

Análise econométrica da produção canavieira paulista

MARIA JURACI ZANI DOS SANTOS*

1 - INTRODUÇÃO

A crise energética que eclodiu em 1973 mostrou com clareza, pela primeira vez, o grau de dependência do Brasil em relação ao petróleo importado. A partir disto procurou-se desenvolver urgente e intensamente as fontes alternativas energéticas. Verificou-se que o Brasil apresentava condições excepcionais para a curto prazo equacionar e resolver o problema, através da biomassa. O álcool retirado da cana-de-açúcar, dentre os combustíveis provindo do milho, sorgo doce, beterraba açucareira, batata, celulose, tem sido considerado como a solução mais viável de todas as propostas.

O Programa Nacional do Alcool - Proálcool, instituído pelo governo brasileiro, em 1975, representa o marco das primeiras soluções da crise; vista não apenas ordenar a expansão da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, mas também de todo o desenvolvimento agrícola que desta atividade pode advir. Contribui, na legislação, orientação técnica, regulamentação e desenvolvimento da produção desta fonte energética.

Cabe lembrar aqui que a produção de álcool até 1976/77 era obtida, basicamente, do mel residual que consiste num subproduto da fabricação do açúcar. Na safra seguinte a produção de álcool passou a ser retirada diretamente da cana-de-açúcar, pelas destilarias anexas e igualmente em decorrência das destilarias autônomas que entraram em funcionamento. Assim sendo, foram fixados os principais pólos alcooleiros nacionais, que serão responsáveis pela produção almejada, isto é, 10,5 bilhões de litros em 1985. Com isto, o Brasil é atualmente detentor de avançada tecnologia na produção do álcool, como decorrência natural de sua larga experiência no setor.

Porém, se o Proálcool se preocupa com os problemas ambientais, com o aumento de alimentos através de culturas consorciadas, com o aumento de empregos, é justo que almeje também a elevação da produtividade agrícola desta cultura, pois assim estaremos obviamente economizando espaços agrícolas.

Constatamos num período de quinze anos sucessivos, antes da organização de programas nacionais de melhoramento da cultura, que a média do rendimento

(*) Departamento de Geografia, IGCE-UNESP, Campus de Rio Claro.

agrícola para as áreas concentradoras no Estado de São Paulo – Jaú, Ribeirão Preto e Piracicaba (fig. 1) – residia por volta de 62,1 a 71,1 t/ha. Entretanto, esta mesma produtividade aumentou para mais de 100 t/ha em algumas usinas, elevando a média destas áreas para 70 a 90 t/ha. Este aumento certamente deveu-se aos incentivos econômicos, principalmente ao preço da produção da cana-de-açúcar depois de submetida à industrialização, e aos subsídios dados por aquele Programa. Devemos, entretanto, lembrar que este aumento não restringiu-se só quanto à produtividade, mas também quanto à área cultivada.

Dentre os pólos alcooleiros (e nestes os Estados produtores de cana-de-açúcar), o Estado de São Paulo tem liderado a produção, onde as condições ecológicas contribuem em grande parte, pois são bastante adequadas ao seu desenvolvimento.

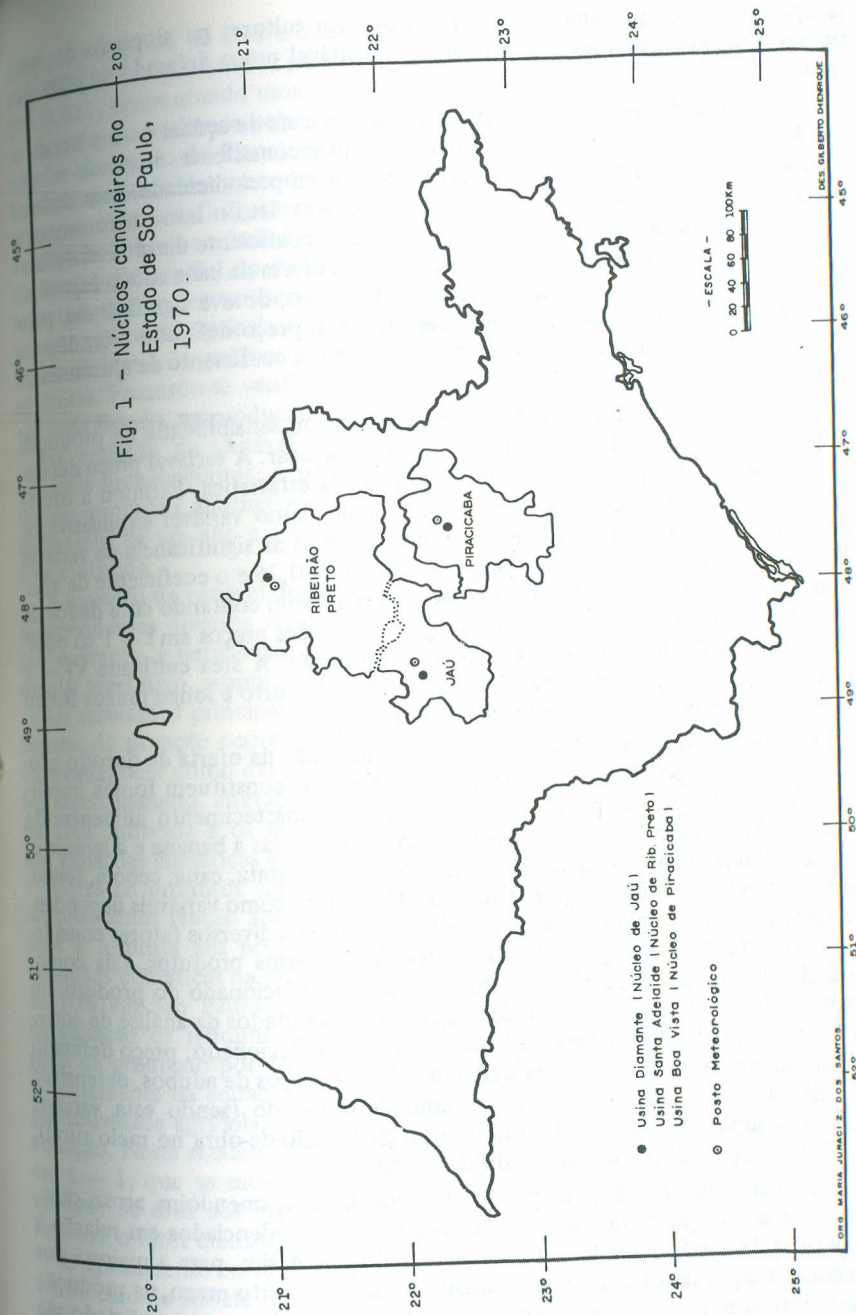
Porém, mesmo sendo favoráveis, procuramos especificá-las em profundidade e ao mesmo tempo contrapô-las às variáveis econômicas que também contribuem sobremaneira para a implantação da cultura e conseqüentemente podem, em conjunto com os fatores ecológicos, garantirem seu sucesso. Atualmente, sua comercialização é bem garantida pois se caso o preço do açúcar não for bom, a matéria-prima é dirigida para a produção de álcool. Este norteamento acontece, principalmente, nas usinas localizadas nos núcleos tradicionalmente concentradores da cultura, (fig. 1). Esta duplicidade não se verifica nos pólos alcooleiros, pois as destilarias tem um fim próprio que é o fornecimento de matéria-prima para combustível.

Como a produção de cana-de-açúcar pode ser aumentada pela elevação do rendimento agrícola ou pelo aumento da área cultivada, através de fatores de produção, ou ainda pela interação das duas formas, o Modelo de Nerlove tem sido empregado e constitui uma técnica de análise que pode detectar as relações existentes neste processo de produção. Portanto, nosso objetivo principal nesta pesquisa é mostrar suas reações e seu grau de interferência seja no rendimento, seja na área colhida e, conseqüentemente, na produção. O espaço de análise desta pesquisa é o das áreas concentradoras da cultura canieira (fig. 1), sendo que a análise temporal reside no período de 1959/60 a 1973/74, portanto quando o álcool ainda era retirado do mel residual.

2 – REVISÃO DA LITERATURA

A aplicação do Modelo Nerloviano tem sido feita no Brasil desde 1965, obtendo bons resultados nas várias estimativas de oferta de produtos agrícolas em geral e inclusive à cultura canieira.

Pastore, em 1968, elaborou estudo sobre a resposta da produção agrícola aos preços no Brasil, onde figura também a cana-de-açúcar. Utilizou dados de produção, área cultivada e preços pagos aos produtores para os principais produtos agrícolas do país, no período de 1945 a 1965. Estimou e analisou os resultados das funções de oferta agregada para o Brasil e para as regiões do Nordeste (englobando os Estados que se estendem do Maranhão até a Bahia) e Centro-Sul, abrangendo Minas Gerais, Espírito Santo, Mato Grosso, Goiás, mais os Estados do Sul. Analisou, em separado, o Estado de São Paulo, por possuir dados mais fidedignos. No ajustamento das equações encontrou significâncias, em quase todos os produtos e regiões assinaladas, para a variável preço defasado, concluindo pela rejeição



da hipótese de comportamento irracional dos agricultores na alocação de seus recursos. Faz exceções a estas significâncias a variável preço defasado da cana-de-açúcar.

Assim, estimando a função da oferta agregada da cana-de-açúcar para o Brasil, o sinal do coeficiente da variável preço defasado foi inconsistente, alegando-se que se tratava de um produto com características de semi-periodicidade, com defasagem entre o plantio e a colheita superiores a um ano. Isto o levou a aumentar a defasagem da variável preço do produto. Contudo, o coeficiente da variável defasada não aumentou sua significância. Reestimando a oferta da cana sob as hipóteses de expectativas estáticas e de ajustamento instantâneo, obteve significância, pelo menos a 1%, para todas as variáveis independentes, preço defasado e tendência, encontrando a elasticidade a curto prazo de 0,156 e o coeficiente de ajustamento 1,0.

