3	4,0	30,7
1978	-12,8	-14,8	- 0,6	3,4	- 0,6	3,3	-14,0
1979	-10,3	- 5,8	3,1	10,0	12,0	13,7	- 3,9
1980	-10,4	6,1	-16,9	- 6,8	-11,4	- 2,1	-20,4
1981	5,5	3,0	- 5,4	- 8,7	- 2,4	- 2,9	-15,9
1982	5,9	1,0	-25,0	-19,1	-20,9	- 9,6	- 3,0
1983	3,3	8,8	6,7	17,0	- 4,6	1,2	10,8
1984	1,8	6,3	6,8	- 1,3	-10,0	- 1,3	12,5

Fonte: Levantamentos de Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas no Estado de São Paulo, realizados pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) e Coordenadoria de Assistência Integral (CATI), e resultados dos modelos.



QUADRO 5.- Coeficiente de Desigualdade de Theil (U) e Erro Percentual Médio (E) de Previsões de Rendimento do Café, Estado de São Paulo, 1962-84

Previsões	U	E (1)
Previsões do IEA		
Fevereiro	0,18	9,95
Abril	0,16	8,17
Previsões dos Modelos		
M-D	0,24	14,10
M-F	0,19	10,84
J-S	0,51	11,93
M-F	0,12	7,04
J-S(A)	0,30	18,74

(1) Erro em módulo.

Fonte: Levantamentos de Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas no Estado de São Paulo, realizados pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) e Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), e resultados dos modelos.

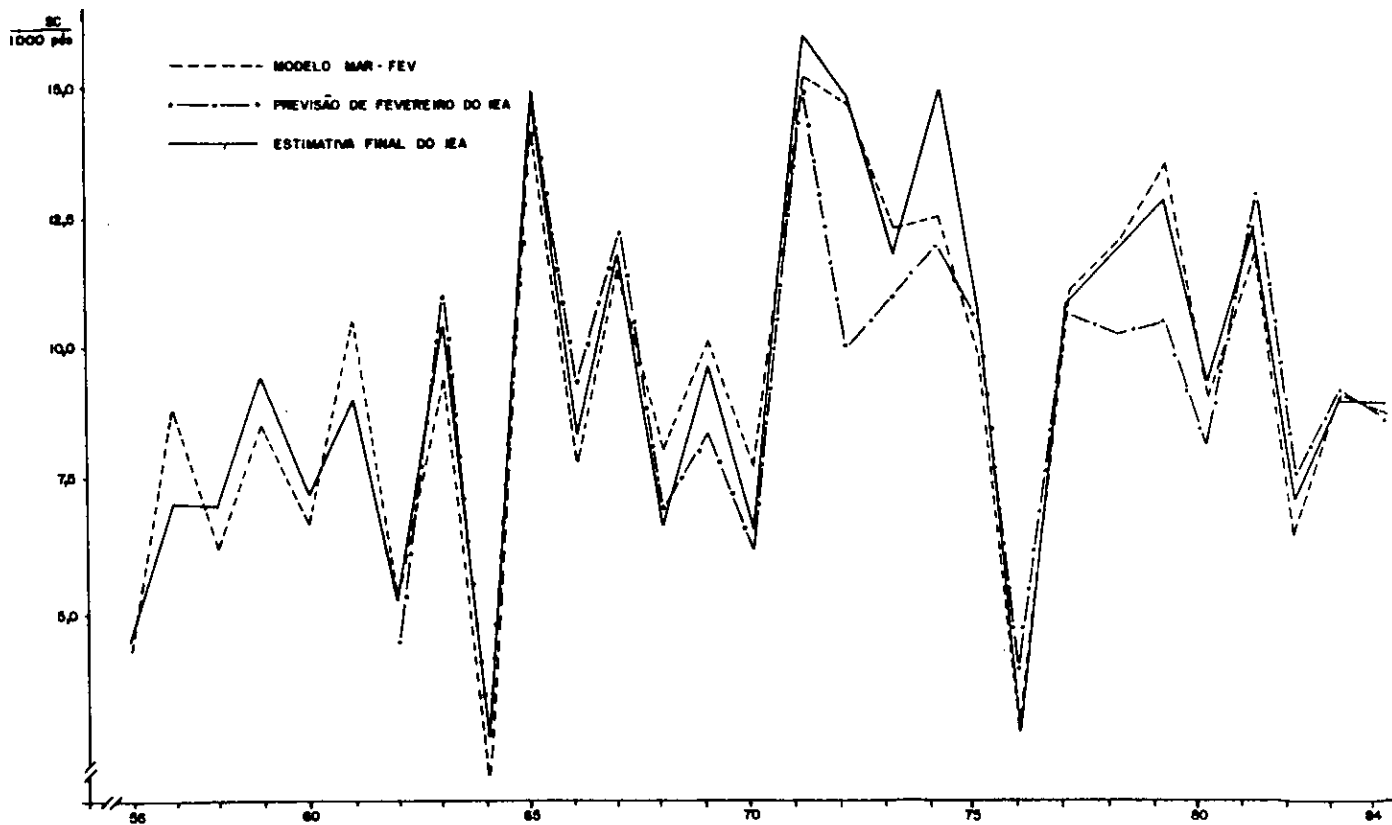


FIGURA 3. - PREVISÕES E ESTIMATIVA FINAL DO RENDIMENTO DO CAFÉ, ESTADO DE SÃO PAULO, 1956 - 84.

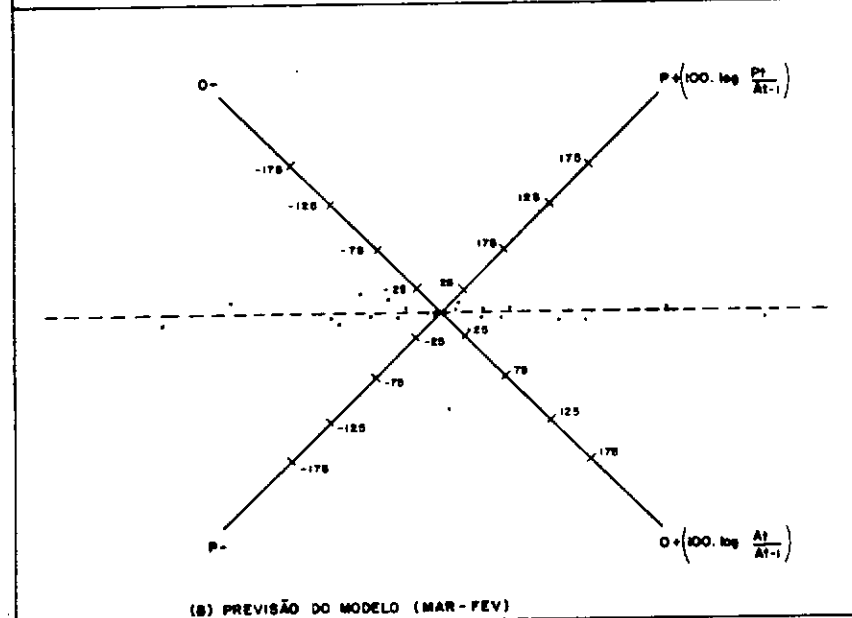
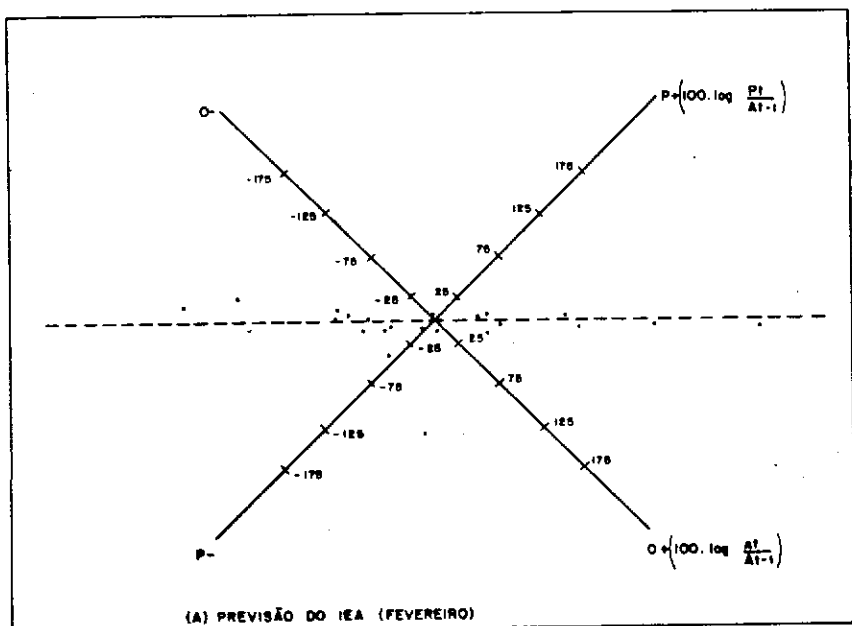


