

# **CRESCIMENTO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA NA REGIÃO DE CAMPINAS, ESTADO DE SÃO PAULO, SEGUNDO UM MODELO DE PROGRAMAÇÃO RECURSIVA: 1970/71 A 1976/77\***

Antonio Celso Gemente  
Fernando Curi Peres\*\*

## **SINOPSE**

O trabalho utiliza-se de um modelo de programação recursiva para reproduzir o padrão de crescimento da produção agrícola na Divisão Regional Agrícola (DIRA) de Campinas, Estado de São Paulo, no período 1970/71 a 1976/77. Os dados utilizados foram fornecidos pelo Instituto de Economia Agrícola de São Paulo.

O modelo de programação recursiva usa a técnica de programação linear para maximizar uma função de receita líquida das atividades agrícolas realizadas na região, sujeita a um conjunto de restrições que traduzem as disponibilidades de recursos; trata-se de um modelo dinâmico, em que as soluções de períodos anteriores são transferidas para o período correspondente através de funções recursivas específicas.

Como principal conclusão, tem-se que o fraco desempenho do modelo está associado: (a) às políticas alternativas de tecnologia que se permitiu; (b) à ausência no modelo de competição regional; e (c) à diversidade e extensão regionais que oferecem grandes obstáculos à simulação de crescimento da produção agrícola no período.

## **SUMMARY**

The study utilizes a recursive programming model to reproduce the agricultural production growth pattern in the Divisão Regional Agrícola (DIRA) of Campinas, State of São Paulo, in the period 1970/71 to 1976/77. The data utilized in this study were provided by the Instituto de Economia Agrícola de São Paulo.

The recursive programming model uses the linear programming technique to maximize an expected net income function of agricultural activities carried out in the region, subject to a number of restrictions, which reflect resource

---

\* Trabalho baseado na dissertação de Mestrado do primeiro autor. O trabalho foi financiado Pelo Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo e faz parte do projeto "Análise do Comportamento do Setor Agrícola do Estado de São Paulo", desenvolvido por aquele Instituto.

\*\* Respectivamente, ex-Pesquisador da EMBRAPA/CNPGL, atualmente Técnico do IAA/PLANALSUCAR; e Pesquisador da EMBRAPA, exercendo as funções de Professor Visitante junto ao Departamento de Economia e Sociologia Rural da ESALQ/USP.

availability; it is a dynamic model, in which solutions found for preceding periods are transferred to the current period through specific recursive functions.

As a main conclusion, we have that the poor performance of the model is associated with: (a) the few technological alternatives which were permitted; (b) absence of regional competition; and (c) regional diversity and extension which constitute great difficulties in simulating the agricultural production growth in the period under study.

## **CRESCIMENTO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA NA REGIÃO DE CAMPINAS, ESTADO DE SÃO PAULO, SEGUNDO UM MODELO DE PROGRAMAÇÃO RECURSIVA: 1970/71 A 1976/77**

Antonio Celso Gemente  
Fernando Curi Peres

### **1. INTRODUÇÃO**

Este trabalho trata de um modelo de programação matemática que tenta reproduzir a história da agricultura na região de Campinas (SP) em anos recentes. Isto teria grande utilidade na medida em que fosse possível, a partir de um modelo consistentemente estruturado, realizar simulações e projeções sobre o modo de crescimento da produção agrícola regional.

O modelo de programação recursiva (MPR) utiliza-se da técnica de programação linear (P.L.) para maximizar ou minimizar uma função-objetivo sujeita a um conjunto de restrições. Estas são transferidas de um período a outro através de funções recursivas específicas, isto é, as soluções de períodos anteriores são transpostas para o período corrente, e assim por diante, com base numa matriz inicial. Seu caráter dinâmico é dado pela incorporação da variável tempo de forma implícita. A diferença que separa o MPR de outros modelos dinâmicos é que no primeiro a otimização é feita período a período, enquanto que no segundo caso a otimização ocorre simultaneamente para todo o horizonte de planejamento.

O MPR foi desenvolvido por DAY (3) e aplicado, sucessivamente, por HEIDHUES (6), SINGH (13) e AHN (1). O trabalho de DAY (3) foi pioneiro na implementação desse modelo, partindo das noções elementares de P. L. vistas em H EADY (5) e do modelo de utilização de terras de HENDERSON (7), do que o MPR é derivado diretamente. DAY (3) aplicou-o numa região dos Estados Unidos, concluindo que o modelo apresentou bom desempenho ao descrever a história agrícola regional. Posteriormente, HEI DHUES (6) fez o mesmo para uma propriedade típica do norte da Alemanha. SINGH (13), igualmente, relata bons resultados para a região de Punjab, na Índia. E AHN (1) testou o modelo nas condições brasileiras, realizando um estudo na região de Missões, no Rio Grande do Sul.

O sucesso desses autores no trato com os problemas estudados, ao lado das potencialidades de que o MPR é dotado, fez com que se dispusesse a utilizá-lo tomando-se uma região do Estado de São Paulo, a Divisão Regional Agrícola (DIRA) de Campinas, nos anos de 1970/71 a 1976/77. Neste trabalho, maximiza-se uma função lexicográfica de utilidade, sujeita às restrições impostas pela quantidade de recursos regionalmente disponíveis.

## 2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho é testar a eficiência de um modelo de programação recursiva em reproduzir o crescimento da produção agrícola regional na DIRA de Campinas, Estado de São Paulo, durante os anos de 1970/71 a 1976/77.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Área de Estudo e Fonte de Dados

A DIRA de Campinas possui uma área geográfica de, aproximadamente, 2.300.000 hectares e localiza-se na parte centro-nordeste do Estado de São Paulo. As DIRAs correspondem às divisões administrativas, e a de Campinas abrange seis sub-regiões, com sede nas cidades de Campinas, Casa Branca, Limeira, Piracicaba, Rio Claro e São João da Boa Vista.

Duas particularidades, com respeito à região escolhida para o estudo, merecem atenção: as posições geográfica e econômica privilegiadas, que lhe asseguram alto grau de desenvolvimento, e sua extensão territorial, ambas concorrendo para uma grande diversificação de atividades: Maiores detalhes sobre a região podem ser encontrados no Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo (g).