Nas funções de oferta para o Nordeste, não captou sensibilidade da produção aos preços em cinco produtos, incluindo a cana-de-açúcar. A variável preço defasado no tempo $t - 1$, apresentou-se com significância estatística. Estimou a oferta de cana-de-açúcar na região Centro-Sul, utilizando como variável explicativa os preços em $t - 2$ e a tendência. Verificou um aumento na significância da variável preço. As elasticidades de curto e longo prazos foram 0,26 e o coeficiente de ajustamento igual a 1,0. Para o Estado de São Paulo, mesmo contando com dados de qualidade reconhecidamente superior, a significância dos preços em $t - 1$ só ocorreu com a inclusão dos preços dos fatores de produção. A área cultivada $Y_t - 1$ não comparece significativamente. As elasticidades de curto e longo prazos foram 0,12 e o coeficiente de ajustamento igual a 1,0.

Toyama e Pescarin, em 1970, objetivaram a projeção da oferta de dezoito produtos de maior importância na economia do país, que constituem fontes importantes de matérias-primas para a indústria e para o abastecimento alimentar da população. Entre as culturas permanentes são consideradas a banana e a laranja e, entre as culturas anuais, o algodão, amendoim, arroz, batata, cana, cebola, feijão, mamona, mandioca, milho, soja e o tomate. Utilizaram como variáveis dependentes a produção e a área plantada e como independentes os diversos fatores considerados importantes na explicação da oferta desses vários produtos, tais como: produção ou área plantada no ano anterior; preço deflacionado do produto em questão, defasado de um ou mais anos, conforme os resultados da análise de correlação, entre a produção ou área plantada e o preço deflacionado; preço defasado de uma cultura alternativa; índices deflacionados de preços de adubos, defensivos ou materiais de construção; salário mínimo deflacionado (sendo esta variável incluída na suposição de que ela reflete o preço da mão-de-obra no meio rural); tendência e preço mínimo deflacionado do produto.

Verificaram, nesse estudo, que produtos como algodão, amendoim, arroz, cana, feijão, mamona, soja, milho, apresentaram-se bastante evidenciados em relação à importância da variável preço defasado na produção. Assim, para a maioria dos produtos a relação da oferta é relativamente inelástica a curto prazo, na produção dos respectivos produtos. Constataram, também, que as ofertas para o Estado são bastante sensíveis aos preços dos produtos alternativos e principalmente dos fatores de produção. Os resultados para a cultura da cana-de-açúcar foram: elasticidade

preço de resposta de área a curto e longo prazo, 0,267 e 0,395 respectivamente; coeficiente de ajustamento para a área igual a 0,675 e elasticidade preço da produção 0,611, apresentando uma explicação do modelo em 0,9717.

A pesquisa realizada pelo Instituto de Planejamento Econômico e Social através do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral, em 1972 (na qual colaboraram engenheiros agrônomos, economistas, climatologistas e meteorologistas), visou ao exame da influência de fatores climáticos associados aos demais fatores ecológicos sobre os níveis de produção e produtividade de dez principais produtos da Região Centro-Sul do Brasil, onde figura a cana-de-açúcar. Constitui a primeira tentativa que se fez no Brasil de quantificar a influência das variações climáticas sobre a produção agrícola agregada. Avaliou-se, também, a influência de determinadas variáveis da política econômica, notadamente do fator preço de produtos agrícolas. Procurou-se verificar a participação de cada um dos produtos analisados em cada Estado, na produção regional, para o período de 1947/69.

Na equação da variável — área cultivada — foram consideradas as seguintes variáveis independentes: o preço do produto dividido pelo índice de preços dos demais produtos alternativos, defasado de um ano; área cultivada, também com defasagem de um ano e a tendência, entre os vários anos, do comportamento da área cultivada.

A equação da variável dependente — produtividade agrícola — teve por variáveis independentes diversos elementos representativos das variações climáticas, como por exemplo, a deficiência hídrica, a temperatura e precipitação média no crescimento vegetativo, avapotranspiração anual, ocorrência de geadas e outras.

Os resultados principais da pesquisa evidenciaram que a oferta depende, basicamente, da situação ocorrida no ano anterior, quanto ao preço do produto e área cultivada, bem como das variações do rendimento agrícola na safra correspondente. Dessa maneira, alterações nos preços dos produtos agrícolas trazem alterações na área cultivada e os rendimentos agrícolas flutuam principalmente em função das variações climáticas e da disponibilidade de fatores de produção.

Entre os produtos agrícolas estudados, a cana-de-açúcar foi um dos que apresentou menor reação aos estímulos de preços, tanto a curto como a longo prazos, pois a resposta aos preços relativos foi estatisticamente pouco significativa. As variações climáticas na série temporal em análise acarretam oscilações na produção de 10% em São Paulo e 19% no Rio de Janeiro. A explicação do modelo (R^2), na equação de rendimento é 0,88, sendo para a área cultivada 0,99. No modelo geral da produção por área, a variável deficiência hídrica anual, apresenta-se consistentemente na equação, uma vez que a deficiência de água no solo prejudica a produtividade agrícola. A variável tendência também se apresenta significativa na equação. Neste modelo incluiu-se, em adição às variáveis, o preço relativo da cana em $t - 1$, que se mostrou significativo, evidenciando-se uma certa resposta por unidade de área aos preços relativos. Quando analisados separadamente os dois Estados, o fator clima apresentou-se mais significativo no Rio de Janeiro.

O ajustamento entre produções por área observada e calculada foi bastante visível no caso do Rio de Janeiro, enquanto em São Paulo, embora seja evidente que o modelo capta algumas das flutuações da variável, o ajustamento mostrou-se bem mais pobre. As variáveis que entraram na explicação do modelo de área são: área cultivada no ano $t - 1$, preço da cana-de-açúcar no ano anterior e tendência. As

elasticidades-preço da oferta de curto e longo prazos, para a cultura canavieira, foram respectivamente de 0,124 e 0,154. O coeficiente de ajustamento de curto para longo prazo é 0,801.

Ribeiro, em 1974, realizou estudo visando estimar as elasticidades-preço de resposta de oferta, área colhida e rendimento cultural a curto e longo prazos, para a cultura da cana-de-açúcar no Estado de Minas Gerais. Utilizou dados da série temporal de 1947/70, empregando como variáveis independentes o preço da cana defasado em $t - 2$, a área defasada em $t - 2$ e a tendência para estimar a relação de resposta para área colhida. Na estimativa de resposta de rendimento cultural, as variáveis independentes utilizadas foram preço defasado em $t - 2$, rendimento defasado em $t - 2$, preço de fertilizantes defasado em $t - 2$ e tendência.

Verificou, com este estudo, que os produtores de cana-de-açúcar no Estado de Minas Gerais respondem de maneira racional aos estímulos de preços, sendo esperada maior reação em termos de área colhida do que em termos de rendimento agrícola. As elasticidades-preço de resposta, de área e de rendimento a curto prazo são 1,11 e 0,32, respectivamente; as elasticidades-preço de resposta de área e de rendimento agrícola a longo prazo foram iguais a 2,66 e 1,6, respectivamente; as elasticidades de oferta a curto e longo prazos foram iguais a 1,43 e 4,26, respectivamente. O rendimento agrícola da cana-de-açúcar, em Minas Gerais, parece sofrer alterações diante de mudanças nos preços do produto e nos preços dos fertilizantes, refletindo racionalidade do produtor.

Pinazza (1978) analisou as relações de oferta agregada da cana-de-açúcar para a Região Norte-Nordeste do Brasil. Utilizou série temporal de 28 anos (1948/75), aplicando dados das seguintes variáveis: preço esperado do produto (cana-de-açúcar), com defasagem de um ano; preços esperados dos produtos competitivos (bovinocultura); preços dos fatores de produção retardados (como o fertilizante); nível de tecnologia e fatores não econômicos que influenciam na produção. Dentre esses fatores utilizou a precipitação pluviométrica com defasagem (na produtividade) e sem defasagem (na área colhida), porque exerce grande influência na produtividade agrícola, reconhecendo que, como fator não econômico, uma seca pronunciada em um ano pode causar severas perdas no rendimento dos cortes posteriores, devido a uma frágil brotação e um desenvolvimento deficiente. Considerou, apenas, os totais pluviométricos, não procurando dividi-los em sub-períodos.

Dessa forma, a variável preço defasado apresentou coeficiente de regressão positivo e significância estatística ao nível de 1% de probabilidade. O coeficiente da variável precipitação não apresentou nível de significância satisfatório e a variável tendência apresentou significância estatística a nível de 20%. O coeficiente da variável área colhida defasada apresentou uma significância também a nível de 20%. A variável preço do produto competitivo defasado foi excluída do modelo, por causa da incompatibilidade de sinal com a hipótese estabelecida *a priori* e pela não significância estatística de seu coeficiente. Assim, o coeficiente de determinação (R^2) indicou que 95,92% das variações na área colhida são explicadas pelas variáveis incluídas na equação.

Quanto à variável dependente — rendimento agrícola — a variável preço defasado apresentou uma significância a nível de 10% de probabilidade. A variável rendimento defasado apresentou-se significativa a 5% e a precipitação defasada apresentou significância estatística a 20%. As variáveis preço do fator de produção e ten-

dência foram excluídas do modelo, em decorrência da obtenção de resultados contrários aos estabelecidos *a priori*. O coeficiente de determinação (R^2) indicou que 78,90% das variações no rendimento agrícola são explicadas pelo modelo.

A elasticidade-preço para área colhida e rendimento agrícola foram estimados, respectivamente, em 2,345 e 0,288 para o curto prazo e indicam que os canavicultores reagem positivamente a estímulos de preços, procurando aumentar a área colhida e rendimento agrícola. Entretanto, o canavicultor mostra-se mais sensível e reage mais em relação à área do que à produtividade, diante de uma variação de preços. Pinazza concluiu que a “variável precipitação não apresentou nível de significância satisfatório, o que pode ser explicado pelas boas condições climáticas (Zona Litorânea ou da Mata) nessa Região”. Porém, acreditamos que a não significância na equação de área e a baixa significância na equação do rendimento se devam à medida empregada: total anual; com essa variável, há necessidade de análise em sub-períodos e construir gráficos de distribuição diária, se possível, para o melhor entendimento do comportamento da mesma.