FIGURA 4 - DIAGRAMA DE PREVISÃO E REALIZAÇÃO, RENDIMENTO DO CAFÉ, ESTADO DE SÃO PAULO, 1962 - 84

## LITERATURA CITADA

1. ALFONSI, R.R. et alii. Previsão de safras - mesa redonda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3., Campinas, 1983. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1984. p. 347-365.
2. BRUNINI, D. et alii. Teste de um modelo agroclimático que relacione o regime pluviométrico com as variações da produtividade agrícola. Brasília, Ministério da Agricultura, Comissão de Financiamento da Produção, 1982. 46p. (Coleção Análise e Pesquisa, 24)
3. CAMARGO, A.P. Balço hídrico no Estado de São Paulo. 3.ed. Campinas, Secretaria de Agricultura, Instituto Agrônomo, 1971. 24p. (Boletim 116)
4. \_\_\_\_\_. O clima do Estado de São Paulo e a cafeicultura. Campinas, Secretaria da Agricultura, Instituto Agrônomo, 1966. 19p. (Boletim 163)
5. \_\_\_\_\_. O clima e a cafeicultura no Brasil. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 11(126):13-26, jun. 1985.
6. \_\_\_\_\_. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 21:163-214, 1962.
7. CAMARGO, M.B.P. et alii. Relações entre a precipitação pluviométrica e a produtividade do cafeeiro. Ecossistema, Espírito Santo do Pinhal, 9: 165-171, 1984.
8. CAMPOS, V.P. et alii. Nematóides parasitas do cafeeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 11(126): 50-58, jun. 1985.
9. 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)

10. CHALFOUN, S.M. & ZAMBOLIM, L. Ferrugem do cafeeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 11(126): 42-46, jun. 1985.
11. FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Distribuição e concentração mensal do plantio e da colheita de produtos vegetais. Rio de Janeiro, FGV, 1979. 40p.
12. \_\_\_\_\_. Distribuição e sazonalidade da produção agrícola. Rio de Janeiro, FGV, 1980. 112p.
13. GONÇALVES, W. et alii. Estimativas de danos ocasionados pelos nematóides do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 6., Ribeirão Preto, 1978. Resumos. Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1978. p. 182-186.
14. HOFFMANN, R. & VIEIRA, S. Análise de regressão: uma introdução à econometria. São Paulo, Ed. Hucitec/Ed. Universidade de São Paulo, 1977. 339p.
15. INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO 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)
16. MORAES, S.A. A ferrugem do cafeeiro: importância, condições predisponentes, evolução e situação no Brasil. Campinas, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Instituto Agrônomo, 1983. 50p. (Circular 119).
17. MOTA, F.S. Índice de seca para soja: contribuição para um modelo de previsão do rendimento da soja no Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 16(3): 371-383, 1981.
18. NIE, N.H. et alii. Statistical package for the social sciences. 2ªed. New York, McGraw-Hill, 1975. 675p.
19. ORTOLANI, A.A. et alii. Parâmetros climáticos e a cafeicultura. Rio de Janeiro, IBC, 1970. 27p.

20. RENA, A.B. & MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. Informe Agropecuário Belo Horizonte, 11(126): 26-40, jun. 1985.
21. SANTOS, M.J.Z. Análise ecométrica da produção canavieira paulista. Revista de Geografia, São Paulo, 8(15/16):75-104, 1983.
22. SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura. Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo, 1974. v.1.
23. SILVA, G.L.S.P.; CASER, D.V.; VICENTE, J.R. Efeitos das condições do tempo sobre a produtividade agrícola no Estado de São Paulo. Revista de Economia Rural, Brasília, 23(1): 3-19, jan./mar. 1985.
24. THEIL, H. Applied economic forecasting. Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1966. 474p.
25. THOMAZIELLO, R.A. et alii. A cultura do café no Estado de São Paulo. Campinas, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, CATI, 1983. 20p.
26. THORNTWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance. Centerton, Laboratory of Climatology, 1955. 104p.
27. TIMM, J.V.C.S., coord. As estatísticas agrícolas brasileiras painel especial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 21., Brasília, 1983. Anais. Brasília, SOBER, 1983. p.157-255.
28. TOSELLO, R.N. & ARRUDA, H.V. Correlação entre estimativas oficiais de produção de café e precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 21: 449-465, 1962.

## R E S U M O

O objetivo desse trabalho foi o de sugerir e testar modelos capazes de prever a produtividade agrícola em função das condições do tempo. A aplicação do método à cultura do café no Estado de São Paulo, propiciou resultados animadores, fornecendo previsões antecipadas em relação às baseadas em levantamentos de campo e, em alguns casos, melhores do que estas últimas. Os resultados sugerem grande sensibilidade do rendimento do café à ocorrência de geadas e de deficiências hídricas nos meses de maio, junho, setembro, novembro e fevereiro.

## S U M M A R Y

The objective of this paper was to suggest and to test models to forecast agricultural yield in function of weather conditions. The application of the method to the coffee crop in the State of São Paulo produced encouraging results, supplying anticipated predictions, in relation to those based on field surveys and in some cases better than those. The results suggest great sensibility of coffee yield to frost occurrence, and hydric deficiency in May, June, September, November and February.

**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

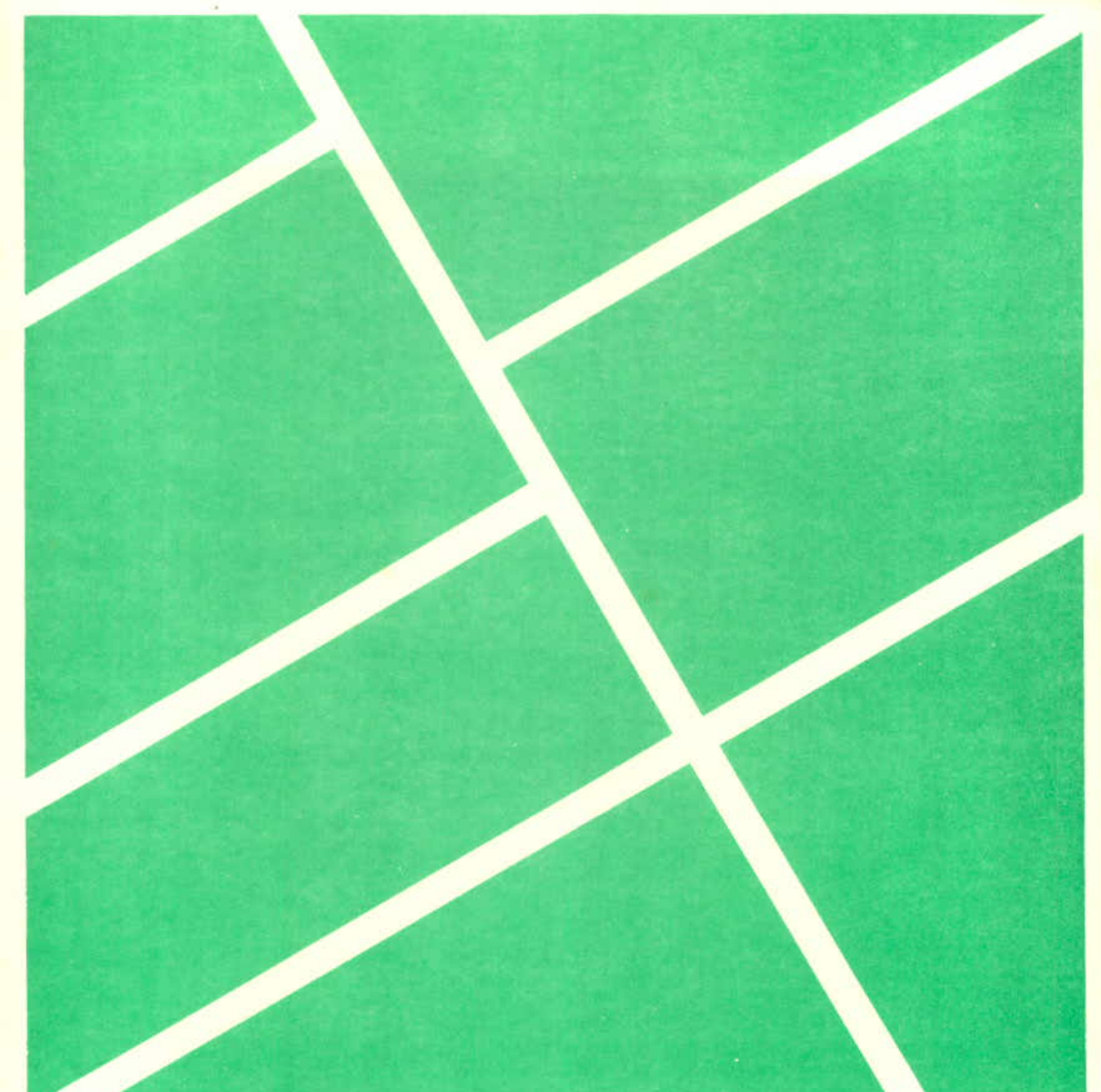




Relatório de Pesquisas  
Nº 13/8

Governo do Estado de São Paulo  
Secretaria de Agricultura e Abastecimento  
Coordenadoria Sócio-Econômica

Instituto de Economia Agrícola



**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**

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

Governo do Estado de São Paulo  
Secretaria de Agricultura e Abastecimento  
Coordenadoria Sócio-Econômica

Instituto de Economia Agrícola



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

ISSN 0101-5109  
Relatório de Pesquisa  
13/86

**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**

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

São Paulo  
1986

## ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO .....	1
2 - OBJETIVOS .....	3
3 - METODOLOGIA .....	3
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
4.1 - Tendências do Rendimento do Café .....	12
4.2 - Ciclo Biológico e Exigências Climáticas do Café .....	13
4.3 - Modelos de Previsão do Rendimento do Café .....	14
4.3.1 - Resumo de tentativas anteriores .....	14
4.3.2 - Modelos selecionados neste estudo .....	15
5 - CONCLUSÕES .....	19
LITERATURA CITADA .....	25
RESUMO .....	28
SUMMARY .....	28

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 (1)

Gabriel Luiz Seraphico Peixoto da Silva (2)

José Roberto Vicente

Denise Viani Caser

1 - INTRODUÇÃO

O processo de produção na agricultura é fortemente condicionado pelos ciclos biológicos das culturas e, portanto, depende em grau elevado das condições do tempo atmosférico durante as diversas fases daqueles ciclos.