A fonte básica de dados para este estudo foram os levantamentos executados pelos técnicos da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), sob a coordenação do Instituto de Economia Agrícola (IEA), órgãos da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. Esses levantamentos servem para se proceder a estimativas e previsões de safras agrícolas no estado.

O preenchimento dos questionários é efetuado cinco vezes durante o ano agrícola, nos meses de setembro, novembro, janeiro (ou fevereiro), março (ou abril) e junho. A amostragem inclui as propriedades agrícolas acima de 3 hectares, distribuídas em 12 estratos de área. As estimativas até 1973 foram obtidas de maneira a possuírem erros-padrão de mais ou menos 5% do seu valor, a nível de estado; a partir de 1974, um projeto específico do IEA amplia a amostra para obter estimativas que não apresentem erros-padrão maiores que mais ou menos 10%, ao nível das DIRAs do Estado de São Paulo, segundo o trabalho de CAMPOS & PIVA (2).

Além desses dados primários, utilizaram-se também dados diversos presentes nas publicações do IEA, especialmente o Boletim Informações Econômicas (10), de edição mensal, e os Prognósticos (11) anuais.

### 3.2. O Modelo

Formalmente, o MPR pode ser expresso por:

$$\text{Maximizar } (II)(t) = \sum_{j=1}^n z_j(t) x_j(t) \quad (I)$$

$$\text{Sujeito a } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j(t) \leq b_i(t) \quad (\text{II})$$

$$\text{e } x_j(t) \geq 0 \quad (\text{III})$$

$$\text{com } b_i(t) = f_i[x_j^*(t-1), b_i(t-1), c_i(t)] \quad (\text{IV})$$

$$\text{onde } t = 0, \dots, \theta; j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, m$$

A equação (I) é uma medida da receita líquida (margem bruta) da agricultura regional a cada ano. O vetor  $x(t) = [x_j(t)]$ , de dimensão  $n$ , descreve as atividades que compreendem produção, consumo: compra, investimento e atividades financeiras. Os coeficientes  $z_j(t)$  formam um vetor de dimensão  $n$ , que, para as atividades de produção, representam a diferença entre a receita e os custos variáveis, por unidade; ou os custos variáveis, no caso de atividades que por si não têm receita (pastagens, por exemplo); é evidente que o seu sinal será positivo e negativo, respectivamente. Do mesmo modo, quando a  $j$ -ésima atividade for de compra de insumos,  $z_j(t)$  será negativo; por exemplo:  $z_j(t)$  é o valor negativo do salário, no caso da aquisição dos serviços de trabalho temporário não, familiar etc.

No caso das atividades de investimentos, o  $z_j(t)$  correspondente assume o valor negativo da estimativa do custo anual das máquinas, representado por juros e depreciação linear. E, finalmente, para as atividades financeiras de empréstimo e poupança,  $z_j(t)$  é o valor negativo da taxa de juros, ou o valor do custo de oportunidade do dinheiro, se depositado em agências financeiras.

As atividades de consumo familiar e outros encargos desse tipo podem ser tratados no mecanismo recursivo, onde uma parte da produção do período corrente é imobilizada para consumo no período seguinte, segundo uma proporção a ser estabelecida para cada situação. As amortizações e débitos anteriores são incorporados como obrigações fixas, as quais são funções das soluções  $x_j^*(t-k)$  dos períodos anteriores.

O sistema de inequações dado em (II) serve para restringir o nível das atividades por um conjunto de limitações designadas pelo vetor  $b(t) = [b_i(t)]$ , de dimensão  $m$ , que estabelece: (a) a disponibilidade de recursos, tanto a nível da empresa agrícola (terra, trabalho familiar etc.), como a nível regional (limite de crédito, mão-de-obra assalariada etc.); (b) as restrições financeiras que "amarram" a disponibilidade de capital de giro às exigências das atividades produtivas; e (c) as restrições de comportamento, como os limites de flexibilidade da produção, e uma medida do processo de mudança tecnológica, em termos de adoção e ajustamento.

A matriz dos coeficientes  $a_{ij}(t)$ , de dimensão  $m \times n$ , representa a estrutura técnica e institucional da empresa. Conforme o tipo de restrição, esta pode ser fracionada compativelmente em subperíodos para atender a épocas mais ou menos exigentes. Isto ocorre, por exemplo, com os serviços de máquinas e de

trabalho manual no preparo da terra ou na colheita, épocas de pico de utilização dos insumos.

A desigualdade em (III) afirma, claramente, que as atividades não podem ser negativas e, no máximo, não figuram na solução ótima (indicada pelos asteriscos), quando então  $x_j^*(t) = 0$ .

A relação vista em (IV) assevera que as restrições dependem das soluções passadas  $x_j^*(t - 1)$ , dos níveis das disponibilidades prévias  $b_i(t - 1)$  e de um vetor  $c(t) = [c_i(t)]$  que fornece informações exógenas ao modelo.

### 3.2.1. Atividades e Restrições da Matriz

As atividades consideradas foram as seguintes, numeradas de acordo com o trabalho original (4):

$j = 1, \dots, 16$  atividades produtivas agrícolas anuais com uma ou duas tecnologias (inclui-se batata das águas e da seca, algodão, cana-de-açúcar, mandioca, tomate envarado, soja, feijão das águas e da seca, milho e arroz de sequeiro);

$j = 17, \dots, 26$  atividades produtivas agrícolas perenes (café e citrus);

$j = 27, \dots, 33$  atividades produtivas de pecuária (suinocultura tipo carne e tipo banha, bovinocultura de corte, pecuária de leite B e pecuária de leite C);

$j = 34, \dots, 38$  atividades de transferência. Serviram apenas para compatibilizar alguns arranjos necessários à matriz, como consumo de milho para os animais de trabalho e critérios para uso da terra;

$j = 39, \dots, 41$  consumo de arroz, feijão e leite C para os trabalhadores familiares;

$j = 42, 43$  atividades de investimento, em maquinaria (trator e implementos) e colhedeira de soja. Neste caso, poderiam estar incluídas também as atividades que serviram como "escolha" no caso de culturas perenes, representadas por  $j = 17, 18$ ;

$j = 44, 45$  atividades financeiras (crédito para investimento e crédito de custeio);

$j = 46, \dots, 61$  atividades de compra de insumos modernos, serviços de mão-de-obra e consumo de alimentos pelos trabalhadores familiares;

$j = 62, \dots, 71$  atividades de venda de arroz, feijão e milho (para consumo humano e animal), de café e citrus e de venda de serviços de mão-de-obra familiar;

$j = 72$  atividade financeira que fornece o custo de oportunidade do capital próprio.