Na equação de rendimento agrícola, a elasticidade de ajustamento foi 0,611. Concluiu, portanto, que os canavicultores têm comportamento racional frente aos estímulos econômicos. Diante de uma variação de preço, o produtor de cana-de-açúcar mostra-se mais sensível e reage em maior proporção em relação à área do que à produtividade. Sendo assim, os canavicultores estimulados pelo preço ajustam 96% da área desejada e 70% do rendimento desejado em um período produtivo, outras coisas permanecendo constantes.

Continuando na linha dessas pesquisas, verificaremos a influência das variáveis físicas entre as variáveis econômicas até então utilizadas. Acreditamos que os fatores que provocam acentuadas e bruscas flutuações de oferta agrícola, como o climático, merecem ser identificados e avaliados. A busca constante, pelo menos de conhecimento aproximado e, se possível, preciso e profundo da realidade agrícola, poderá ajudar efetivamente nos objetivos de crescimento e modernização da agricultura brasileira.

3 — METODOLOGIA

A estrutura da oferta da cana-de-açúcar pode ser explicada por meio do modelo econométrico de defasagens distribuídas, também chamado de Modelo de Nerlove. É composto de duas equações que explicam separadamente e em conjunto a produção canavieira do Estado de São Paulo, na série temporal — 1959/60 e 1973/74.

Esta técnica de análise é bastante conhecida na literatura econômica, onde tem sido empregada como modelo de previsão ou projeção de safras, orientação da produção, subsídio e aperfeiçoamento das políticas de preços e de abastecimento.

Quando no item anterior realizamos o exame da literatura, pudemos verificar que as variáveis físicas raramente figuram nas análises, onde atenção maior é dada aos preços dos produtos. Realmente, a contribuição de Nerlove no aperfeiçoamento desta técnica deve-se ao fato de ter adotado nova concepção para explicar o mecanismo dos agricultores na alteração da produção em função do preço.

Desta forma, o modelo matemático de retardamento distribuído aparece na teoria da oferta para explicar como uma alteração no preço causa um efeito sobre a produção somente depois de um determinado período de tempo. No modelo

original de Nerlove, os preços esperados em t (ano atual) são os próprios preços verificados em $t - 1$ mais um ajustamento (β), que é a proporção do acréscimo desejado a longo prazo. Compare-se também, no modelo, um vetor de variáveis que desloca a oferta independentemente dos preços relativos, como: o progresso tecnológico, alterações climáticas e outras. Objetiva-se, com isso, a verificação da "racionalidade" no comportamento dos agricultores, que é especificamente colocada à prova pela análise da resposta da produção agrícola aos preços relativos, através do teste de eficiência na alocação dos fatores disponíveis. Esta resposta pode ser estimada, a curto como a longo prazo, através do conceito de elasticidade, para as variáveis dependentes: rendimento agrícola e área colhida.

Isto pode ser estimado através das equações já desdobradas:

$$R_t = b_1 c_0 + b_1 \sum_{j=1}^Z a_j x_j + (1 - b_1) R_{t-1} + u$$

$$A_t = b_2 a_0 + b_2 \sum_{j=1}^k a_j x_j + (1 - b_2) A_{t-1} + v$$

Esclarecemos que maiores considerações e apresentações dos desdobramentos das respectivas equações poderão ser encontradas nos trabalhos citados na revisão da literatura, assim como em Santos (1981; 1982).

Nesta pesquisa utilizamos de várias fontes e tipos de dados, programas e computadores.

Os arquivos da Divisão de Controle da Produção – Superintendência/Regional de São Paulo do Instituto do Açúcar e do Alcool forneceram-nos informações a respeito da localização e endereçamento das usinas açucareiras do Estado e dados das variáveis dependentes – rendimento agrícola (t/ha) por usina, no período de 1959/60 e 1973/74, totais de produção de canas próprias moídas (t) e totais de área colhida com canaviais próprios (ha).

Para a estimativa da evapotranspiração potencial, estimativa das disponibilidades de umidade no solo e relações das variáveis climáticas (entre as pedológicas e econômicas) com a produção canavieira, utilizamos dados dos arquivos da Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo de São Paulo e das estações de primeira e segunda ordem, Jaú, Ribeirão Preto e Limeira, situadas nos núcleos canavieiros (fig. 1). O computador PDP – 10 da Digital Equipment Corporation, no Centro de Computação da Universidade Estadual de Campinas, serviu ao processamento desses dados.

Nas relações das variáveis pedológicas (conjuntamente com variáveis climáticas e econômicas) na produção canavieira, usamos como fonte dados edáficos do Levantamento e Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo, do Serviço Nacional de Pesquisas Agrônomicas (Boletim nº 12, 1960).

Os dados de área dos Grandes Grupos de Solos, ocupada por cada um dos municípios que formam os núcleos, no ano de 1970, serviram como material, depois de transformados em porcentagem, para a seleção dos Grandes Grupos mais expressivos para a análise econométrica. Coletamos para os Grandes Grupos mais

expressivos as variáveis; capacidade de permuta de cátions e a saturação em bases, desde que os solos com alta CTC são tidos como possuidores de boa fertilidade e a saturação é fator importante na produtividade do solo.

Na escolha da cultura possivelmente concorrente em área cultivada, consultamos os dados do Atlas da Secretaria de Economia e Planejamento, São Paulo (1970), com os principais produtos por sub-região. Verificamos a participação proporcional dos principais produtos agrícolas calculada sobre o valor da produção. Desta consulta, destacou-se a presença do algodão, como primeira cultura de ciclo anual, nos três núcleos.

Quanto às variáveis econômicas foram utilizados como fonte de dados, de preço da cana-de-açúcar, preço do algodão e preço de fertilizantes, os arquivos do Instituto de Economia Agrícola. Os dados de preço da cana-de-açúcar, foram obtidos também no Instituto do Açúcar e do Alcool – Superintendência Regional de São Paulo.

Os dados do Índice de Preços por atacado (geral) e do Índice de Preços por Atacado de Produtos Químicos foram usados como material no deflacionamento dos preços de cana-de-açúcar e do algodão (base – 1965/67 = 100). Esses foram obtidos na Revista – Conjuntura Econômica – Fundação Getúlio Vargas.

Na análise econométrica de nosso estudo, utilizamos os seguintes computadores e programas:

1. IBM – 1130 – Faculdade de Economia e Administração da USP.
Programas: a) Programa de Regressão Linear por Passos MKD (Nível o) baseado no Statistical System da IBM.
2. Burroughs 6700/7700. Centro de Computação Eletrônica da Reitoria da USP.
Programas: a) SPSS – Statistical Package for Social Sciences.
b) ESP – Econometric Software Package.

Para o processamento dos testes estatísticos que evidenciam as relações das variáveis dependentes com as independentes utilizamos os seguintes símbolos:

Variáveis independentes (endógenas)	}	PCV = pluviosidade no período vegetativo
		PCC = pluviosidade no período de crescimento máximo
		PAC = pluviosidade no ano civil
		PCM = pluviosidade no período de maturação e colheita
		PAG = pluviosidade no ano agrícola (julho/junho)
		TCV = temperatura média no período vegetativo
		TAC = temperatura média no ano civil
		TCM = temperatura média no período de maturação e colheita
		TAG = temperatura média no ano agrícola
		RMI = razão de insolação (mínima)
		RMA = razão de insolação (máxima)
		BEP = evapotranspiração potencial no ano vegetativo
		BDH = deficiência hídrica no ano vegetativo
		BER = evapotranspiração real no ano vegetativo
		HUR = umidade relativa
REB = razão da evapotranspiração (BER/BEP)		
EPV = evapotranspiração potencial no período vegetativo		
EPM = evapotranspiração potencial no período de maturação e colheita		

ERV	=	evapotranspiração real no período vegetativo
ERM	=	evapotranspiração real no período de maturação e colheita
DFV	=	deficiência hídrica no período vegetativo
DFM	=	deficiência hídrica no período de maturação e colheita
HUA	=	umidade absoluta do ar
HUM	=	umidade absoluta máxima no período de crescimento
RAD	=	radiação solar líquida no período de crescimento
PRC	=	preço real da cana
PRA	=	preço real do algodão
PRCD	=	preço da cana - defasado
PRAD	=	preço do algodão - defasado
DSV	=	Latosol Vermelho - Amarelo - fase arenosa (LVa)
DSA	=	Latosol Vermelho Escuro - fase arenosa (LEa)
DIJ	=	dummy intercepto Jaú
DIR	=	dummy intercepto Ribeirão Preto
DDJ	=	dummy declividade Jaú
DDR	=	dummy declividade Ribeirão Preto
T	=	tendência
PRF	=	preço de fertilizantes
DEFE	=	preço de fertilizantes defasados
CAAL	=	preço relativo da cana com o algodão

R ₁	=	rendimento (1), usando usinas com postos pluviométricos associados
R ₂	=	rendimento (2), (Q ₂ /Ar ₂)
R ₃	=	rendimento (3) médio, usando todas as usinas
R ₄	=	rendimento (4), usando uma usina (mais próxima do posto meteorológico)
Ar ₁	=	área do rendimento (1)
Ar ₁ D	=	área do rendimento (1) defasada
Ar ₂	=	área do rendimento (2)
Ar ₂ D	=	área do rendimento (2) defasada
Ar ₃	=	área do rendimento (3)
Ar ₄	=	área do rendimento (4)
Ar ₃ D	=	área do rendimento (3) defasada
Ar ₄ D	=	área do rendimento (4) defasada
Q ₁	=	produção obtida na área (1)
Q ₂	=	produção obtida na área (2)
Q ₃	=	produção obtida na área (3)
Q ₄	=	produção obtida na área (4)

Deste modo, nossa intenção, nesta pesquisa, é contribuir com novos resultados, além dos provindos das pesquisas até então existentes, no processo dinâmico da produção canavieira. Juntamente com as variáveis econômicas serão relacionadas as variáveis climáticas e pedológicas, as quais estão sendo lançadas no modelo depois de minucioso estudo qualitativo e quantitativo realizado por Santos (1981).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão apresentados separadamente para as equações de rendimento agrícola e área colhida, e considerados depois em conjunto, para se obter os resultados da produção.