Essa característica faz com que o planejamento na agricultura, mais que em outros setores da economia, deva considerar essa fonte de incerteza. E isso é importante, não apenas para o setor agrícola, mas também para o conjunto da economia, cujo desempenho pode ser perturbado por choques de oferta provenientes da agricultura, se as condições do tempo forem extremamente adversas.

Variações do tempo podem provocar flutuações das ofertas dos produtos agrícolas e, em consequência, bruscas oscilações de seus preços e da renda dos produtores; podem comprometer a regularidade do abastecimento interno e das exportações; e podem ainda afetar a estabilidade dos preços em geral.

Normalmente tenta-se minorar esses problemas através da formação de estoques reguladores, administração de preços, regulamentação do comércio exterior e de outras medidas que dependem, para o seu bom funcionamento, de informações precisas sobre a magnitude das safras, influenciada pelas con

---

(1) Os autores agradecem à programadora Vera Lúcia Ferraz dos Santos e aos Auxiliares Agropecuários José Antonio Marinovic Doro e Mário Pires de Almeida Olivetti; agradecem também à Fundação Cargill, à Seção de Climatologia do Instituto Agrônomico de Campinas e ao Instituto Nacional de Meteorologia (79 DISME).

(2) Pesquisadores-Científicos do Instituto de Economia Agrícola. O primeiro autor é também Professor da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo e bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

dições do tempo, a cada ano.

Para atender a essa demanda, grandes esforços vêm sendo feitos no sentido de obter previsões antecipadas e estimativas finais confiáveis sobre o volume da produção agrícola. No Estado de São Paulo, a Secretaria de Agricultura e Abastecimento levanta, elabora e publica previsões e estimativas de safra desde a década de 40. Esses levantamentos, que atualmente são elaborados pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) e pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), são realizados presentemente nos meses de setembro, novembro, fevereiro, abril e junho.

As fontes de informações são: a) questionários respondidos por engenheiros agrônomos sobre a produção global de cada município do Estado; b) questionários respondidos diretamente por agricultores sobre a produção em uma amostra geral de propriedades rurais, com número de elementos variando de 3.000 a 6.000, aproximadamente; c) questionários respondidos diretamente por agricultores sobre a produção em amostras específicas, com diferentes tamanhos, de propriedade rurais que se dedicam ao cultivo de produtos selecionados.

Os dados publicados (boletim mensal "Informações Econômicas") são fruto da compatibilização dos resultados desses diferentes levantamentos, cuja importância relativa tem variado ao longo do tempo. Tais dados vêm sendo aproveitados como subsídio para formulação de políticas pelo setor público, como auxílio aos agricultores e entidades privadas no planejamento de suas atividades e como suporte para pesquisas científicas.

Por outro lado, algum esforço no sentido de obter modelos que antecipem áreas e produções vem sendo realizado. Particularmente no caso de variações do tempo influenciando a produtividade agrícola, tais tentativas, embora apresentem resultados animadores, têm se restringido quase sempre a modelos com pequena abrangência regional ou muito exigentes em dados, o que tem impossibilitado uma aplicação mais ampla, capaz de cobrir todo o Estado, como seria desejável.

Parece que se justifica, portanto, uma tentativa de fornecer previsões de produtividade agrícola, para as principais culturas, com modelos que associem o rendimento a variações do tempo e que sejam operacionais, exigindo dados que possam ser facilmente obtidos, com um custo infinitamente menor do que os levantamentos de campo, e fornecendo boas previsões de produtividade de com maior antecipação.

A ampliação do número de estudos sobre previsão de safras com base em variáveis meteorológicas foi considerada como prioritária pelo corpo de pesquisadores presentes ao III Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (1). E sem dúvida esse é o caminho para o aprimoramento das estatísticas agrícolas conjunturais, considerado essencial pelos participantes do XXI Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural (27).

## 2 - OBJETIVOS

Pretende-se no presente estudo propor uma metodologia para desenvolver modelos capazes de fornecer, antecipadamente e à época da colheita, estimativas de rendimentos dos principais produtos agrícolas do Estado de São Paulo, em função das condições do tempo prevalecentes durante os respectivos ciclos produtivos, e testá-la para a cultura do café.

Adicionalmente, pretende-se comparar as estimativas fornecidas por esses modelos com as resultantes de levantamentos de campo, realizados em épocas compatíveis com os períodos neles considerados, pelo Instituto de Economia Agrícola e Coordenadoria de Assistência Técnica Integral.

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

## 3 - METODOLOGIA

É conveniente iniciar a análise dos efeitos das variações do tempo sobre o rendimento das culturas 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, en

quanto 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 desses 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 ao longo do 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 unidade de produto, resulta também em ganhos de produtividade, especialmente a longo prazo.

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

Face à complexidade do fenômeno, fica clara a conveniência de 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.

No caso deste 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 das culturas podem afetar os rendimentos. De outra parte, as condições do solo e do clima, particularmente do primeiro, não são constantes no tempo. Em conseqüência, 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 da fertilidade natural do solo, mudanças continuadas na localização das culturas e outros fatores capazes de afetar o rendimento, associados ao tempo histórico.

A forma geral dos modelos foi assim reduzida à expressão:

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

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

Seguindo o caminho adotado em estudo anterior, que procurou medir o efeito do tempo sobre a produtividade agrícola agregada no Estado de São Paulo (23), as condições meteorológicas foram incluídas nos modelos basicamente através de uma variável derivada, a deficiência hídrica.

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

A deficiência hídrica constitui importante condicionante do rendimento agrícola 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 comprimento do dia determinam a evapotranspiração potencial. Precipitação pluviométrica e água armazenada no solo condicionam 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 e a evapotranspiração o consumo de água, considerando-se uma determinada capacidade de armazenamento de água no solo, em condições de ser extraída pelas plantas.

O balanço hídrico vem sendo freqüentemente usado em estudos climáticos no Brasil, desde os trabalhos de CAMARGO (3, 4, 6), ORTOLANI et alii (19) e outros autores. Nesse caso é naturalmente calculado com base nas normais, isto é, nos valores médios da temperatura e da precipitação mensais, durante

longo intervalo de tempo.

Como neste estudo o foco de interesse não é a condição média do tempo, mas sim suas variações, que determinam flutuações da produtividade agrícola, o balanço hídrico foi calculado seqüencialmente, mês após mês, ano após ano, seguindo-se o método de THORNTWAITE & MATHER (26) e o roteiro proposto por ORTOLANI et alii (19). Diversos autores vêm utilizando este procedimento, podendo-se mencionar, entre outros, TOSELLO & ARRUDA (28), IPEA (15), MOTA (17), BRUNINI et alii (2), SANTOS (21), CASER & VICENTE (9), SILVA; CASER; VICENTE (23).

Em alguns dos 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.

No cálculo das deficiências hídricas foram consideradas diferentes capacidades de armazenamento de água pelo solo: 50mm, 100mm, 125mm, e 150mm.

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 (22). 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 (DIRAs) de São Paulo e Vale do Paraíba devido à pequena participação de ambas, inferior a 10% para a cultura estudada. A figura 1 e o quadro 1 mostram as regiões consideradas e a localização dos postos meteorológicos que as representam.

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

Como já se mencionou, além da deficiência hídrica, inclui-se a ocorrência de geadas fortes e moderadas, fenômeno capaz de afetar severamente o rendimento agrícola, particularmente no caso de culturas sensíveis como o café.

Os dados meteorológicos primários - temperatura e precipitação - foram obtidos no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), no Instituto Nacio

QUADRO 1.- Postos Meteorológicos Utilizados e Respectives Divisões Regionais  
Agrícolas Representadas

Posto meteorológico	Instituição responsável	DIRAs representadas
Araçatuba	CATI-INEMET (1)	Araçatuba e Pres. Prudente
Bauru	CATI-INEMET (2)	Bauru, Marília e P.Prudente
Campinas	IAC	Campinas e Sorocaba
Limeira	IAC	Campinas
Mococa	IAC	Ribeirão Preto
Pindorama	IAC	S. José do Rio Preto
Ribeirão Preto	IAC	Ribeirão Preto
Tietê	IAC	Bauru

(1) A partir de 1977 os dados do INEMET foram completados com dados da CATI.