E as restrições:

$i = 1, 2 e 3$  restrições de terra para culturas anuais, perenes e pastagens;

$i = 4, \dots, 10$  disponibilidade de mão-de-obra, dividida em subperíodos, quando necessário (mão-de-obra familiar, residente e contratada);

$i = 11, \dots, 15$  disponibilidades financeiras (capital de giro, crédito de custeio e de investimento, e custo de oportunidade do capital próprio);

$i = 16, \dots, 19$  restrições do uso de maquinaria (trator mais implementos) em subperíodos e limite de investimento em máquinas;

$i = 20, \dots, 25$  restrições ao uso de animal de trabalho em subperíodos e balanço para alimentação dos animais;

$i = 26, 27$  restrições do uso da colhedeira de soja e limite de investimento em colhedeira de soja;

$i = 28, \dots, 32$  balanço entre compra e consumo de adubos e corretivo;

$i = 33, \dots, 36$  balanço entre produção, venda e consumo de arroz, feijão, milho e leite C;

$i = 37$  balanço entre produção e venda de leite B;

$i = 38, \dots, 40$  consumo dos trabalhadores familiares;

$i = 41, 42$  balanço entre produção e venda de café e citrus;

$i = 43$  balanço da capacidade de suporte das pastagens;

$i = 44, \dots, 51$  balanço de culturas perenes em vários estágios de maturação;

$i = 52, \dots, 91$  limites superiores e inferiores das atividades produtivas e de comportamento.

Para investimento em culturas perenes usou-se o artifício de separar cada estágio de maturidade das culturas como se fossem atividades independentes. A decisão de investir (plantio) projeta a média da receita líquida, obtida pela divisão entre a diferença da receita total e custos e o período de vida útil da cultura, a cada ano (obedecendo a diferentes níveis de rendimento de cada estágio), com a exclusão dos custos no período corrente. Não se permitiu a erradicação e, portanto, a área plantada passou ao estágio seguinte no próximo período, após ter sido depreciada segundo uma parcela de sua vida útil.

Para o investimento em máquinas, utilizou-se o artifício de reduzir os vários tipos de tratores existentes para incorporá-los num tipo padrão de 61 HP através da ponderação de seus respectivos preços, que se pressupôs acompanhar de perto, ou pelo menos manter uma determinada proporção estável, com o rendimento nas operações. Além disto, tomaram-se todos os implementos mais utilizados no trabalho agrícola, que constam dos custos de produção do IEA, e, com base na série de dados disponíveis, estimou-se a relação média trator/implementos, que figura também na decisão de investir em máquinas.

A competição por recursos, a nível regional não foi realizada devido à falta de informações suficientes. Isto, equivale a dizer que os recursos, como mão-de-obra, crédito e maquinaria, não possuíam limites determinados regionalmente, mas, sim, para cada estrato de propriedade. No caso de mão-de-obra, admitiu-se que a categoria "contratada" teria oferta perfeitamente elástica na região, o mesmo ocorrendo com respeito a crédito para investimento; e não houve limite à aquisição de máquinas e implementos.

As explicações adicionais podem ser encontradas em (4).

### 3.2.2. Modelo de Expectativa de Preços

Com o intuito de se aproximar do processo real de decisão dos produtores, concebeu-se um modelo simples de expectativa de preços dos produtos agrícolas, tornando-os endógenos, ao passo que para os preços de insumos adotou-se a pressuposição de conhecimento perfeito por parte dos agricultores, e foram dados exogenamente. A utilidade desse procedimento está em que as decisões sobre o plantio são feitas em situação de conhecimento imperfeito, quanto aos preços que prevalecerão na época de venda do produto (PERES, 8).

Dados  $P$  como sendo índice dos preços recebidos pelos agricultores do Estado de São Paulo (instituto de Economia Agrícola - média ponderada dos índices dos preços recebidos pelos 21 principais produtos agrícolas) e  $I$  como sendo o índice geral de preços (índice "2" da Fundação Getúlio Vargas), tem-se:

$$p = d \frac{\ln P}{dt} = \frac{dP}{dt} \cdot \frac{1}{P} = \text{taxa de crescimento do índice de preços recebidos pelos agricultores}$$

e

$$i = d \frac{\ln I}{dt} = \text{taxa de crescimento da inflação.}$$

Com estes elementos, estimou-se, originalmente, a regressão linear com as séries temporais de crescimento dos índices disponíveis desde 1948, tomando-se o ano de 1966 = 100, que assume a forma:

$$P_t = \alpha_1 + \beta_1 i_{t-1} + \gamma_1 i_{t-2} + \delta \alpha_2 + \delta \beta_2 i_{t-1} + \delta \gamma_2 i_{t-2} + \epsilon_t \quad (V)$$

onde:

$\alpha_1$  e  $\alpha_2$  = interceptos;

$\beta_1, \beta_2$  e  $\gamma_1, \gamma_2$  = coeficientes de regressão;

$\delta$  = variável binária:  $\delta = 0$ , se  $\delta \in \{t = 1948, \dots, 1963\}$

e  $\delta = 1$ , se  $\delta \in \{t = 1964, \dots, 1976\}$ ;

$\epsilon_t$  = termo de erro.

A variável binária é inserida para tentar capturar a mudança na tendência inflacionária a partir de 1964. Devido ao pequeno número de observações, não foi possível capturar de maneira similar o recrudescimento inflacionário desde 1973.

O ajustamento da regressão original (V) fez-se "passo a passo", o que consiste em incluir a cada vez uma nova variável independente das relacionadas inicialmente a partir do conjunto mais simples para decidir quais teriam maior poder de explicação. Revelou-se, assim, o seguinte modelo com o que melhor se ajustou aos dados:

$$P_t = \alpha_1 + \beta_1 i_{t-1} + \delta \beta_2 i_{t-1} + \epsilon_t \quad (\text{VI})$$

Tendo-se (VI), foram estimados os respectivos coeficientes para um determinado ano, obtendo-se então  $P_t$ , que, por sua vez, serviu de base para inflacionar igualmente os preços dos produtos agrícolas do ano anterior, usados por fim na função-objetivo.