4.1. Resultados do modelo ajustado para a equação de rendimento agrícola.

Para chegarmos à formalização final do modelo ajustado à equação de rendimento agrícola, foram realizadas várias tentativas.

Iniciamos o estudo testando o modelo econométrico formalizado por Nerlove, com dados da variável dependente (R₁) obtidos através da média de rendimentos de usinas selecionadas, levando em conta apenas as que possuíam postos pluviométricos mais próximos (no sentido de existentes na própria usina ou no município onde a mesma localizava-se) e dezoito variáveis independentes, estabelecendo previamente a seguinte função:

$$R_1 = f(\text{PCV, PCC, PCM, TCV, TCM, RMI, RMA, HUR, BEP, BDH, BER, DSV, DSA, DIJ, DIR, T, DDJ, DDR})$$

Constatamos neste primeiro teste que sete variáveis mostraram-se significativas, a saber:

PCV, TCV, RMA, BDH, DSV, DSA, T

Entretanto, estas variáveis aparecem com significância muito baixa, associada a um poder explicativo do modelo relativamente alto, isto é, 63,41%, o que nos leva a acreditar que esteja ocorrendo o problema de multicolinearidade* na estimativa do modelo ou possivelmente erros de especificação.

Por outro lado, com os dados de área cultivada e produção dessas usinas selecionadas, obtivemos um rendimento médio que denominamos de R₂, sendo:

$$R_2 = f(\text{PCV, TCV, RMA, BDH, DIJ, DIR, T, DDJ, DDR})$$

Desse processamento, constatamos que uma única variável é significativa, que é a deficiência hídrica anual (ano agrícola) (BDH). O poder explicativo do modelo foi 34%. Este fato se deve também ao efeito da multicolinearidade entre as variáveis independentes. Contudo, não continuamos a análise com essas variáveis dependentes (R₁ e R₂) porque nesta fase do trabalho verificamos que esses rendimentos médios não expressavam realmente o comportamento temporal e espacial da produtividade da cana-de-açúcar.

Passamos a analisar duas outras variáveis dependentes (R₃ e R₄). O rendimento médio denominado de R₃ é resultante da seleção das usinas existentes em toda a série temporal em análise. Constitui-se na média dos rendimentos das usinas, for-

* Multicolinearidade é o nome dado ao problema geral que surge quando algumas ou todas as variáveis explicativas de uma relação estão de tal forma correlacionadas umas com as outras que se torna muito difícil, se não impossível, isolar suas influências separadas e obter uma estimativa razoavelmente precisa de seus efeitos relativos. Segundo J. Johnston, *Métodos Econométricos* (São Paulo: Editora Atlas S/A, 1971).

O modelo foi testado sob a forma linear, como segue:

$$R_4 = f(BDH_t; DSA_t; DFM_t; PRF_t - 1)$$

onde:

$PRF_t - 1$ = preço de fertilizantes no ano $t - 1$.

As informações dos testes realizados permitiram-nos a formalização final do modelo, o qual testamos econometricamente (fig. 2).

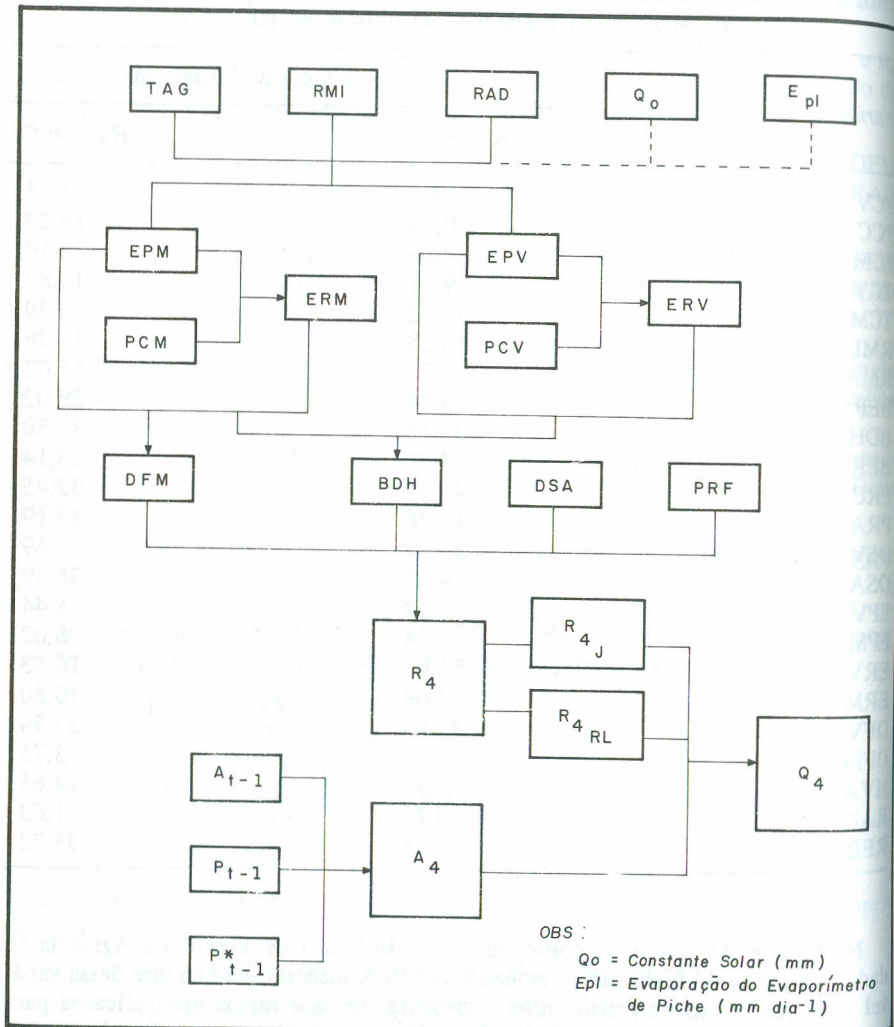


Fig. 2 - Modelo de produção de cana-de-açúcar, para os núcleos canavieiros paulistas.

Como afirmamos anteriormente, inicialmente apenas três variáveis mostraram-se significativas em relação ao R_4 e, posteriormente, quatro, cujo poder explicativo do modelo pode ser considerado bom (41,73%), associado à significância das variáveis.

A deficiência hídrica no ano vegetativo, a deficiência hídrica no período de maturação e colheita e o tipo de solo DSA (Latosol Vermelho Escuro - fase arenosa), mostraram-se altamente significativas no primeiro teste e, posteriormente, incluindo-se os preços de fertilizantes, o nível de significância, se não permaneceu o mesmo para as variáveis consideradas, apresentou uma pequena elevação, tendo a variável preço apresentado boa significância, como pode ser observado a seguir.

Inicialmente, a equação do rendimento agrícola* foi assim formalizada:

$$R_4 = f(BDH, DFM, DSA)$$

A equação sob forma algébrica é apresentada como segue:

$$R_4 = 69,7475 - 0,0440 BDH - 6,5354 DSA + 0,0556 DFM$$

(- 3,098) (- 1,672) (2,228)

Dessa equação "mãe" originam-se duas equações explicativas do núcleo de Jaú (1) e dos núcleos de Ribeirão Preto e Piracicaba (Limeira) (2):

$$(1) \hat{R}_{4J} = 63,2121 - 0,0440 BDH + 0,0556 DFM$$

$$(2) \hat{R}_{4RP} = 69,7475 - 0,0440 BDH + 0,0556 DFM$$

O ponto médio dessas variáveis são:

$$\overline{BDH} = 238,33 \text{ e } \overline{DFM} = 132,61$$

Dessa forma temos:

$$(\hat{R}_{4J})_m = 63,2121 - 0,0440 (238,33) + 0,0556 (132,61)$$

$$(\hat{R}_{4J})_m = 60,1 \text{ t/ha}$$

$$(\hat{R}_{4RP})_m = 69,7475 - 0,0440 (238,33) + 0,0556 (132,61)$$

$$(\hat{R}_{4RP})_m = 66,6 \text{ t/ha}$$

* Os dados utilizados se referem somente à produtividade de cana própria das usinas. De maneira geral a produtividade de cana-de-açúcar no Brasil é medida pela tonelagem de cana obtida por hectare cultivado, nas médias de vários cortes feitos. Isso representa que a produtividade de cana é uma média, das médias de produtividade por corte. Do primeiro para os demais cortes, há uma tendência declinante.

Posteriormente, esta equação muda para melhor ajustamento dos valores de rendimento agrícola observado, quando da substituição dos preços de fertilizantes e do índice - Índice de preços por atacado dos produtos industriais/setor químico - pelo qual foram deflacionados.