(2) A partir de 1980 os dados do INEMET foram completados com os dados da CATI.

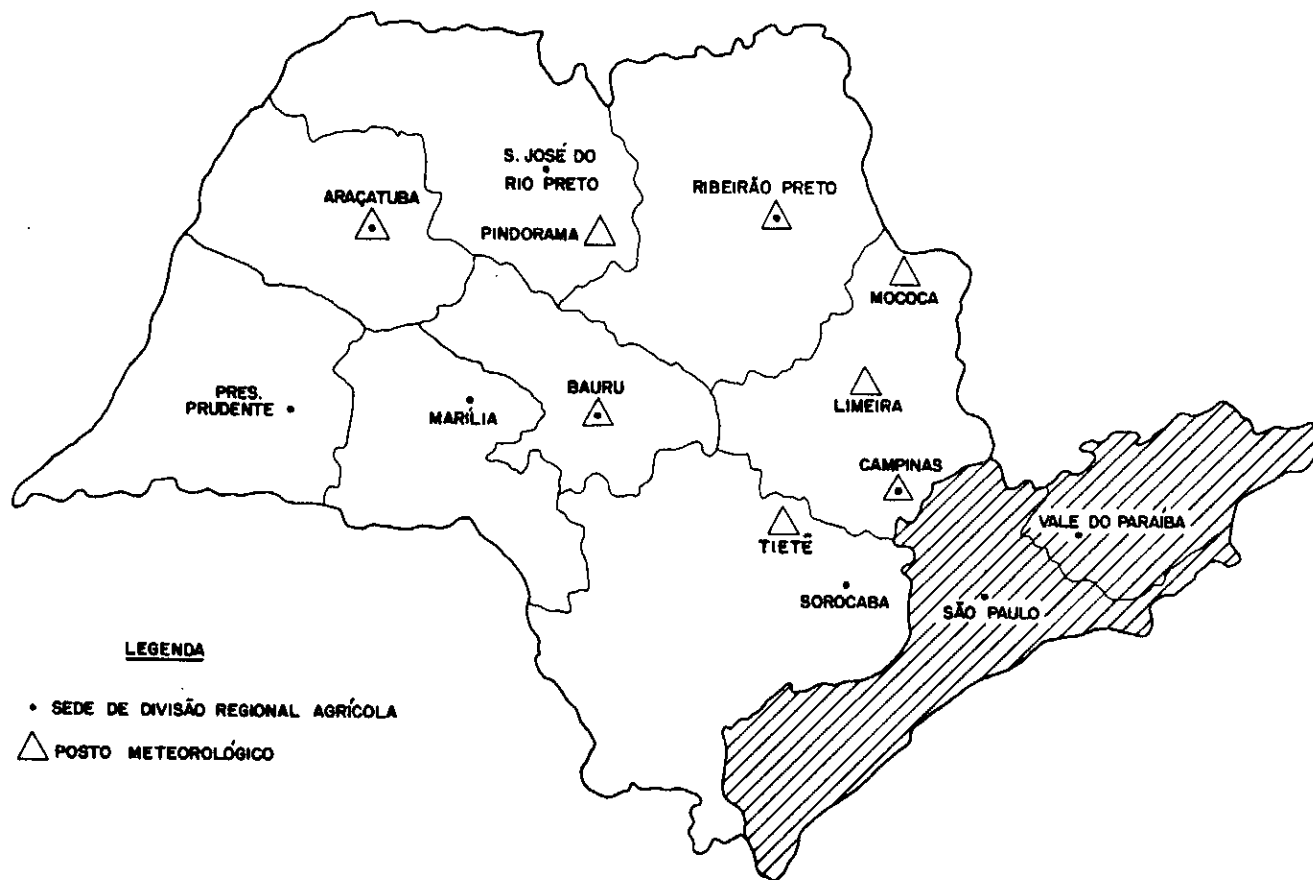


FIGURA 1.- LOCALIZAÇÃO DAS DIVISÕES REGIONAIS AGRÍCOLAS E POSTOS METEOROLÓGICOS

nal de Meteorologia e na CATI. Os pesos usados para ponderar as deficiências foram calculados com base em dados do IEA. O rendimento do café 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 em módulo (E) e o coeficiente de desigualdade (U) de THEIL (24).

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

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

$P_t$  - valor previsto

$A_t$  - valor realizado

t - período de tempo

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 igualdade de Theil é um indicador de acurácia das variações previstas entre períodos:

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

$\Delta P_t$  - 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 THE IL (24), baseado no uso de logaritmos naturais.

Assim, como demonstra aquele autor,

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

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

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

Para ilustração foram utilizados diagramas de séries temporais, previstas e observadas, e diagramas de previsão-realização de THE IL (24).

O diagrama de previsão-realização utiliza um sistema de eixos cartesianos onde cada ponto corresponde a um par de variações sendo uma prevista e outra realizada. Os pontos da bissetriz dos quadrantes de mesmos sinais correspondem a previsões perfeitas. Os erros por superestimação, subestimação e mudança de sentido podem ser visualizados pela posição dos pontos no diagrama (figura 2).

Os diagramas de séries temporais previstas e observadas foram construídos com escala normalizada, de forma a permitir comparações em termos de variações dos rendimentos observados e dos previstos, entre os diferentes produtos.

Diagramas de séries temporais observadas também foram úteis na especificação dos modelos. Assim, para verificar se os rendimentos observados justificavam a inclusão de mais de uma variável tendência, construíram-se diagramas com médias trienais e quinzenais de produtividade. Nos casos em que esses diagramas demonstraram claramente a necessidade de duas tendências, adotou-se o procedimento de ajuste de poligonal (14), em que uma das

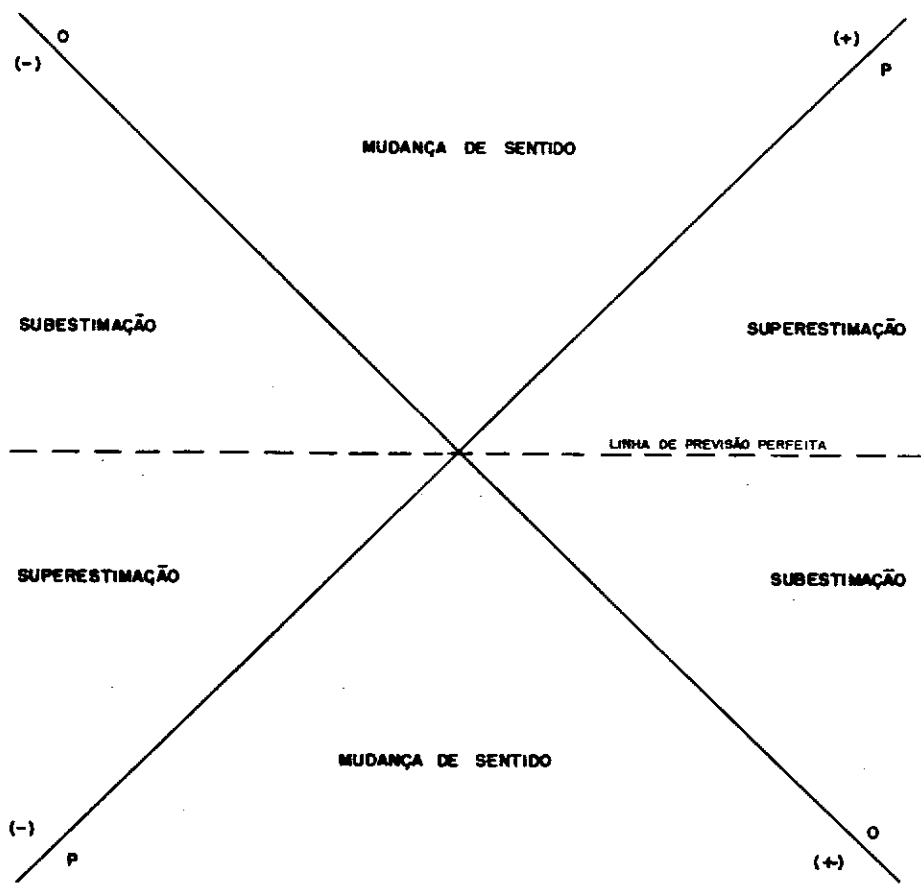


FIGURA 2. - DIAGRAMA DE PREVISÃO E REALIZAÇÃO DE MUDANÇAS DE THEIL.

variáveis cresce em um período e depois tem seu valor mantido e repetido, enquanto que a outra é considerada como zero durante o período de variação da primeira, passando a crescer quando essa se estabiliza.

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1 - Tendências do Rendimento do Café

O rendimento da cultura em São Paulo, em termos de produção por pé, atingiu um máximo no ano agrícola 1970/71 e a partir daí tem experimentado quedas sucessivas, sendo que desde 1975 não é atingido o nível de 15 sacas de 60kg beneficiadas por mil pés. Diversos fatores têm sido levantados para explicar essa queda de rendimento. A partir de 1969/70, com os Planos de Renovação e Revigoração dos Cafezais (PRRCs), houve expansão da cultura para áreas de cerrado, principalmente na região de Ribeirão Preto, que recebeu mais de 25% dos financiamentos para plantio de café no Estado com recursos dos PRRC e esses solos são via de regra menos férteis do que aqueles que recebiam a cultura até então. Em 1978, segundo levantamentos do IEA, quase 30% dos cafeeiros de São Paulo haviam ultrapassado os 15 anos; isso representava 260 milhões de pés em franca decadência, com baixa produtividade e plantados em sistemas ultrapassados, que inviabilizavam técnicas modernas de condução. Os solos das regiões mais tradicionais eram cultivados de maneira predatória, estando desgastados por erosão e apresentando gradativa diminuição de fertilidade (25).