### 3.2.3. Funções Recursivas e Coeficientes de Flexibilidade

Recorda-se que as disponibilidades ou limites (restrições) do MPR devem obedecer a:

$$b_i(t) = f_i[x_j^*(t-1)b_i(t-1), c_i(t)] \quad (\text{VII})$$

sendo que em (VII) tem-se a equação geral do mecanismo recursivo, e que cuida da transferência das soluções de um período a outro. Todas as disponibilidades deveriam ser guiadas por ele.

Os coeficientes de flexibilidade, por seu turno, encarregaram-se de garantir que as soluções apresentadas para as atividades produtivas  $x_j^*(t)$ , com  $j = 1, \dots, n$ , permaneçam dentro de um intervalo determinado pelos respectivos limites inferiores e/ou superiores, calculados a partir da solução do ano anterior. Os coeficientes de flexibilidade desempenham o importante papel de explicitar, de modo mais ou menos rigoroso, o comportamento dos agricultores face às questões de riscos, incerteza e ajustamento no tempo.

Para a obtenção dos coeficientes de flexibilidade usados neste trabalho, escolheram-se os pontos médios entre aqueles acima e abaixo de uma linha de 45 graus no espaço ocorrência em  $t$  contra ocorrência em  $(t - 1)$ , tomados de séries temporais disponíveis. A escolha descartou, automaticamente, os extremos que

não parecem adequados porque permitem rápidas especializações. Um exemplo para o caso da atividade milho, com duas tecnologias:

$$\sum_{j=14}^{15} a_{ij}x_j(t) \leq (1 + \alpha) \sum_{j=14}^{15} x_j^*(t - 1); i = 70 \quad (\text{VIII})$$

em que a i-ésima linha estabelece o limite máximo de variação para a j-ésima atividade no ano t, com  $\beta$  sendo o coeficiente superior.

Da mesma forma:

$$\sum_{j=14}^{15} a_{ij}x_j(t) \geq (1 - \beta) \sum_{j=14}^{15} x_j^*(t - 1); i = 71 \quad (\text{IX})$$

em que a i-ésima linha estabelece o limite mínimo em que a j-ésima atividade deve figurar na solução do ano t, com  $\alpha$  sendo o coeficiente inferior.

Não apenas as atividades produtivas obedecem aos coeficientes de flexibilidade; estes podem, igualmente, ser aplicados a restrições de comportamento e de mercado, desde que haja razões para supor que o acontecimento em questão ocorra dentro de intervalos determinados.

### 3.3. Estratificação

A região foi estratificada, segundo O tamanho das propriedades, como se segue:

- (a) Estrato I: de 3,1 a 10,0 hectares (pequeno ou inferior);
- (b) Estrato II: de 10,1 a 100,0 hectares (médio ou intermediário);
- (c) Estrato III: acima de 100,0 hectares (grande ou superior).

A razão de se proceder à estratificação é uma tentativa de resolver parcialmente o problema da agregação, e para isto são necessárias pressuposições tão mais restritivas quanto maior for a diversidade no subagregado. A estratificação serve para a diferenciação na composição de atividades, na proporcionalidade dos fatores de produção e, conseqüentemente, determina a direção e o ritmo das mudanças tecnológicas ao longo do período. Portanto, para serem agregadas em um mesmo estrato, as propriedades deveriam possuir quantidades proporcionalmente iguais de recursos disponíveis, mesma expectativa de receita líquida e idênticos coeficientes técnicos.

Os coeficientes técnicos mantiveram-se inalterados no período quando se referiam a uma mesma atividade, além de serem iguais para todos os estratos, se a atividade estivesse presente. No primeiro caso, supôs-se que todas as alternativas técnicas de que se valeu já se encontravam à disposição no ano inicial. No segundo caso, o problema é de economia de escala (ou de tamanho), que, segundo alguns autores<sup>1</sup>, parece ser determinada muito mais pelo tipo de

<sup>1</sup> Schultz, Raup e outros, citados por AHN (1).

tecnologia empregada que, por seu turno, depende diretamente da proporcionalidade entre os fatores de produção e, portanto, de sua disponibilidade - do que propriamente pelo tamanho físico da propriedade. Em outras palavras, admitiu-se que há iguais oportunidades entre os estratos no sentido da possibilidade de acesso às tecnologias disponíveis, tornadas estas oportunidades, enfim, desiguais, na medida em que a disponibilidade dos recursos e a proporcionalidade entre os fatores de produção corresponderem a tal desigualdade.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nesta parte, far-se-á a apresentação de alguns resultados, que são confrontados, posteriormente, com dados reais observados. Os principais problemas com o uso do modelo são especificados, bem como se fazem sugestões para outros estudos. Finalmente, mostra-se um teste utilizado para se avaliar o desempenho do modelo.

##### **4.1. Uso da Terra**

As quantidades e categorias de terras disponíveis para utilização foram tomadas com base num critério misto de uso efetivo e capacidade de uso (quadro 1).

A exceção de terra tipo I (culturas anuais), os demais tipos de terras não atingiram seus limites respectivos. Na terra tipo II (culturas perenes), incluem-se apenas café e citrus, com baixa ocupação; nos três estratos de área, cerca de 45% do total disponível dessa categoria são utilizados, em cada um deles. Para terra tipo III (pastagens), o limite foi flexível porque havia a possibilidade de transferência das atividades aí realizadas para as terras que restaram de culturas perenes.

A distribuição da terra efetivamente utilizada mostra que no primeiro estrato de área (pequenos produtores), a terra tipo I (culturas anuais) foi inteiramente tomada desde o ano agrícola inicial de 1970/71, representando 45% da área total, seguida da terra tipo II (culturas perenes) com 24% e da terra tipo III (pastagens) com 31%. Ao final do período (1976/77), a participação de cada tipo situou-se em torno de 32%, 39% e 29%, respectivamente.