Dessa forma, a equação do rendimento agrícola pode ser melhor formalizada:

$$R_4 = f(\text{BDH}, \text{DSA}, \text{DFM}, \text{DEFE})$$

A equação sob forma algébrica é apresentada como segue:

$$\hat{R}_4 = 90,3903 - 0,0318 \text{ BDH} - 7,8942 \text{ DSA} + 0,0609 \text{ DFM} - (-2,2486) \quad (-2,1395) \quad (2,6044) \\ - 13,4663 \text{ DEFE} \quad (-2,4802)$$

As equações originais, desta equação "mãe", são explicativas do núcleo de Jaú (1) e dos núcleos de Ribeirão Preto e Piracicaba (Limeira) (2):

$$(1) \hat{R}_{4J} = 82,4961 - 0,0318 \text{ BDH} + 0,0609 \text{ DFM} - 13,4663 \text{ DEFE}$$

$$(2) R_{4RP} = 90,3903 - 0,0318 \text{ BDH} + 0,0609 \text{ DFM} - 13,4663 \text{ DEFE}$$

O ponto médio dessas variáveis são:

$$\overline{\text{BDH}} = 238,33; \overline{\text{DFM}} = 132,61; \overline{\text{DEFE}} = 1,7680$$

Dessa forma temos:

$$(\hat{R}_{4J})_m = 82,4961 - 0,0318 (238,33) + 0,0609 (132,61) - 13,4663 (1,7680) =$$

$$(\hat{R}_{4J})_m = 59,1848 \text{ t/ha}$$

$$(R_{4RP})_m = 90,3903 - 0,0318 (238,33) + 0,0609 (132,61) - 13,4663 (1,7680) =$$

$$(\hat{R}_{4RP})_m = 67,079 \text{ t/ha}$$

Na equação do modelo ajustado para o rendimento agrícola verificamos que todos os sinais dos coeficientes das variáveis, deficiência hídrica no ano vegetativo (BDH), deficiência hídrica no período de maturação (DFM), o grupo de solos Latosol Vermelho Escuro - fase arenosa (DSA) e, posteriormente, o preço de fertilizantes defasado (DEFE), demonstraram consistência com as hipóteses formuladas. A variável deficiência hídrica no ano vegetativo, apresentou significância a nível de 5% e a elasticidade de ajustamento foi de - 0,1176, ou seja aumentos da variável BDH acusam quedas, na proporção assinalada, no rendimento (R_4). A variável deficiência hídrica, no período de maturação, apresentou-se significante a nível de 5%, sendo que a elasticidade de ajustamento foi de 0,1253. A variável grupo de solos - Latosol Vermelho Escuro - fase arenosa apresentou significância de 5%, com elasticidade de ajustamento de - 0,0402.

A variável preço de fertilizantes defasado apresentou significância ao nível de 2,5%, com elasticidade de ajustamento de - 0,3689, indicando que há decréscimo em 10% no preço deste elemento. Os agricultores respondem com aumento na quantidade consumida e a produtividade eleva-se em 3,68%, conforme as equações seguintes:

$$\eta_{R_4/\text{BDH}} = -0,0318 \frac{238,33}{64,443} = -0,1176$$

$$\eta_{R_4/\text{DFM}} = 0,0609 \frac{132,61}{64,443} = 0,1253$$

$$\eta_{R_4/\text{DSA}} = -7,8942 \frac{0,3333}{64,443} = -0,0402$$

$$\eta_{R_4/\text{DEFE}} = 13,4663 \frac{1,7680}{64,443} = -0,3689$$

Dessa maneira, esses resultados da equação de rendimento agrícola permitiram concluir que:

- quanto maior a deficiência hídrica anual, maior será a quebra do rendimento agrícola anual;
- a deficiência hídrica no período de maturação e colheita facilita a maturação, isto é, garante bons resultados no rendimento agrícola e industrial;
- a presença do Latosol Vermelho Escuro - fase arenosa influi negativamente na produção do núcleo de Jaú ("ceteris paribus") em relação aos demais núcleos. A não presença deste tipo de solo ou seu aparecimento em menor porcentagem não chega a prejudicar a produtividade em Ribeirão Preto e Piracicaba (Limeira), em vista desses dois núcleos apresentarem solos mais férteis, ocultando a influência do grupo de solos - Latosol Vermelho Escuro - fase arenosa, na produtividade agrícola;
- os preços de fertilizantes, sendo baixos, estimulam os canavieiros a empregá-los e, conseqüentemente, obtém-se maior rendimento agrícola.

O diagrama de dispersão (fig. 3) mostra que há tendência dos valores calculados se associarem aos valores ajustados (altos e baixos) e que essa tendência é linear, embora seis observações, das 39, fujam a esta reta. A figura 4 mostra o comportamento da produtividade nos três núcleos: Jaú, Ribeirão Preto e Piracicaba (Limeira) e o ajustamento obtido pelo modelo.

No funcionamento dessa previsão vê-se que as flutuações da produção por área, principalmente nos anos extremos seco e úmido, foram captadas pelas variações climáticas, evidenciando que apesar de em alguns anos as previsões terem sido precárias, os resultados são bastantes satisfatórios. Assim, o coeficiente de determinação (R^2) indicou que 41,73% das variações do rendimento agrícola são explicadas pelo modelo.

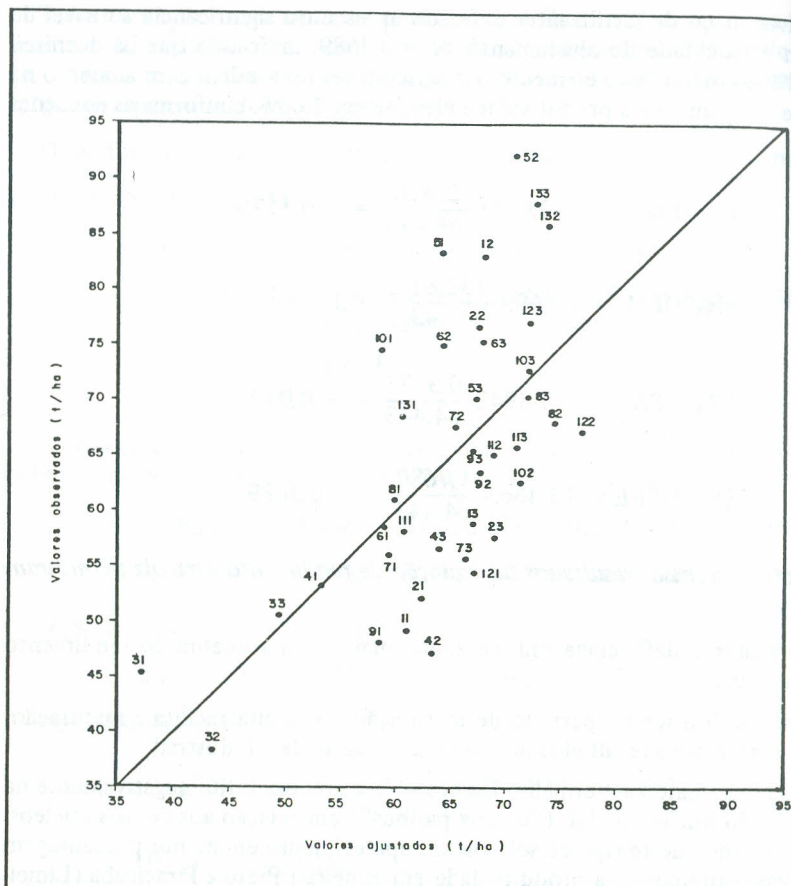


Figura nº 3 - Distribuição dos valores observados e valores ajustados de rendimento agrícola para os núcleos canavieiros do Estado de São Paulo, na série temporal - 1961 / 62 a 1973 / 74 .

ORG. MARIA JURACI Z. DOS SANTOS.

DES. SILBERTO D. HENRIQUE.

4.2. Resultados do modelo ajustado para a equação da área colhida.

Considerando que a produção de cana-de-açúcar pode ser aumentada pelo incremento da área colhida, e pelo aumento da produtividade agrícola, através do emprego de fatores de produção ou ainda pela interação das duas formas, procuramos utilizar, nesta pesquisa, modelos ajustados para a área colhida e para rendimento agrícola, com as respectivas variáveis que os influenciam. Para a área colhida, estabelecemos as seguintes relações:

$$\text{Área}_t = f(\text{A}_{t-1}; \text{P}_t - 1; \text{P}_t^* - 1)$$

onde:

A_{t-1} = área colhida de cana-de-açúcar nos três núcleos canavieiros no ano anterior à safra atual

$\text{P}_t - 1$ = preço da cana-de-açúcar defasado*;

$\text{P}_t^* - 1$ = preço do algodão defasado;

Como pelo modelo de retardamento distribuído há a pressuposição de que ocorre um retardamento no sistema econômico, implicando em que o preço anterior representa uma influência nas tomadas de decisões dos produtos, utilizou-se o preço da cana-de-açúcar com defasagem de um ano agrícola para os núcleos canavieiros paulistas.

Os pesquisadores sentem dificuldades em selecionar culturas competitivas como a cana-de-açúcar, porque ela serve de matéria-prima para unidades industriais, necessitando de uma infra-estrutura elevada, que inibe em grande parte a aplicação de seus requerimentos tecnológicos da cultura semi-perene para outros tipos de exploração agrícola. Apesar das dificuldades tentamos selecionar o algodão como cultura competitiva e, principalmente, porque as afinidades ecológicas são próximas.

Os resultados obtidos nas estruturas das funções de área colhida para cana-de-açúcar, nos núcleos canavieiros paulistas, pelo método dos mínimos quadrados ordinários, são, a seguir, sumarizados.

Pela análise dos resultados pode-se constatar que dos sinais das estimativas dos coeficientes das variáveis, área colhida no período $t - 1$ (A_{t-1}), preço da cana-de-açúcar ($\text{P}_t - 1$), e preço do algodão ($\text{P}_t^* - 1$) (cultura competitiva), não foram todos consistentes com as hipóteses formuladas a priori. Verifica-se que apenas a área colhida no período $t - 1$ (A_{t-1}) mostrou-se consistente, como demonstram os dados da tabela nº 2.

Sendo a cultura canavieira semi-perene, há necessidade de se verificar a influência da área colhida no ano anterior na atual safra (A_{t-1}). No caso da cultura canavieira, pode-se obter quatro colheitas quando uma plantação é bem conduzida, porém no Brasil os canaviais raramente são mantidos além do terceiro corte, a fim de se evitar cortes não econômicos. Normalmente, são considerados mais lucrativos os cortes posteriores ao primeiro, porque a produção do primeiro corte permite cobrir as despesas de formação da lavoura canavieira e os cortes posteriores garantem a lucratividade do empreendimento, por envolver menos despesa.

A pesquisa realizada pelo Ministério do Planejamento e Coordenação Geral, através do Instituto de Planejamento Econômico e Social, publicada em 1972, demonstrou que a oferta depende basicamente da situação ocorrida no ano ante-

* Este retardamento foi empregado em função do ciclo vegetativo da cultura canavieira na região em estudo e do mês (maio) em que normalmente se divulga o preço da tonelagem da cana-de-açúcar. Utilizamos os dados de preço editado pelo Instituto de Economia Agrícola e o preço editado pelo Instituto do Açúcar e do Alcool. Consideramos também na análise o preço da cana-de-açúcar relativo ao algodão, porém esta variável não se mostrou significativa.

rior, quanto à área cultivada e ao preço do produto, bem como das variações do rendimento agrícola na safra correspondente. Dessa forma, a variável área defasada apresentou coeficiente de regressão positivo e altamente significativo.