Também a partir do início da década de 70, a cultura passou a sofrer os efeitos da ferrugem (*Hemilêia Vastatrix*) que foi constatada em São Paulo em 1971 (16) e do nematóide *Meloidogyne incôgnita*, cuja descoberta no Estado data de 1970 (8). Os danos ocasionados pela ferrugem são de difícil mensuração; de 1970 a 1975, o controle fitossanitário foi, em geral, bem efetuado, mas com a geadas de 1975 e secas nos três anos subsequentes que são desfavoráveis ao patógeno, houve certa tendência dos agricultores despreocuparem-se com a doença. As perdas previstas para a safra 1980/81 devido à ferrugem foram novamente mascaradas pela ocorrência de geadas, e os anos subsequentes foram novamente desfavoráveis ao fungo por causa de secas; de qualquer forma, técnicos estimam que perdas de 20% a 30% podem



ocorrer sem controle efetivo (10, 25). Quanto ao nematóide M. incognita, com o qual parece ser impossível a convivência econômica da cafeicultura, já em 1978 havia sido constatada sua presença em regiões que respondem por 90% do parque paulista, transformando-o de longe no mais importante causador das perdas de produção atribuídas a nematóides e que são estimadas em 20% (13, 16).

Ainda com respeito à evolução do rendimento deve-se assinalar que as previsões e estimativas de safras de café do Estado de São Paulo, realizadas atualmente pelo IEA/CATI, apresentam dados sobre pés novos sem produção a partir do ano agrícola 1968/69, portanto, as séries de rendimento disponíveis até esse ano não refletem exatamente a produtividade da cultura, que está subestimada em grau variável, dependendo da existência maior ou menor de pés novos sem produção.

#### 4.2 - Ciclo Biológico e Exigências Climáticas do Café

O café cultivado com finalidade comercial no Brasil floresce na primavera, frutifica no verão, amadurece no outono e é colhido no inverno; em São Paulo a colheita acontece nos meses de junho (26% a 38%) e julho (48% a 56%), segundo dados dos censos agropecuários (11, 12).

A faixa térmica mais adequada ao café arábica (*Coffea arábica* L.) parece estar entre 18°C e 22°C. As condições de umidade no solo são também fundamentais: o cafeeiro para vegetar e frutificar necessita encontrar umidade elevada no solo, mas na estação de colheita e abotoamento da planta essa umidade pode cair bastante sem maiores problemas para o rendimento. O fenômeno microclimático mais importante para a cultura é a ocorrência de geada, que é uma queda extrema de temperatura acompanhada ou não de depósito de gelo nas superfícies expostas. Os danos causados por geada são intensos, refletindo-se em violentas quedas de produção nos anos subsequentes à sua ocorrência. Quanto maior for a queda de temperatura, abaixo do limite do ponto de congelamento interno (-3° a -4°C), mais graves e extensos serão os danos (5).

As deficiências hídricas no solo têm reflexos negativos sobre o sistema radicular e sobre a área foliar média. O efeito de déficits hídricos sobre a iniciação floral parecem contraditórios: um período de seca parece ser importante nessa fase, para quebrar a dormência dos botões flo

rais. A floração propriamente dita é provocada pelas primeiras chuvas da estação, após o período seco. Após a florada, deficiências de água predispõem os cafeeiros à atrofia, assim como o excesso de chuvas. Na fase de desenvolvimento inicial, 8 a 12 semanas após o florescimento, os frutos são tão sujeitos a cair, especialmente sob o efeito de tensões hídricas (20).

É consensual entre cafeicultores que secas no final da maturação, que antecipam a colheita, são benéficas para a produtividade do ano seguinte, já que a planta tem mais tempo para se recuperar e sofre menos "stress" do que em processos de colheita mais prolongados.

Da mesma forma, é bem conhecido o ciclo bienal da cultura, onde colheitas abundantes são seguidas de resultados menos expressivos, devido à concorrência entre as funções vegetativas e reprodutivas de forma que, nos anos de grande produção, o crescimento dos frutos absorve a maior parte da atividade da planta, prejudicando seu desenvolvimento vegetativo; a safra do ano seguinte teria, então, produção menor, uma vez que as inflorescências se formam nas axilas das folhas dos ramos laterais crescidos na estação anterior (28, 20).

Apesar da importância do café no Brasil, praticamente inexistem trabalhos associando variáveis climáticas com a fenologia do cafeeiro e sua produção econômica (7).

#### 4.3 - Modelos de Previsão de Rendimento do Café

##### 4.3.1.- Resumo de tentativas anteriores

O IPEA (15) conseguiu um modelo razoável ( $R^2 = 0,70$ ) relacionando a produtividade do café no Paraná e em São Paulo à temperatura do plantio ao florescimento e à ocorrência de geadas, representadas por variável "dummy". Não foram encontrados resultados significativos na inclusão de deficiências hídricas (considerando uma capacidade de armazenamento de água de 125mm) no florescimento nem em tentativas de representação do ciclo bienal.

TOSELLO & ARRUDA (28) sugeriram que médias bienais de rendimento de café no Estado de São Paulo (com dados de 14 municípios representativos)

podem ser explicados por modelos relacionando-os à precipitação no período abril-setembro ou mesmo junho-setembro. Tentaram também utilizar deficiências hídricas totais calculadas pelo método de Thorntwaite, que forneceram resultados aparentemente melhores que os de precipitação no período julho-setembro e piores do que os de precipitação no período abril-setembro. Os resultados melhores foram conseguidos para os grupos de municípios com produções médias mais elevadas. Naturalmente, devido à não inclusão de outras variáveis (por exemplo, tendência), os modelos não eram adequados à obtenção de boas previsões de produção, mas indicaram caminho promissor a ser melhor explorado.

CAMARGO et alii (7) utilizaram modelos de regressão para estudar o efeito da pluviosidade na produtividade de cafeeiros do cultivar Mundo Novo, nas Estações Experimentais de Mococa e Ribeirão Preto, Estado de São Paulo. Trabalharam com pluviosidade durante o ano agrícola, compreendendo o período de maio do ano anterior à colheita até junho do ano da colheita, dividindo os dados em períodos trimestrais. Obtiveram os melhores resultados com o trimestre julho-agosto-setembro, que corresponderia às fases fenológicas de "abotoamento" e florescimento. Para Ribeirão Preto foram também obtidas correlações entre a produtividade e os trimestres outubro-novembro-dezembro (florescimento e formação de "chumbinho") e novembro-dezembro-janeiro (formação de "chumbinho" e granação). Além da precipitação pluviométrica trimestral, o modelo incluía a frequência de chuvas por trimestre e a produtividade obtida no ano anterior, para representação do ciclo bienal. Os resultados obtidos foram bons em termos de coeficiente de determinação (0,83 para Mococa e 0,87 para Ribeirão Preto), mas o parâmetro estimado de frequência de chuvas apresenta sinal negativo, o que parece problemático, pois é difícil compreender por que maior frequência de chuvas prejudicaria a produção, quando a deficiência hídrica tem esse mesmo efeito. Além disso, os autores comentam que a generalização dos resultados para o Estado inteiro exigiria continuação do estudo, pois o modelo foi ajustado para duas localidades apenas.

#### 4.3.2 - Modelos selecionados neste estudo

Tratando-se de cultura perene, normalmente tender-se-ia a iniciar o estudo dos efeitos das deficiências hídricas sobre a produtividade

a partir do final da colheita de um ano, estendendo o período analisado até a colheita subsequente. Porém, no caso do café, existem evidências de que, mesmo anteriormente à colheita de um ano, as condições do tempo estão afetando a produtividade do ano seguinte; em consequência, neste estudo decidiu-se retroceder a janeiro o início do período considerado.

A ocorrência de geadas é o fenômeno que mais duramente atinge a cafeicultura. Para representar seus efeitos sobre a produtividade, introduziram-se nos modelos variáveis "dummy", que assumem valor 1, em anos subsequentes aos de ocorrência do fenômeno, e zero nos demais. Como as geadas variam em abrangência e intensidade, foram consideradas apenas as severas e as moderadas, que na série em estudo (1955-84) ocorreram nos anos de 1955, 1963, 1965, 1969, 1975, 1979 e 1981. Nos modelos aqui apresentados (quadro 2), os coeficientes dessa variável foram sempre significativos a 1%, com magnitude variando entre quedas de 2 a 4 sacas beneficiadas por 1.000 pés, nos anos subsequentes a geadas.