No segundo estrato de área (médios produtores), a terra I participa, no início do período, com 40%, em seguida a terra II com 13% e a terra III com 47%. Ao final do período, os valores são, respectivamente, 35%, 21% e 44%. Há ligeira diminuição relativa de pastagens, e as terras para culturas anuais atingem o limite disponível no ano de 1973/74.

No terceiro estrato de área (grandes produtores), a seqüência é 26%, 8% e 66%, no início, para alcançar 30%, 14% e 56%, no final do período, para as terras tipos I, II e III, respectivamente. Neste estrato não se atinge o limite para a terra tipo I. É grande a participação de pastagens, embora decresça essa importância, em termos relativos, durante o período.

QUADRO 1. Terra utilizada em culturas anuais, culturas pastagens e terra total utilizada, em hectares, por estrato de área e a cada ano

Ano	Terra em culturas anuais			Terra em culturas perenes			Terra em pastagens			Terra total utilizada		
	Estrato de área			Estrato de área			Estrato de área			Estrato de área		
	Pequeno	Médio	Grande	Pequeno	Médio	Grande	Pequeno	Médio	Grande	Pequeno	Médio	Grande
1970/71	19.832 (100)	177.384 (100)	222.459 (100)	10.365 (100)	56.514 (100)	66.481 (100)	13.459 (100)	214.875 (100)	550.584 (100)	43.658 (100)	448.774 (100)	839.624 (100)
1971/72	19.832 (100)	179.058 (101)	241.843 (109)	12.967 (125)	66.932 (118)	79.025 (119)	12.512 (93)	201.975 (94)	469.608 (90)	45.311 (104)	447.965 (100)	817.276 (97)
1972/73	19.832 (100)	202.442 (114)	241.754 (109)	16.352 (158)	76.968 (136)	89.805 (135)	13.364 (99)	190.300 (89)	455.115 (83)	49.548 (113)	469.710 (105)	786.074 (94)
1973/74	19.832 (100)	218.254 (123)	259.948 (117)	18.969 (183)	91.998 (163)	98.347 (150)	14.301 (106)	179.706 (84)	423.267 (77)	53.102 (122)	489.998 (109)	781.562 (93)
1974/75	19.832 (100)	218.294 (123)	269.159 (121)	20.383 (197)	108.221 (183)	110.741 (167)	15.332 (114)	205.589 (96)	460.443 (84)	55.547 (127)	527.104 (117)	840.343 (100)
1975/76	19.832 (100)	218.294 (123)	281.814 (127)	21.760 (210)	115.725 (205)	121.346 (182)	16.466 (122)	232.628 (108)	501.709 (91)	58.058 (133)	566.647 (126)	904.869 (108)
1976/77	19.832 (100)	218.294 (123)	288.304 (130)	23.543 (227)	120.887 (230)	133.929 (201)	17.714 (132)	266.978 (124)	526.189 (95)	61.089 (140)	615.159 (137)	948.422 (113)

Fonte: Resultados do modelo

Nota: Os números entre parênteses são índices.

## **4.2. Composição das Atividades**

### **4.2.1. Culturas Anuais e Perenes**

No primeiro estrato é onde estão mais flagrantes as mudanças na composição das atividades, porque o limite de terra para culturas anuais é atingido desde o período inicial. Tomando-se os anos extremos, tem-se que as culturas que aumentaram sua área plantada foram, em ordem decrescente do índice de aumento (1970/71 = 100), e segundo os resultados do modelo: cana (390), café (245), laranja (218) e feijão da seca (168); as que diminuíram foram: arroz (26), milho (38), batata da seca (45), feijão das águas (53), mandioca (85) e algodão (91). Batata das águas permaneceu com área constante.

Para o segundo estrato, as seguintes culturas aumentaram: café (295), cana (223), laranja (211), feijão das águas (187), algodão (130) e tomate (118); e diminuíram: batata da seca (41), milho (68), arroz (73), feijão da seca (92), batata das águas (94) e soja (96)<sup>2</sup>. Mandioca permaneceu com área constante.

Quanto ao terceiro estrato, aumentaram: soja (396), feijão das águas (231), algodão (230), café (228), laranja (169), cana (146), feijão da seca (130) e tomate (108); diminuíram: batata da seca (41), milho (68) e arroz (73). Mandioca e batata das águas permaneceram com áreas constantes.

As culturas que francamente diminuíram em todos os estratos, a partir das quais mais o fizeram, foram batata da seca, milho e arroz, nesta ordem, no segundo e terceiro estratos, e em ordem inversa, no primeiro estrato.

As culturas francamente ascendentes foram cana, café, laranja e algodão, excluindo-se esta última no primeiro estrato. De um modo geral, maior número de culturas cresceu em áreas plantadas no período em proporção direta com o tamanho das propriedades expresso nos estratos de área.

### **4.2.2. Pecuária e Pastagens**

No caso de pecuária e pastagens houve um crescimento moderado no período, com exceção da produção de leite B, quando se comparam os anos extremos. Esse crescimento gradual contrasta com o crescimento vertiginoso de culturas perenes.

Pecuária bovina de corte aumentou de 12% no primeiro estrato, de 9% no segundo estrato e de 16% no terceiro estrato. Pecuária de leite B apresentou crescimento de 342%, 273% e 44%, para o primeiro, segundo e terceiro estratos de área, respectivamente. Pecuária de leite C, do mesmo modo, cresceu de 13%, 107% e 1%.

Os resultados obedecem de perto ao conhecimento que se possui do problema: o crescimento de pecuária bovina de corte fez-se realmente no estrato

---

<sup>2</sup> Para soja, neste estrato, 1973/74 = 100.

grande, enquanto que leite B tende para pequenos e médios, e leite C também, com boa distribuição entre eles; talvez a atividade de leite B tenha contado com crescimento acima do real. No entanto, houve um crescimento moderado de pecuária, que é compatível com a tendência na região até esta data.

### 4.3. Produtividade

#### 4.3.1. Receita Líquida (margem bruta)

A margem bruta, em cruzeiros de 1970, é sempre crescente nos três estratos de área, e seu crescimento dinâmico é diretamente proporcional ao tamanho das propriedades. Até o ano de 1974/75, inclusive, os índices de crescimento comportam-se normalmente. Nos dois últimos anos do período (1975/76 e 1976/77), acelera-se bruscamente o crescimento anterior. Os estratos correspondentes às pequenas, médias e grandes propriedades aumentaram a receita líquida em, respectivamente, 219%, 271 % e 410% no período (quadro 2). A região inteira teve aumento de, aproximadamente, 329%, comparando-se 1970/71 com 1976/77.