Tabela nº 2. Estimativa da função de resposta de área colhida de cana-de-açúcar, dos núcleos canavieiros do Estado de São Paulo, na série temporal - 1961/62 a 1973/74.

Variáveis	Coefficiente de Regressão (Erro Padrão)	R Parcial
Área colhida de cana-de-açúcar defasada ($A_t - 1$)	- 183,3587	-0,1335
Preço da cana-de-açúcar defasado ($P_t - 1$)	0,8951	0,8431
Preço do algodão defasado ($P_t^* - 1$)	-3234,7587	-0,1225
Coefficiente de determinação (R^2)	0,7389	
Durbin-Watson	0,2129	

Os coeficientes das variáveis preço da cana e preço do algodão não se apresentaram significativas, motivo pelo qual se optou pela exclusão dessas duas variáveis.

Na resposta da área colhida à variação de preço era esperado que fosse elástica, isto é, que as variações de preço real de cana-de-açúcar resultassem em acréscimos mais que proporcionais na área de corte. Enfim, como indicam as pesquisas de campo até então realizadas e resultados de outras pesquisas, era esperado que o canavieiro se mostrasse mais sensível e reagisse em maior proporção em relação à área do que à produtividade, diante de uma variação de preços.

Os resultados da pesquisa realizada pelo Instituto de Planejamento Econômico e Social (1972) indicaram que as alterações nos preços dos produtos agrícolas trazem, como consequência, alterações na área cultivada, dependendo da magnitude do produto. Chegou-se à conclusão de que a maior responsabilidade das alterações anuais de oferta agrícola é compartilhada pelo nível de preço do produto, antes da época do plantio, e pelas condições climáticas durante o período agrícola. Contudo, entre os produtos agrícolas estudados, a cana-de-açúcar foi uma das que apresentava menor reação aos estímulos de preços.

Pinazza (1978) mostra no estudo realizado para a cana-de-açúcar na Região Norte-Nordeste, quando usou do modelo Nerloviano, que a resposta da produção agregada é bem sensível a estímulos de preço. Pescarin e Larson (1974), estudando as relações estruturais da demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo verificaram que a variável preços recebidos pelos produtos agrícolas, incluída na maioria das equações, apresentou-se significativa para os três elementos NPK, embora sempre com sinal contrário ao esperado (sinal negativo) para o que não encontrou uma justificativa teórica. Pudemos constatar também que Cibantos (1972), estudando a demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo, também teve como resultado a inversão desse sinal para a variável preços recebidos pelos produtos agrícolas. Concluimos, ainda, que em parte a não significância da variável preço reside na utilização de um índice que melhor explicasse em defasagem, portanto haveria necessidade de que esses índices fossem pelo menos regionais.

No caso da cana-de-açúcar, como ocorre a intervenção do governo, através do IAA, os preços pagos aos canavieiros são fixados com antecedência, removendo a incerteza do mercado, pois os preços pagos (em $t + 1$) são efetivamente conhecidos em t , ou seja, no momento da decisão sobre o "quanto" produzir. Assim, havendo a intervenção de órgãos governamentais, a quem cabe controlar e disciplinar a produção e a comercialização da agro-indústria açucareira pelo regime de cotas, anualmente fixadas com base nos estoques e prognósticos dos mercados internos e externos, os preços não se tornaram oscilantes e incertos. Portanto, esperávamos, uma reação muito maior dos canavieiros.

Esses resultados levaram-nos novamente ao campo, onde pudemos constatar, em uma de nossas entrevistas, que o estímulo ao aumento da área colhida reside muito mais no preço do açúcar e do álcool (atualmente) que no preço da matéria-prima: cana-de-açúcar, cujo preço pode ser estimulador ao fornecedor. Portanto, devido à especificação do preço de cana colocado, nesta pesquisa, como estimulador das usinas, não foi possível constatar a sensibilidade da oferta aos preços pagos à matéria-prima e aos preços relativos.

O coeficiente de determinação (R^2) indica que 71,10% das variações na área colhida são explicadas pela variável área colhida em $t - 1$, incluída na equação, como pode ser visto abaixo:

$$A_t = a' + b A_t - 1$$

onde:

A = área colhida no período t

$A_t - 1$ = área colhida no período $t - 1$

b = coeficiente da variável $A_t - 1$

$$a' = \bar{A}_t - b \bar{A}_t - 1$$

onde:

$$\bar{A}_t = \text{área média no período } t = 1814,7 \text{ ha}$$

$$\bar{A}_t - 1 = \text{área média no período } t - 1 = 1724,7 \text{ ha}$$

portanto,

$$\therefore a' = 270,9210$$

e sabendo-se que $b = 0,8951$, temos:

$$A_t = 270,9210 + 0,8951 A_t - 1$$

Verificamos, dessa forma, que 41,73% das variações do rendimento agrícola (R_4) são explicadas pelas variáveis independentes utilizadas no modelo visto no capítulo anterior. A equação da área colhida, explicou 71,10% (R^2) das variações da produção. Dessa maneira, dos 58,27% restantes das variações da produção não explicadas pela equação do rendimento, a área colhida explica 41,42%. Portanto, o poder explicativo do modelo na produção de cana-de-açúcar, nos núcleos canavieiros paulista é igual a 83,15%.

A figura 5 mostra os valores de área colhida observada e a ajustada pelo modelo, onde a área cultivada no ano $t - 1$, influi positivamente na área t . Isso é previsto pois a cultura da cana-de-açúcar é semi-perene. Contudo, verificamos desajusta-

mentos, pois a produção no ano t é explicada por outros fatores que foram excluídos da equação, por não mostrarem consistência com o sinal, ou também por fatores não especificados para a equação da área colhida. A figura 6 mostra os valores de produção observada e ajustada pelo modelo.

Com a finalidade de se obter melhor grau de ajustamento do modelo de produção, para os três núcleos individualmente ou agregados, utilizamos as seguintes fórmulas:

$$VRT = \frac{\sum (Q_4 - \hat{Q}_4)^2}{38}$$

onde:

VRT = valor total dos resíduos (observados x ajustados) da produção

Enquanto que, para cada núcleo, utilizamos a seguinte equação:

$$VRJ = VRR = VRP = \frac{\sum (Q_4 - \hat{Q}_4)^2}{12}$$

onde:

VRJ = valor dos resíduos (observados e calculados) da produção em Jaú;

VRR = valor dos resíduos (observados x calculados) da produção em Ribeirão Preto;

VRP = valor dos resíduos (observados x calculados) da produção em Piracicaba.

Isto nos permitiu calcular o valor total dos resíduos dos valores observados e calculados em relação à média dos três núcleos agregados e individualmente, através das seguintes fórmulas:

$$VTT = \frac{\sum (Q_4 - \bar{Q}_4)^2}{38}$$

onde:

$$\bar{Q}_4 = \frac{\sum Q_4}{39}$$

Sendo que, para cada núcleo, utilizamos a seguinte fórmula:

$$VTJ = VTR = VTP = \frac{\sum (Q_4 - \bar{Q}_4)^2}{12} \quad \text{onde:}$$

$$\bar{Q}_4 = \frac{\sum Q_{4j}}{13}$$

onde:

VTJ = valor total dos resíduos em relação à média, no núcleo de Jaú;

VTR = valor total dos resíduos em relação à média, no núcleo de Ribeirão Preto;

VTP = valor total dos resíduos em relação à média, no núcleo de Piracicaba.

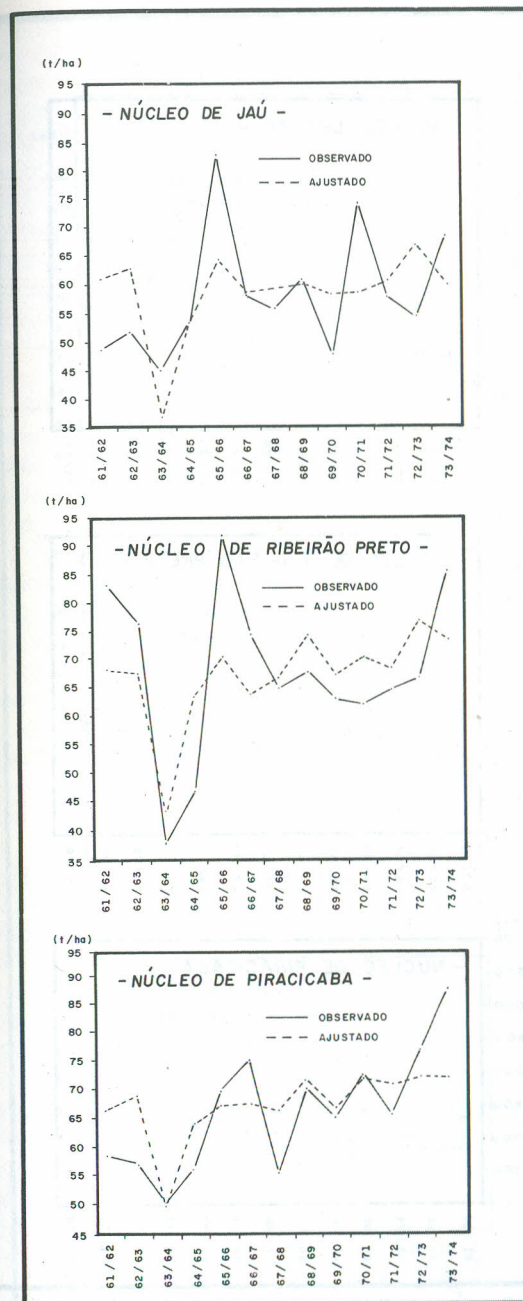


Fig. 4 - Rendimento agrícola da cana - de - açúcar (observando x ajustado), nos núcleos canavieiros paulistas, na série temporal - 1961/62 a 1973/74.