Tentou-se, também, representar o ciclo bienal com variável "dummy" que assumia valores 0 e 1 alternadamente: tal tentativa foi infrutífera. Posteriormente, partiu-se para esquema semelhante ao de CAMARGO et alii (7), utilizando os rendimentos no ano anterior como variável representativa desse ciclo. Neste segundo caso, obtiveram-se resultados mais animadores, com melhorias na aderência dos modelos. Devido à extensão da área abrangida por este estudo e à consequente existência de plantios em diversas idades e fases, naturalmente o ciclo bienal que é facilmente constatado em cultivos específicos, tem seus efeitos atenuados. A existência do ciclo, a nível de Estado, é percebida em anos posteriores a geadas abrangentes ou secas severas, que homogeneizam a resposta das plantas, e seus efeitos tendem a desaparecer-se com o aparecimento de novos plantios.

Outras variáveis que influenciam o rendimento e não estão incluídas nos modelos foram representadas através de duas tendências: uma que se inicia em 1955 e cresce até o ano de 1971, a partir de onde assume um valor fixo; outra que é considerada igual a zero até o ano de 1971, e começa a crescer a partir de 1972. Essas duas tendências foram utilizadas em função do já citado decréscimo da produtividade por pé a partir do início da década de 70.

Os resultados obtidos nos diferentes modelos sugerem, com relação à variável deficiência hídrica mensal (com nível de armazenamento de 50mm, o qual propiciou os melhores resultados) que:

a) janeiro e fevereiro do ano anterior da colheita, presentes no modelo com deficiência hídrica de janeiro a setembro, não apresentaram coeficientes significativos, evidenciando que esses dois meses provavelmente afetam mais o rendimento da safra em curso do que o da safra futura;

b) março e abril do ano anterior ao da colheita aparecem nos dois modelos em que foram incluídos com coeficientes positivos e significativos a 1% (quadro 2), o que pode confirmar o conhecimento empírico dos cafeicultores de que nessa época uma seca antecipa a colheita e favorece a produção subsequente;

c) maio e junho do ano anterior ao da colheita, presentes em todos os modelos testados, têm sempre coeficientes negativos e significativos, indicando que deficiências hídricas nesses meses afetam negativamente o desenvolvimento vegetativo e a iniciação da gema floral;

d) julho do ano anterior ao da colheita aparece como não significativo em dois modelos e significativo em outros dois (quadro 2); o sinal positivo do coeficiente deve estar associado ao período seco necessário para a quebra de dormência dos botões por tensão hídrica, os quais permaneceriam quiescentes até a ocorrência de uma chuva (20);

e) agosto do ano anterior não apresentou coeficientes significativamente diferentes de zero em nenhum dos modelos;

f) setembro do ano anterior apresenta coeficientes negativos e significativos em quase todos os modelos, devendo na maioria das culturas representar o efeito de deficiências hídricas no florescimento;

g) outubro do ano anterior não forneceu resultados significativos em nenhum dos modelos testados, sendo que o modelo com deficiências hídricas no período de março do ano anterior a fevereiro do ano da colheita, que foi ajustado pelo método "stepwise" (18), sequer incluiu esse mês, que na da acrescentava ao modelo;

h) novembro e dezembro do ano anterior e janeiro do ano da colheita apresentam quase sempre coeficientes não-significativos (exceto novembro no modelo março-fevereiro);

i) fevereiro do ano da colheita, nos dois modelos em que foi incluído, aparece com coeficientes negativos e significativos, devendo ter captado os efeitos das deficiências hídricas sobre as fases de granação e início de maturação.

Pelo coeficiente de desigualdade de THEIL (24) (quadro 5), o modelo com deficiências hídricas no período de março do ano anterior à colhei-

QUADRO 2.- Equações com Deficiências Hídricas em Diversos Períodos, Tendências, Geadas e Rendimento do Ano Anterior como Variáveis Explicativas do Rendimento do Café, Estado de São Paulo, 1956-84 (1)

Variáveis explicativas	Modelos de previsão				
	Mai-Dez	Mai-Fev	Jan-Set	Mar-Fev	Jan-Set(A)
Def.hídrica em jan. t-1			-0,041 (0,56)		
Def.hídrica em fev. t-1			0,005 (0,01)		
Def.hídrica em mar. t-1			0,091 (4,69)***	0,105 (9,08)***	
Def.hídrica em abr. t-1			0,071 (6,97)***	0,061 (5,66)***	
Def.hídrica em maio t-1	-0,060 (4,04)***	-0,072 (6,73)***	-0,114 (16,61)***	-0,117 (26,80)***	
Def.hídrica em jun. t-1	-0,069 (3,00)**	-0,074 (4,14)***	-0,115 (8,36)***	-0,119 (14,82)***	
Def.hídrica em jul. t-1	0,006 (0,03)	0,011 (0,14)	0,044 (2,40)*	0,062 (6,99)***	
Def.hídrica em ago. t-1	-0,012 (0,36)	-0,009 (0,21)	-0,005 (0,09)	-0,011 (0,55)	
Def.hídrica em set. t-1	-0,014 (0,74)	-0,026 (3,02)***	-0,027 (4,03)***	-0,030 (6,38)***	
Def.hídrica em out. t-1	0,021 (0,37)	0,024 (0,59)			
Def.hídrica em nov. t-1	-0,028 (0,32)	-0,060 (1,61)		-0,066 (3,03)**	
Def.hídrica em dez. t-1	0,006 (0,01)	0,040 (0,49)		-0,016 (0,12)	
Def.hídrica em jan. t		0,002 (0,00)		-0,012 (0,05)	
Def.hídrica em fev. t		-0,161 (6,48)***		-0,114 (4,92)***	
Def.hídrica de jan. t-1 a set. t-1					-0,016 (14,23)***
Rendimento em t-1	-0,169 (1,40)	-0,206 (2,80)**	-0,028 (0,06)	-0,101 (1,03)	-0,086 (0,44)
Tendência 1956-71	0,622 (27,94)***	0,720 (38,60)***	0,595 (34,49)***	0,668 (48,06)***	0,527 (23,88)***
Tendência 1972-84	-0,461 (11,12)***	-0,390 (10,76)***	-0,447 (14,55)***	-0,445 (19,85)***	-0,316 (7,54)***
Geadas em t-1	-2,963 (5,76)***	-3,922 (9,36)***	-1,955 (3,69)***	-2,598 (5,97)***	-3,777 (13,91)***
Constante	-25,886	-30,596	-26,353	-29,271	-20,675
R <sup>2</sup> (%)	81,7	87,0	88,2	93,0	71,5
F	5,94***	6,69***	8,61***	11,47***	11,55***

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

ta até fevereiro do ano da colheita apresenta os melhores resultados: tanto por esse índice como pelos erros percentuais (quadros 3, 4 e 5), esse modelo fornece resultados melhores do que as previsões levadas a campo pelo IEA/CATI. A seguir viriam os modelos maio-fevereiro, maio-dezembro e janeiro-setembro. O modelo com dados de deficiência agregada do período janeiro-setembro apresenta erro percentual médio de 19%, embora o coeficiente de desigualdade indique superioridade sobre o modelo com dados mês a mês do mesmo período.

Através dos modelos aqui apresentados, é possível obter-se previsões sobre o rendimento do café que é colhido normalmente nos meses de maio e junho, em setembro do ano anterior, uma reavaliação em dezembro e outra em fevereiro, esta última cerca de nove meses antes do IEA tornar disponível sua estimativa final e melhor do que as previsões feitas em fevereiro e abril com dados de levantamentos de campo (figuras 3 e 4).

## 5 - CONCLUSÕES

A metodologia seguida possibilitou a obtenção de modelos abrangentes e operacionais para a previsão do rendimento do café no Estado de São Paulo. Utilizando dados facilmente disponíveis e cobrindo todo o Estado, as equações ajustadas fornecem previsões nos meses de setembro, dezembro e fevereiro, o que representa uma antecipação de 9 a 14 meses em relação à estimativa final da safra publicada pelo IEA/CATI; o modelo terminado no mês de fevereiro fornece previsões melhores do que o levantamento de campo efetuado em abril.

Pelos resultados obtidos é possível concluir que os meses de maio, junho, setembro, novembro e fevereiro são os mais críticos para a cultura em relação à deficiência hídrica, nas condições médias do Estado de São Paulo. A ocorrência de geadas, representada por variável "dummy", apareceu como responsável por quebras de 2 a 4 sacas de 60kg (beneficiadas) por mil pés.

A boa qualidade dos modelos estimados sugere que essa metodologia pode ser utilizada com grandes possibilidades de sucesso para a maioria das culturas do Estado e de regiões com condições climáticas similares.