QUADRO 2. Margem bruta, em mil cruzeiros de 1970, por estrato de área e por ano agrícola

Ano agrícola	Estrato de área		
	Pequeno	Médio	Grande
1970/71	32.876,20 (100)	17.547,00 (100)	168.834,00 (100)
1971/72	33.341,35 (101)	198.295,30 (113)	198.909,00 (118)
1972/73	44.009,07 (133)	262.467,65 (150)	279.495,76 (165)
1973/74	50.742,80 (154)	320.122,74 (182)	321.904,00 (190)
1974/75	52.289,28 (159)	360.080,16 (205)	436.944,96 (259)
1975/76	77.299,66 (235)	528.952,00 (302)	673.618,30 (399)
1976/77	104.842,89 (319)	651.191,40 (371)	860.403,60 (510)

Fonte: Resultados do modelo.

Notas: 1. Os números entre parênteses são índices.

2. Valores deflacionados pelo índice "2" da Fundação Getúlio Vargas.

Para se ter uma comparação grosseira com a realidade fazem-se, em seguida, estimativas da receita líquida para os anos inicial, intermediário e final.

A receita bruta (RB) da agricultura paulista, segundo Prognóstico 1972/73, foi de Cr\$ 8.019.623.000,00 para 1971, em valores correntes, considerando os principais produtos. Desse valor total, 85% correspondem a produtos incluídos no modelo estimado para o Estado de São Paulo, em 1976/77 (11), o que equivale a Cr\$ 6.816.679.550,00, que, deflacionados para 1970/71, usando o índice "2" da FGV, resulta em Cr\$ 5.657.844.027,00 para a safra 1970/71. Supondo-se que distribuição da RB se faça segundo a distribuição de crédito rural (Informações Econômicas, IEA, maio de 1978), que contempla a DI RA de Campinas com, aproximadamente, 15% do total, tem-se Cr\$ 848.676.604,00. Admitindo que a margem bruta signifique 40% da RB (conforme critério para liberação do crédito de custeio, até recentemente utilizado pelas fontes oficiais), tal margem deveria, em 1970/71, andar por volta de, aproximadamente, Cr\$ 339.470.641,60. O modelo forneceu para esse mesmo ano o valor de Cr\$ 377.180.200,00, que ultrapassa o valor observado em 11%.

Para o ano de 1974/75, o valor do retorno líquido anotado por SILVA et alii (12), para a DIRA de Campinas, foi de Cr\$ 1.733.017.000,00. Os resultados do modelo somam para o mesmo ano Cr\$ 849.314.400,00, a preços de 1970, que, inflacionados pelo índice "2", fornecem Cr\$ 1.772.482.226,00, o que ultrapassa o anterior em apenas 2,3%. Se o mesmo procedimento adotado para o ano inicial for repetido para o ano de 1974/75, o resultado do modelo ultrapassa aquele dado pelo Prognóstico 1976/77, estimado em Cr\$ 1.293.697.569,00, para o mesmo ano, em cerca de 37%.

Para o último ano (1976/77), segundo o mesmo raciocínio, o resultado do modelo (Cr\$ 6.086.240.054,80) é cerca de 82% maior do que aquele estimado através do Prognóstico 1978/79 (Cr\$ 3.364.522.794,00).

Desse modo, parece que houve uma tendência do modelo a permitir superestimativa da receita líquida. O excesso de liquidez resultante será comentado nas próximas seções.

#### **4.3.2. Produtividade da Terra, Trabalho e Capital**

A produtividade da terra é dada pela relação entre a receita líquida e a quantidade total de terra utilizada (quadro 3). Em todos os estratos de área a produtividade da terra é crescente durante todo o período considerado (exceção para o ano 1971/72 no primeiro estrato), e segue uma lógica esperada: a produtividade decresce, em termos absolutos, a partir do estrato pequeno em direção ao estrato grande. Mas, em termos dinâmicos, o que se verifica é exatamente o oposto, ou seja, a tendência no período é de diminuir a diferença entre as produtividades nos estratos, o que significa que o terceiro estrato tem a maior taxa de crescimento da produtividade da terra. Um fator que auxilia na explicação da tendência assinalada é a disponibilidade dos diferentes tipos de terra. Assim, o estrato das grandes propriedades teve possibilidade de crescer

relativamente mais usando a terra I, que é a de melhor qualidade, e, portanto, de maior rentabilidade, enquanto que os demais estratos contaram apenas com o crescimento livre em terras II e III, no que se igualaram às oportunidades do estrato grande. O estrato das pequenas propriedades não pode aumentar a utilização de terra I, e o estrato médio o fez parcialmente durante os três primeiros anos. Considerando a região como um todo, a produtividade da terra cresceu 251%: de Cr\$ 283,16/ha em 1971/72 para Cr\$ 994,93/ha em 1976/77 (quadro 3).

A produtividade do trabalho é dada pela relação entre receita líquida e número de dias-homens empregado. Nesse caso, será desprezado o potencial de trabalho representado pela venda dos serviços da categoria mão-de-obra familiar. A contratação de mão-de-obra temporária faz-se durante o período no estrato superior, enquanto que no estrato médio ela toma impulso depois dos anos iniciais. No estrato pequeno, não há contratação em nenhum momento durante todo o período, e, ao contrário, há sempre sobra de mão-de-obra residente e venda dos serviços de mão-de-obra familiar; no estrato médio, as vendas dos serviços do trabalho familiar são bem mais escassas, e a partir dos anos iniciais registra-se o aproveitamento da mão-de-obra residente; no estrato superior, tanto uma como outra são sempre aproveitadas. A produtividade do trabalho é também crescente nos três estratos de área (quadro 3). Entretanto, cresce relativamente mais no estrato superior, onde alcança 3,86 vezes o valor do ano inicial; seque-se o estrato intermediário com 3,25 vezes e o estrato inferior com 2,38 vezes. Na região, a produtividade do trabalho cresceu cerca de 3,45 vezes no período, de acordo com os resultados do modelo.