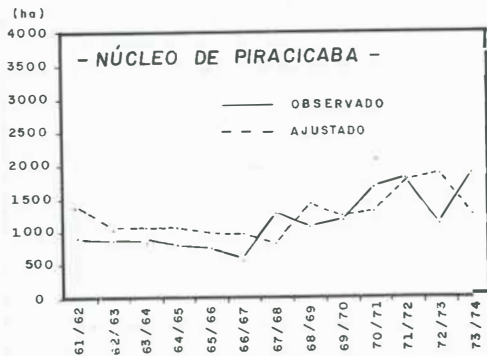
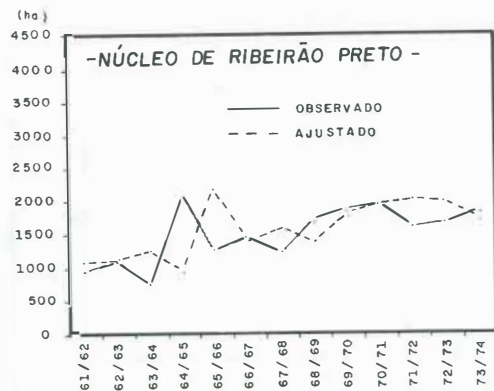
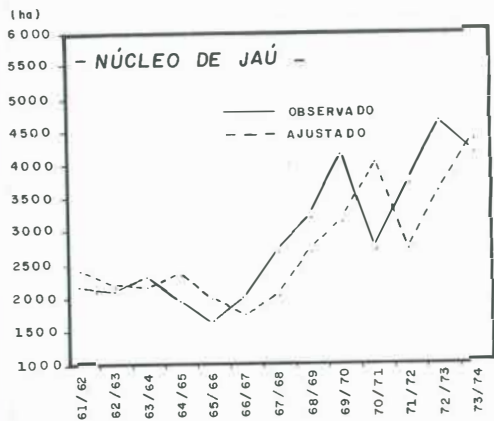


Fig. 5 - Área colhida com cana - de - açúcar (observado x ajustado), nos núcleos canieiros paulista, na série temporal 1961/62 a 1973/74.

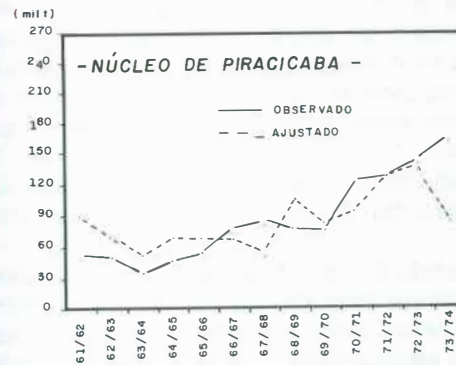
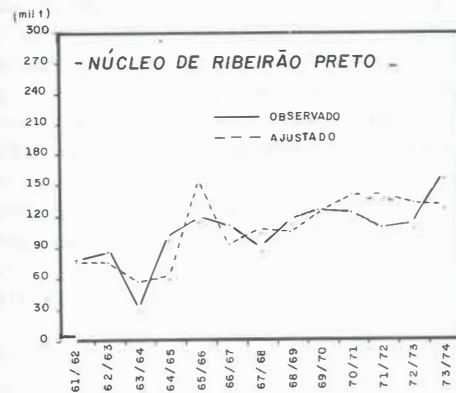
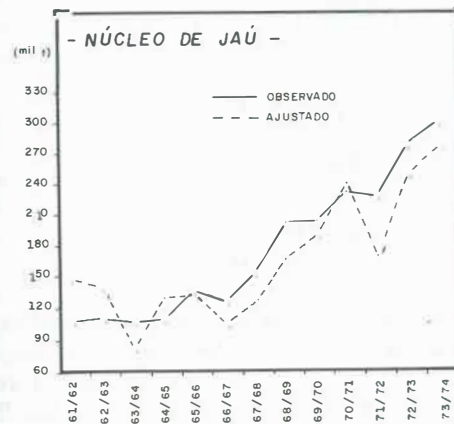


Fig. 6 - Produção de cana - de - açúcar (observado x ajustado), nos núcleos canieiros paulista, na série temporal 1961/62 a 1973/74.

Como indicadores finais dos graus de ajustamentos do modelo de produção, utilizamos o seguinte:

$$EFT = \left[1 - \left(\frac{VRT}{VTI} \right) \right] \times 100 = 55\%$$

$$EFJ = \left[1 - \left(\frac{VRJ}{VTJ} \right) \right] \times 100 = 70\%$$

$$EFR = \left[1 - \left(\frac{VRR}{VTR} \right) \right] \times 100 = 91\%$$

$$EFP = \left[1 - \left(\frac{VRP}{VTP} \right) \right] \times 100 = 55\%$$

Estatisticamente, podemos afirmar que o modelo capta melhor as flutuações da produção de cana, no núcleo de Ribeirão Preto (91%), em seguida Jaú (70%) e, por último, em Piracicaba (55%). Agregadamente o modelo ajusta-se em 55% aos dados reais de produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. As maiores distâncias nos ajustamentos de oferta agregada se constituem no ano de 1971/72 em Jaú, 1965/66 em Ribeirão Preto, e 1973/74 em Piracicaba.

Quanto aos fatores responsáveis pelas oscilações no rendimento agrícola e consequente na produção, pudemos registrar pela pesquisa de campo, principalmente na Usina Diamante, representativa do núcleo de Jaú, que as quedas de 1963/64 devem-se às secas. Seguidas de aumentos em 1964/65, ano padrão úmido, porém ressentindo-se ainda do efeito defasado das perdas fisiológicas das socas e ressocas. No ano seguinte 1965/66, também chuvoso com regular distribuição das chuvas, vão se mostrar juntamente com problemas políticos, na superprodução. Podemos observar, que as oscilações de produção nesse período não se devem à aumentos de área (exceto 1964/65 – núcleo de Ribeirão Preto), que contrariamente tende a decrescer.

No contexto político e institucional verificamos em Smrecsányi (1978) e Pinazza et alii (1979) que no período de 1958/62 ocorreu melhoria do preço, e de 1960/65 os estoques acumulados em excesso na década anterior são absorvidos, havendo em seguida escassez de oferta e expansão da produção em função dos altos preços atingidos em 1963. Em 1964 ocorreu queda do açúcar no Mercado Livre Mundial, tornando graves as exportações brasileiras, o que gera o acúmulo de volumosos excedentes, os quais não poderiam ser absorvidos à curto prazo pelo mercado interno em plena recessão. A superprodução do açúcar de 1965/66 levou à alteração dos preços pagos pelo Instituto do Açúcar e do Alcool na safra de 1966/67, quando então são reajustados baseados em custos de produção, tanto agrícola como industrial.

Notamos que no período de 1966/67 a 1972/73 as oscilações do rendimento agrícola são de dimensões menores que a do período anterior (fig. 4). Os dados da Usina Santa Lídia, representativa do núcleo de Ribeirão Preto, demonstram claramente uma situação de estabilização. A área colhida, entretanto, não decresce, mantém-se ou eleva-se, repercutindo consequentemente na produção. Isto levounos a buscar explicações nas variáveis econômicas. Verificamos que é a partir de 1965/66 que o preço de fertilizantes, importante para o aumento do rendimento

agrícola, sofre um vertiginoso aumento, associado à quedas dos preços do açúcar e implantação de controle da produção. A ação do ano padrão seco – 1968/69 – percebemos apenas em termos de efeito defasado, nas usinas representativas, porém nos dados agregados de núcleos seu efeito conserva-se em t. Esse efeito e o do ano padrão habitual – 1971/72 – são percebidos em menores proporções. Acreditamos que isso se deva ao fato da produção encontrar-se severamente controlada pelo Instituto do Açúcar e do Alcool, que estabeleceu e implantou uma série de medidas em função das possibilidades do suprimento interno.

Assim, é somente a partir de 1972/73 e mais precisamente em 1973/74 que observamos aumentos de rendimento, área e produção. Inferimos que isto seja reflexo do aumento novamente de preços, provocado por fatores conjunturais e estruturais. Há a tendência de resposta à economia de escala, quando várias indústrias foram incorporadas por outras, visando maiores índices de produtividade, que é o caso específico da Usina Boa Vista, representativa do núcleo de Piracicaba. É no final desse período que ocorre a criação do Planalsucar, visando a melhoria da cana e racionalização da produção.

Concluimos quanto aos ajustamentos dos modelos de oferta, que suas distâncias em relação ao observado devem estar associadas ao fator econômico, preço do açúcar, e aos fatores políticos, não quantificados nesta pesquisa, e que teve grande influência na série temporal em análise, principalmente a partir da superprodução de 1965/66.

Os efeitos de medidas de incentivo à geração e introdução de novas tecnologias têm papel importante na modernização da agro-indústria nos núcleos canavieiros. Assim sendo, novas pesquisas serão necessárias, tanto para atender como para estudar os efeitos econômicos das inovações técnicas que estão sendo produzidas e intensificadas na lavoura canavieira.

5 – CONCLUSÕES E PROPOSIÇÕES

Conforme objetivo estabelecido e os resultados alcançados na pesquisa, concluímos:

1. As três grandes regiões canavieiras estão associadas às maiores áreas de terra-roxa do Estado, de topografia suave, em províncias geomorfológicas distintas e com feições climáticas sub-regionais individualizadas pelos valores que assumem espacialmente os elementos climáticos e principalmente as chuvas, advindas especialmente das correntes de circulação perturbada, da posição geográfica e do relevo.
2. Da especificação empírica e teórica das variáveis independentes físicas (clima e solo) e econômicas (preço dos fatores de produção e preço da matéria prima – cana-de-açúcar) que influenciam as dependentes: rendimento, área e produção, pudemos verificar qualitativa e quantitativamente quais as que são mais significativas: deficiência hídrica anual, deficiência hídrica no período de maturação e colheita, grupo de solos – Latosol Vermelho Escuro – fase arenosa, preço de fertilizantes, área colhida defasada.
3. Pela análise da interação das variáveis climáticas, pedológicas e econômicas, no modelo de rendimento agrícola, podemos concluir que: a) quanto maior a deficiência hídrica anual, maior será a quebra do rendimento agrícola anual; b) a

deficiência hídrica no período de maturação e colheita facilita o processo de maturação, isto é, garante bons resultados no rendimento agrícola e industrial; c) a presença do Grupo de solos — Latosol Vermelho Escuro — fase arenosa, influi negativamente na produção do núcleo de Jaú, onde a ausência ou o aparecimento em menor porcentagem nos núcleos de Ribeirão Preto e Piracicaba não chega a prejudicar a produtividade, em vista de apresentarem solos mais férteis, ocultando a influência do Latosol Vermelho Escuro — fase arenosa na produtividade agrícola; d) os preços de fertilizantes estimulam os canavicultores a empregá-los nas proporções recomendadas e, conseqüentemente, obtém maior rendimento agrícola.