QUADRO 3.- Previsões e Estimativa Final do Rendimento do Café, Estado de São Paulo,  
1956-84  
(em sc. 60kg beneficiado/1.000 pés)

Ano	Previsões do IEA			Previsões dos modelos				
	Fev.	Abr.	Final	Mai-Dez	Mai-Fev	Jan-Set	Mar-Fev	Jan-Set(A)
1956	5,429	-	4,567	4,658	4,271	4,819	4,039	4,380
1957	6,672	-	7,258	7,993	9,038	8,679	8,087	8,027
1958	-	-	7,143	7,996	6,215	6,253	8,079	8,967
1959	8,786	-	9,357	8,643	8,630	9,225	8,971	8,612
1960	-	7,132	7,206	5,914	6,677	5,775	5,908	6,500
1961	-	9,692	9,154	9,420	10,623	9,809	9,608	7,961
1962	4,348	4,696	5,043	7,190	5,433	5,619	6,598	7,024
1963	11,100	10,997	10,380	10,170	9,509	9,294	10,434	10,352
1964	2,703	2,703	2,250	2,095	1,906	3,340	2,150	2,017
1965	14,675	14,675	15,195	11,406	14,257	13,499	12,248	10,529
1966	9,333	8,667	8,267	8,009	7,972	8,266	7,876	7,636
1967	12,325	12,605	11,905	10,711	11,715	10,580	11,687	11,335
1968	6,812	6,812	6,667	9,534	8,278	9,051	8,642	10,706
1969	8,551	9,531	9,844	10,694	10,327	12,170	9,967	11,625
1970	6,114	6,750	6,750	7,858	7,903	6,744	7,675	7,270
1971	15,116	14,286	16,032	14,725	15,314	14,013	16,178	14,663
1972	10,143	10,286	15,000	14,279	14,802	14,211	15,665	13,731
1973	11,143	10,364	11,784	12,737	12,517	12,558	12,185	13,835
1974	12,179	12,250	15,310	13,107	12,793	13,943	11,458	12,323
1975	10,561	10,454	10,606	10,289	10,103	10,930	10,087	10,296
1976	3,894	3,453	3,046	3,942	3,099	2,874	3,857	5,594
1977	10,917	11,013	11,075	14,899	11,515	13,107	12,359	14,476
1978	10,507	10,267	12,051	11,980	12,455	11,978	12,463	10,369
1979	10,892	11,445	12,147	12,522	13,817	13,607	13,361	11,668
1980	8,553	10,128	9,548	7,937	9,349	8,455	8,903	7,604
1981	13,313	12,996	12,610	11,935	12,254	12,312	11,513	10,610
1982	7,815	7,456	7,382	5,538	6,673	5,840	5,970	7,159
1983	9,685	10,201	9,378	10,005	9,490	8,942	10,969	10,390
1984	9,115	9,864	9,279	9,913	9,160	10,203	9,163	10,441

Fonte: Levantamentos de Previsões e Estimativas das Safras no Estado de São Paulo, realizados pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) e Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) e resultados dos modelos.



QUADRO 4.- Erros Percentuais de Previsões de Rendimento do Café, Estado de São Paulo, 1962-84

Ano	Previsões do IEA		Previsões dos modelos				
	Fev.	Abr.	Mai-Dez	Mai-Fev	Jan-Set	Mar-Fev	Jan-Set(A)
1962	-13,8	- 6,9	42,6	30,8	11,4	7,7	39,3
1963	6,9	5,9	- 2,0	0,5	-10,5	- 8,4	- 0,3
1964	20,1	20,1	- 6,9	- 4,4	48,4	-15,3	-10,4
1965	- 3,4	- 3,4	-24,9	-19,4	-11,2	- 6,2	-30,7
1966	12,9	4,8	- 3,1	- 4,7	0,0	- 3,6	- 7,6
1967	3,5	5,9	-10,0	- 1,8	-11,1	- 1,6	- 4,8
1968	2,2	2,2	43,0	29,6	35,8	24,2	60,6
1969	13,1	3,2	8,6	1,2	23,6	4,9	18,1
1970	- 9,4	0,0	16,4	13,7	- 0,1	17,1	7,7
1971	- 5,7	-10,9	- 8,1	- 0,9	-12,6	- 4,5	- 8,5
1972	-32,4	-31,4	- 4,8	- 4,4	- 5,3	- 1,3	- 8,5
1973	- 5,4	-12,0	8,1	3,4	6,6	6,2	17,4
1974	-20,4	-20,0	-14,4	-25,2	- 8,9	-16,4	-19,5
1975	- 0,4	- 1,4	- 3,0	- 4,9	3,0	- 4,7	- 2,9
1976	27,8	13,4	29,4	26,6	- 5,6	1,7	83,6
1977	- 1,4	- 0,6	34,5	11,6	18,3	4,0	30,7
1978	-12,8	-14,8	- 0,6	3,4	- 0,6	3,3	-14,0
1979	-10,3	- 5,8	3,1	10,0	12,0	13,7	- 3,9
1980	-10,4	6,1	-16,9	- 6,8	-11,4	- 2,1	-20,4
1981	5,5	3,0	- 5,4	- 8,7	- 2,4	- 2,9	-15,9
1982	5,9	1,0	-25,0	-19,1	-20,9	- 9,6	- 3,0
1983	3,3	8,8	6,7	17,0	- 4,6	1,2	10,8
1984	1,8	6,3	6,8	- 1,3	-10,0	- 1,3	12,5

Fonte: Levantamentos de Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas no Estado de São Paulo, realizados pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) e Coordenadoria de Assistência Integral (CATI), e resultados dos modelos.

QUADRO 5.- Coeficiente de Desigualdade de Theil (U) e Erro Percentual Médio (E) de Previsões de Rendimento do Café, Estado de São Paulo, 1962-84

Previsões	U	E (1)
Previsões do IEA		
Fevereiro	0,18	9,95
Abril	0,16	8,17
Previsões dos Modelos		
M-D	0,24	14,10
M-F	0,19	10,84
J-S	0,51	11,93
M-F	0,12	7,04
J-S(A)	0,30	18,74

(1) Erro em módulo.

Fonte: Levantamentos de Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas no Estado de São Paulo, realizados pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) e Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), e resultados dos modelos.

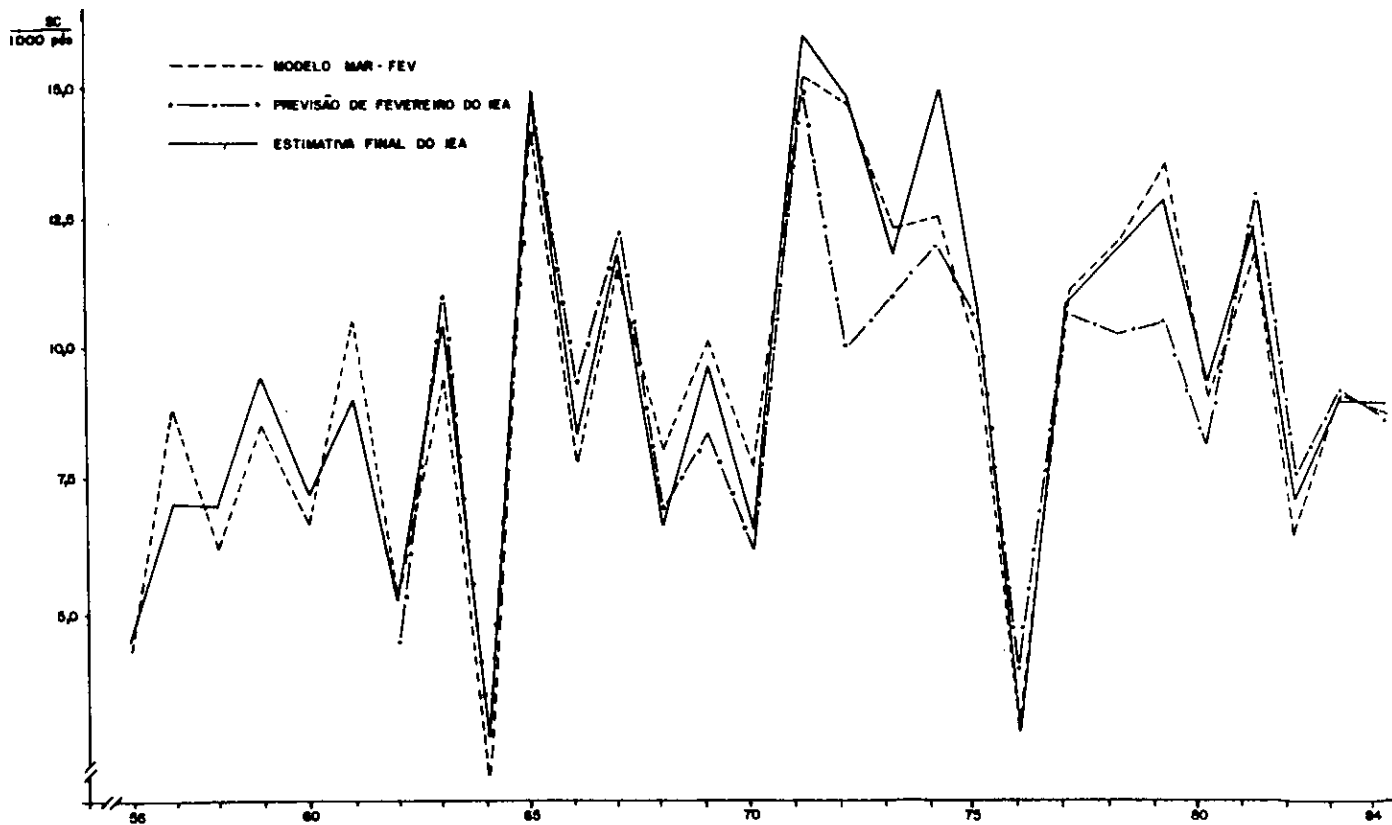


FIGURA 3. - PREVISÕES E ESTIMATIVA FINAL DO RENDIMENTO DO CAFÉ, ESTADO DE SÃO PAULO, 1956 - 84.