A produtividade do capital é dada pela relação entre a receita líquida e a quantidade disponível de capital de giro. Conforme se observa pelo quadro 3, no primeiro estrato a produtividade do capital é maior em todo o período, em valores absolutos, com um crescimento de 108%, seguida do terceiro estrato com 51% e do segundo estrato com apenas 18%. Para a região, a produtividade do capital foi de 2,20 em 1970/71 e de 2,98 em 1976/77, correspondendo a um crescimento de 1,35 vezes no período (quadro 3).

Considerando-se todos os dados de produtividade para a região, verifica-se que a maior contribuição adveio da produtividade da terra, que aumentou 3,51 vezes no período, seguindo-se a produtividade do trabalho com 3,45 vezes e, por fim, a produtividade do capital, em torno de 1,35 vezes.

#### **4.4. Proporcionalidade Entre os Fatores de Produção**

A proporcionalidade entre os fatores de produção deve mostrar qual a tendência observada nos três estratos de área, pois, basicamente, é o aspecto que distinguiria os comportamentos respectivos. A análise é feita a partir dos recursos efetivamente utilizados, não se considerando a folga existente.

A relação TRABALHO/TERRA, dada pelo número de dias-homens empregados por hectare de terra utilizada, é maior nas propriedades pequenas

783 - Crescimento da produção agrícola na região de Campinas, estado de São Paulo, segundo um modelo de programação recursiva: 1970/71 a 1976/77

QUADRO 3. Produtividade da terra, em cruzeiro de 1970, por hectare de terra utilizada, por estrato de área por ano; produtividade do trabalho, em cruzeiros de 1970, por dias-homens empregados, por estrato de área e por ano; produtividade do capital, por estrato de área e por ano

Ano	Produtividade da terra			Produtividade do trabalho			Produtividade do capital		
	Pequeno	Médio	Grande	Pequeno	Médio	Grande	Pequeno	Médio	Grande
1970/71	753,07 (100)	391,00 (100)	201,08 (100)	24,51 (100)	11,84 (100)	9,93 (100)	2,92 (100)	2,92 (100)	1,69 (100)
1971/72	735,83 (98)	442,66 (113)	243,36 (121)	21,97 (90)	17,38 (147)	11,91 (120)	2,10 (94)	2,51 (86)	1,59 (94)
1972/73	688,21 (118)	558,85 (143)	355,29 (117)	25,37 (103)	23,47 (198)	15,15 (153)	3,38 (113)	2,65 (91)	1,79 (106)
1973/74	956,16 (127)	653,31 (167)	411,87 (205)	25,94 (106)	25,54 (216)	17,44 (176)	3,36 (113)	2,46 (84)	1,68 (99)
1974/75	1010,01 (134)	683,13 (175)	519,96 (259)	23,95 (96)	26,80 (226)	21,76 (219)	3,36 (113)	2,47 (84)	1,99 (118)
1975/76	1331,42 (177)	933,48 (239)	744,44 (370)	40,15 (164)	34,87 (294)	31,28 (315)	4,91 (165)	3,26 (112)	2,54 (150)
1976/77	1716,23 (228)	1058,57 (271)	907,19 (451)	58,41 (238)	38,51 (325)	38,31 (386)	6,19 (208)	3,45 (118)	2,56 (151)

Fonte: Resultados do modelo.

Nota: Os números entre parênteses são índices.

(nesse caso, desprezaram-se o contingente de mão-de-obra residente eventualmente não empregada e a venda dos serviços da mão-de-obra familiar), seguindo-se as médias e grandes propriedades (quadro 4). Durante o período, não se observam grandes alterações, mas percebe-se que os estratos pequeno e médio tendem a se aproximar, ao passo que este último se distancia do estrato grande.

A menor taxa de crescimento na relação TRABALHO/TERRA, no período, pertence ao estrato pequeno, que, praticamente, se mantém estabilizada até o final; passa de 27,38 dias-homens (d-H) por hectare, em 1970/71, para 29,38 d-H/ha, em 1976/77. No estrato médio, a taxa de crescimento daquela região é quase sempre crescente, passando de 23,07 d-H/ha, em 1970/71, a 27,49 d-H/ha, em 1976/77, sendo esta a maior taxa de crescimento dos três estratos. No estrato grande, a taxa de crescimento se estabiliza a partir do ano de 1972/73, e muda de 20,25 d-H/ha, no início do período, para 23,68 d-H/ha, ao final.

As diferenças são poucas, tanto entre os estratos como entre os anos, durante o período, sugerindo que o comportamento nos estratos praticamente não se modifica, em termos da taxa de substituição entre os fatores terra e trabalho. Mas existem alguns problemas que podem ser visualizados, na medida em que se tenta ampliar a análise, da maneira como se segue.

QUADRO 4. Relação TRABALHO/TERRA, em dias-homens empregados por hectare de terra utilizada, e relação TRABALHO/TRATOR, em dias-homens empregados por dia-máquina utilizado, por estrato de área e por ano

Ano	Trabalho/Terra			Trabalho/Trator		
	Pequeno	Médio	Grande	Pequeno	Médio	Grande
1970/71	27,38 (100)	23,07 (100)	20,20 (100)	17,63 (100)	22,74 (100)	27,62 (100)
1971/72	28,09 (102)	22,07 (96)	20,43 (101)	17,61 (100)	18,50 (81)	24,33 (88)
1972/73	27,75 (101)	23,81 (103)	23,45 (116)	16,85 (96)	20,34 (89)	26,86 (97)
1973/74	27,84 (102)	25,58 (111)	23,61 (117)	17,66 (100)	20,65 (91)	25,69 (93)
1974/75	29,08 (106)	25,49 (110)	23,90 (118)	18,39 (104)	20,32 (89)	26,03 (94)
1975/76	29,16 (107)	26,77 (119)	23,80 (117)	20,03 (110)	20,98 (99)	26,78 (96)

Fonte: Resultado do modelo.

Nota: Os números entre parênteses são índices.