4. As variáveis: deficiência hídrica anual, presença ou ausência do Grupo de Solos — Latosol Vermelho Escuro — fase arenosa e preço de fertilizantes, explicam 41,73% (conforme indicação do coeficiente de determinação, R^2) das variações do rendimento agrícola, ocorridas nos núcleos canavieiros, no período de 1961/62 a 1973/74.
5. A equação da área colhida, através da variável área colhida defasada, explicou 71,10% das variações de produção. A pesquisa de campo, realizada nas três usinas representativas de cada núcleo, reafirmou nossa posição de que as condições climáticas não interferem diretamente na expansão da área de cultivo, pois o mesmo é realizado durante a estação chuvosa e, se eventualmente houver falhamento, isto ocorrerá na germinação. Conforme a relatividade dos custos, o canavicultor opta pelo replantio, ou dos falhamentos, ou da área total.
6. O poder explicativo do modelo na produção de cana-de-açúcar, nos núcleos canavieiros paulistas, é 83,15%.
7. O modelo apresentado capta melhor as flutuações da produção de cana no núcleo de Ribeirão Preto (91%), em seguida Jaú (70%) e por último Piracicaba (55%).
8. As variáveis preço da cultura competitiva, preço relativo e preço da cana-de-açúcar, defasado de um e de dois anos, foram excluídas do modelo de área colhida por não comparecerem significativamente. Esse resultado levou-nos novamente ao campo, onde através de entrevistas pudemos constatar que o algodão é cultivado em áreas pequenas e apenas quando o canavial é reformado, havendo preferência pelas leguminosas (soja, amendoim, feijão, tomate e outras), que geralmente são utilizadas como culturas consorciadas. Quanto ao preço da cana, o mesmo é relativo no estímulo do aumento da área colhida, sendo o maior estimulador o preço do produto industrializado — açúcar (ou álcool, na atualidade).
9. As variáveis climáticas contribuem nas diferenças de produtividade agrícola e conseqüentemente na produção dos núcleos canavieiros, por variarem espacial e temporalmente. As variáveis pedológicas contribuem nestas oscilações e também na viabilidade da cultura, variando acentuadamente no espaço. As variáveis econômicas contribuem conjuntamente desestimulando ou acelerando o processo produtivo; suas variações são temporais, variando igualmente para os três núcleos, porém induzindo modificações espaciais, inclusive pelo nível de insumos necessários em cada núcleo, determinado pelas condições físicas. Assim, a interação dessas variáveis, associadas ainda a outras não quantificadas neste

trabalho, determinam os níveis de produtividade, área cultivada ou colhida e produção dos núcleos canavieiros do Estado de São Paulo.

Essas conclusões levam-nos a colocar *proposições para novas pesquisas*:

1. Na aplicação do modelo de Nerlove, especificamente para a cultura canavieira, a cultura competitiva não deve ser utilizada em nível de usina, mas sim em nível de fornecedor; o preço do açúcar ou do álcool deve ser utilizado em nível de usina, diferentemente do preço da cana o qual deve ser considerado a nível de fornecedor. Outras variáveis relacionadas à industrialização deverão figurar, no modelo econométrico, a nível de usina.
2. Propomos ainda que, no pequeno número de projetos de pesquisas das usinas, se faça urgentemente introduzir levantamentos pedológicos de suas terras cultivadas, a fim de servir de apoio aos modelos de rendimento agrícola.
3. O Instituto do Açúcar e do Alcool deve refazer sua rede de postos pluviométricos estendendo a todas as usinas, pois muitas delas não dispõem atualmente do pluviômetro ou dos registros, cuja falha se deve também à falta de técnicos.
4. Face a extensão dos núcleos há necessidade de ampliação de postos meteorológicos, especialmente em Piracicaba e Ribeirão Preto.
5. Há necessidade de reformulação do sistema de coleta de dados estatísticos, assim como de informações meteorológicas sobre o comportamento atmosférico e serviços de previsão agro-climática, voltadas basicamente para as necessidades agrícolas do país. A divulgação deve ser periódica em sumários acessíveis e veiculados o quanto possível aos interessados.
6. De acordo com as conclusões a que chegamos, recomendamos a aplicabilidade da irrigação como recurso viável, frente aos retornos econômicos, sanando os déficits e assegurando o êxito da produção através do aumento acentuado da produtividade agrícola. A importância da aplicabilidade da irrigação é reforçada pelo fato de que muitas das variedades ricas em sacarose são bastante sensíveis à deficiência de água no solo.

Ressaltamos que a pesquisa da cana-de-açúcar irrigada é desenvolvida pelo Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar, desde 1974. A Coordenadoria Regional Sul conclui, em seus projetos de pesquisa, que a produção da cana-planta foi significativa, porém nos cortes posteriores seus ganhos foram baixos, não justificando a implantação da irrigação em escala comercial. Contudo, acreditamos que a atual crise energética e os estímulos de preço do produto farão com que essas diferenças percentuais tenham maior significado, levando os canavicultores a aplicarem a irrigação suplementar como operação normal da cultura, vindo a contornar os problemas climáticos locais e regionais.

Os resultados alcançados e as proposições colocadas poderão levar o Estado de São Paulo, juntamente com os outros, a terem melhores condições de pesquisa, que contribuirão cada vez mais nas soluções de aumento de produtividade agrícola, conservando a posição atual de destaque do nosso país quanto à produção de açúcar, e em grande parte no suprimento do álcool como fonte alternativa de energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cibantos, J.S. — “Demanda de Fertilizantes no Estado de São Paulo”. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, 1972.

- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, "Variações Climáticas e Flutuações da Oferta Agrícola no Centro-Sul do Brasil". *Estudos para o Planejamento*, série nº 1, 419 p., 1972.
- Johnston, J. — *Métodos Econométricos*. São Paulo: Editora Atlas S/A, 1971, 318 p.
- Pastore, A.C. — "A Resposta da Produção Agrícola aos Preços no Brasil". Tese de Doutorado, Faculdade de Ciências Econômicas e Administrativas da Universidade de São Paulo, 1968.
- Pescarin, R.M.C. e Larson, D.W. "Relações Estruturais da Demanda de Fertilizantes no Estado de São Paulo". *Agricultura em São Paulo*, Ano XXI, Tomo III, pp. 89-127, 1974.
- Pinazza, A.H. — "Oferta de Cana-de-Açúcar na Região Norte-Nordeste". Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, 1978.
- Pinazza, A.H. et alii, "A Estrutura do Processo Produtivo Canavieiro e suas possíveis Implicações nos Trabalhos de Inovação Tecnológica". *Planalsucar* (mimeografado), 24 p., 1979.
- Ribeiro, A.B. — "Estimativa de Relações Estruturais da Oferta de Cana-de-Açúcar no Estado de Minas Gerais". Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, 1974.
- Santos, M.J.Z. — "Influências Climáticas associadas às Pedológicas e Econômicas na Produção de Cana-de-Açúcar nos Núcleos Canavieiros do Estado de São Paulo". Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 1981.
- Santos, M.J.Z. — "Fatores Influenciadores e seus Interrelacionamentos na Produção Agrícola Canavieira. Uma Técnica de Análise". *Revista de Geografia*, nº 1, pp. 51 a 63, 1982.
- Smrecsányi, T. — "O IAA como órgão de Planejamento e Controle, Atuação e Redirecionamento". *Anais do Simpósio sobre Sócio-Economia Canavieira*, pp. 31-74, 1978.
- Toyama, N.K. e Pescarin, R.M.C. — "Projeções da Oferta Agrícola do Estado de São Paulo". *Agricultura em São Paulo*, Ano XVII, nºs 9/10, 97 p., 1970.

SUMMARY — ECONOMETRICAL ANALYSIS OF THE PAULISTA SUGARCANE YIELD

Brazil has been achieving an outstanding position in the sugar production, important for the nation's economy, which contributes for the earning of exchange value from the export of that product. The sugar-cane agricultural productivity has been considered low in relation to other producing countries. The State of São Paulo has been the main producer for the last decades and is the object of this analysis.

The present work deals with the identification and evaluation of the main factors affecting the productivity level, mainly the ones which provoke marked and sudden supply fluctuations observed annually, in the temporal series, from 1959/60 to 1973/74. The main concentrating areas of the State of São Paulo, named nuclei, Jaú, Ribeirão Preto and Piracicaba, have been considered as the spatial support.

The econometrical model of distributed unbalances was used in this work. This Nerlovian model permitted the verification of the influence of the independent physical variables (climate and soil) and the influence of the economical variables (the price of the production factors and the price of raw material) upon the forecast of the dependent ones. The determination coefficient (R^2) showed that 41.73 per cent of the variations of the agricultural yield which occurred at the nuclei and in this series, are explained by the following variables: annual water shortage, the presence or absence of Soil Group-Dark Red Latosol-sandy phase and the price of fertilizer. The equation for the harvested area, through the unbalanced harvested area, accounted for 71.10 per cent of the production variations. The explicative power of the model presented is about 83.15 per cent with differentiated adjustments for each nucleus.

These results have led the authoress to place propositions for new investigations and for those new ones that deal with productive sugar-cane plantations.