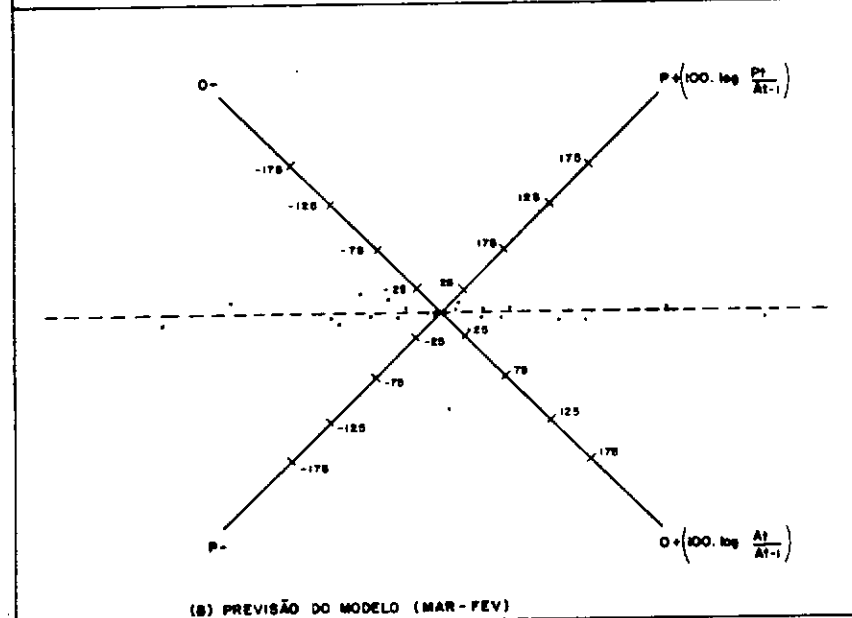
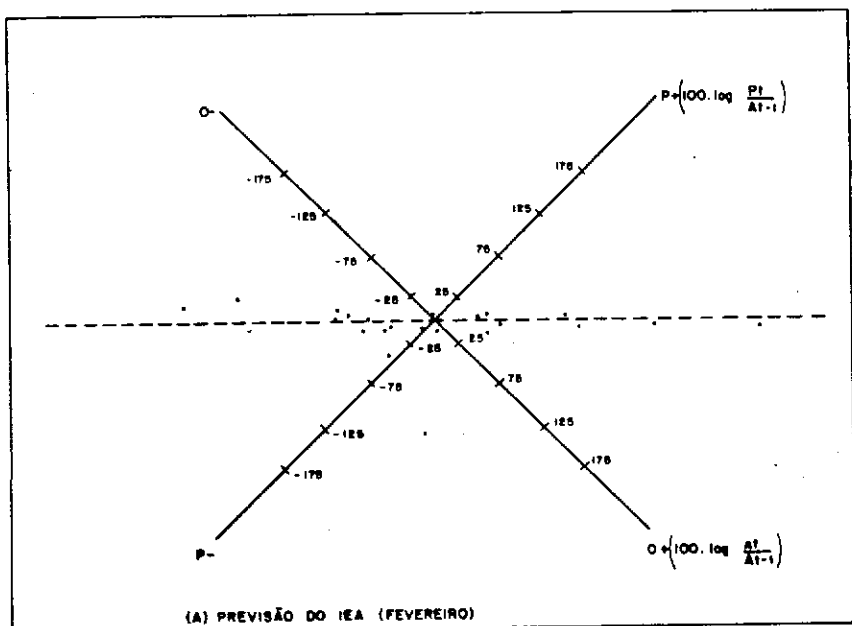


FIGURA 4 - DIAGRAMA DE PREVISÃO E REALIZAÇÃO, RENDIMENTO DO CAFÉ, ESTADO DE SÃO PAULO, 1962 - 84

## LITERATURA CITADA

1. ALFONSI, R.R. et alii. Previsão de safras - mesa redonda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3., Campinas, 1983. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1984. p. 347-365.
2. BRUNINI, D. et alii. Teste de um modelo agroclimático que relacione o regime pluviométrico com as variações da produtividade agrícola. Brasília, Ministério da Agricultura, Comissão de Financiamento da Produção, 1982. 46p. (Coleção Análise e Pesquisa, 24)
3. CAMARGO, A.P. Balço hídrico no Estado de São Paulo. 3.ed. Campinas, Secretaria de Agricultura, Instituto Agrônomo, 1971. 24p. (Boletim 116)
4. \_\_\_\_\_. O clima do Estado de São Paulo e a cafeicultura. Campinas, Secretaria da Agricultura, Instituto Agrônomo, 1966. 19p. (Boletim 163)
5. \_\_\_\_\_. O clima e a cafeicultura no Brasil. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 11(126):13-26, jun. 1985.
6. \_\_\_\_\_. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 21:163-214, 1962.
7. CAMARGO, M.B.P. et alii. Relações entre a precipitação pluviométrica e a produtividade do cafeeiro. Ecossistema, Espírito Santo do Pinhal, 9: 165-171, 1984.
8. CAMPOS, V.P. et alii. Nematóides parasitas do cafeeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 11(126): 50-58, jun. 1985.
9. 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)

10. CHALFOUN, S.M. & ZAMBOLIM, L. Ferrugem do cafeeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 11(126): 42-46, jun. 1985.
11. FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Distribuição e concentração mensal do plantio e da colheita de produtos vegetais. Rio de Janeiro, FGV, 1979. 40p.
12. \_\_\_\_\_. Distribuição e sazonalidade da produção agrícola. Rio de Janeiro, FGV, 1980. 112p.
13. GONÇALVES, W. et alii. Estimativas de danos ocasionados pelos nematoides do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 6., Ribeirão Preto, 1978. Resumos. Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1978. p. 182-186.
14. HOFFMANN, R. & VIEIRA, S. Análise de regressão: uma introdução à econometria. São Paulo, Ed. Hucitec/Ed. Universidade de São Paulo, 1977. 339p.
15. INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO 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)
16. MORAES, S.A. A ferrugem do cafeeiro: importância, condições predisponentes, evolução e situação no Brasil. Campinas, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Instituto Agrônomo, 1983. 50p. (Circular 119).
17. MOTA, F.S. Índice de seca para soja: contribuição para um modelo de previsão do rendimento da soja no Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 16(3): 371-383, 1981.
18. NIE, N.H. et alii. Statistical package for the social sciences. 2ªed. New York, McGraw-Hill, 1975. 675p.
19. ORTOLANI, A.A. et alii. Parâmetros climáticos e a cafeicultura. Rio de Janeiro, IBC, 1970. 27p.

20. RENA, A.B. & MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. Informe Agropecuário Belo Horizonte, 11(126): 26-40, jun. 1985.
21. SANTOS, M.J.Z. Análise ecométrica da produção canvieira paulista. Revista de Geografia, São Paulo, 8(15/16):75-104, 1983.
22. SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura. Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo, 1974. v.1.
23. SILVA, G.L.S.P.; CASER, D.V.; VICENTE, J.R. Efeitos das condições do tempo sobre a produtividade agrícola no Estado de São Paulo. Revista de Economia Rural, Brasília, 23(1): 3-19, jan./mar. 1985.
24. THEIL, H. Applied economic forecasting. Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1966. 474p.
25. THOMAZIELLO, R.A. et alii. A cultura do café no Estado de São Paulo. Campinas, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, CATI, 1983. 20p.
26. THORNTWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance. Centerton, Laboratory of Climatology, 1955. 104p.
27. TIMM, J.V.C.S., coord. As estatísticas agrícolas brasileiras painel especial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 21., Brasília, 1983. Anais. Brasília, SOBER, 1983. p.157-255.
28. TOSELLO, R.N. & ARRUDA, H.V. Correlação entre estimativas oficiais de produção de café e precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 21: 449-465, 1962.

## R E S U M O

O objetivo desse trabalho foi o de sugerir e testar modelos capazes de prever a produtividade agrícola em função das condições do tempo. A aplicação do método à cultura do café no Estado de São Paulo, propiciou resultados animadores, fornecendo previsões antecipadas em relação às baseadas em levantamentos de campo e, em alguns casos, melhores do que estas últimas. Os resultados sugerem grande sensibilidade do rendimento do café à ocorrência de geadas e de deficiências hídricas nos meses de maio, junho, setembro, novembro e fevereiro.

## S U M M A R Y

The objective of this paper was to suggest and to test models to forecast agricultural yield in function of weather conditions. The application of the method to the coffee crop in the State of São Paulo produced encouraging results, supplying anticipated predictions, in relation to those based on field surveys and in some cases better than those. The results suggest great sensibility of coffee yield to frost occurrence, and hydric deficiency in May, June, September, November and February.



**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



Relatório de Pesquisas  
Nº 13/8

Governo do Estado de São Paulo  
Secretaria de Agricultura e Abastecimento  
Coordenadoria Sócio-Econômica

Instituto de Economia Agrícola