Pode-se especular, com base nas poucas e frágeis indicações, que o estrato inferior, ao contrário de todas as expectativas, cresce "poupando" mais trabalho que terra, quando comparado com os demais, que fazem o inverso em relação àquele, e de modo mais intensivo o estrato intermediário. Ao se considerarem estes resultados como parcialmente válidos, verifica-se que os estratos extremos tendem a adotar um caminho de crescimento que inverte as possibilidades de incorporação dos seus recursos relativamente mais abundantes: terra, nos estratos superiores, e trabalho, no estrato inferior. A comprovação ou negação dessa hipótese efetivar-se-ia, caso se conseguissem ampliar as opções tecnológicas no presente modelo, acompanhadas de uma divisão de terras pormenorizada, e procedendo à competição regional com novo tratamento para as diversas categorias de mão-de-obra.

A relação TRABALHO/TRATOR mantém-se em todo o período numa escala cujo valor cresce do estrato inferior ao superior, a indicar que naquele se precisa de menor quantidade de trabalho para cada unidade de máquina empregada. A taxa de substituição de trabalho por máquina, ao longo do período, é maior no estrato superior, ao passo que é quase estacionária no estrato médio e menor no estrato inferior, onde é mais correto afirmar que a substituição se faz de máquina por trabalho (quadro 4).

De maneira aparente, isto entra em conflito com a discussão anterior, que dizia ser o estrato dos pequenos produtores relativamente mais "poupador" de trabalho. Explica-se esta aparente contradição pelo fato de que, a despeito de no total ser verdadeira a afirmação, na relação específica TRABALHO/TRATOR o mesmo não ocorre porque, ao mesmo tempo em que o estrato em questão "poupa" trabalho, ele igualmente o faz - e de modo mais acelerado - com os serviços de máquinas. E isto devido ao fato do crescimento das suas atividades se verificar, principalmente, em pecuária e culturas perenes, atividades menos exigentes em serviços de máquinas que aí culturas anuais (cuja área se esgota para o estrato inferior logo no primeiro ano).

A análise da proporcionalidade entre os fatores de produção coloca outro problema. Trata-se do horizonte de planejamento em consideração: quanto mais intenso for o período, maior será a visibilidade quanto à formação de tendências no processo do desenvolvimento regional; portanto, é de se esperar que num período de sete anos não haja mudanças quantitativas ou qualitativas drásticas.

#### **4.5. Confronto com os Dados Disponíveis**

Nesta seção, procede-se a um confronto entre os resultados do modelo e dados reais observados (extraídos dos questionários do IEA), para algumas atividades escolhidas. A análise será realizada partindo-se do pressuposto de que os dados estimados pelo IEA possuem realismo absoluto, embora estes tenham menor significância quando se está ao nível dos estratos de área, sendo que apenas em anos recentes é que se estabeleceram limites com variância definida, a nível das DIRAs, conforme se afirmou na seção 3.1.

Para o confronto, utilizar-se-á um teste sugerido por DAY (3). Trata-se de um teste com muitas imperfeições e excessivamente "rigoroso" para o acompanhamento do modelo, mas, devido à sua facilidade e aos poucos graus de liberdade para se proceder a estatísticas formais, servirá como substituto destas.

O teste compara as variações em torno da média dos dados reais com os hiatos entre estes e os resultados do modelo nos pontos relevantes.

Assim:

$$\sum_{t=1}^h \left[ x_i(t) - \frac{1}{n} \sum_{t=1}^h x_i(t) \right]^2 \quad (1)$$

onde:

$h$  = número de anos (1970/71, ..., 1976/77);

$x_i$  = hectares plantados da atividade  $i$  (algodão, café etc.), no tempo  $t$ .

A expressão (1) é a soma dos quadrados dos desvios em relação à média no período  $h$ . A esta expressão dá-se o nome de "Variação Total". Em seguida, tem-se:

$$\sum_{t=1}^h [x_i^*(t) - x_i(t)]^2 \quad (2)$$

onde  $x_i^*$  = solução ótima do modelo.

A expressão (2) fornece a soma dos quadrados dos desvios da solução do modelo em relação aos dados realmente observados. A esta expressão dá-se o nome de "Resíduo não Explicável", que é uma medida de quanto o modelo se distanciou do ponto verdadeiro.

Subtraindo-se (2) de (1), chega-se à "Variação Explicada". Fazendo-se:

$$\frac{\text{Variação explicada}}{\text{Variação total}} \times 100 \quad (3)$$

tem-se, em (3), a "Porcentagem de Variação Explicada".

As atividades escolhidas para o confronto foram algodão, batata da seca (a nível de DIRA), café, feijão das águas e milho. Destas, duas ocupam parcelas significativas em todos os estratos, em se tratando de área plantada de culturas anuais, quais sejam o algodão e o milho: ambas possuem duas tecnologias. O café foi escolhido por causa também de sua importância na região, e por ser o representante das culturas perenes, possuindo uma única tecnologia; o feijão das águas, com duas tecnologias, pelo fato de ser uma cultura alimentar; e a batata da seca, pelo fato de ser uma cultura bastante especializada, e com dados disponíveis apenas a nível de DIRA, a exemplo de tomate, batata das águas e mandioca.

O comportamento da atividade algodão, por exemplo, pode ser acompanhado através do quadro 5 e da figura 1. Repare-se na linha que fornece as variações dos dados observados (IEA) para os três estratos (o quadro 5 e as figuras 1 e 2 estão dispostos na forma de índices das áreas plantadas, tendo o valor observado de 1970/71 = 100). Considerando-se tão-somente as variações para cima e para baixo de um ano para outro, nota-se que das seis variações permitidas em nenhum caso houve concordância simultânea na tendência por elas mantidas. Quer dizer, em momento algum houve qualquer semelhança no comportamento dos três estratos conjuntamente. Já isso ocorre com os resultados do modelo em três casos que compreendem a passagem no intervalo aberto de 1971/72 a 1974/75.

Tomando-se as variações quantitativas fornecidas pelo teste, verifica-se que apenas no caso do estrato III é que se teve alguma explicação, de 25% conforme o teste utilizado. O exame desse exemplo, em que se pode dizer que o modelo conseguiu, ao menos visualmente, não se distanciar de uma tendência geral no período, mostra o grau de dificuldade que se apresenta para atingir resultados mais satisfatórios, já que o teste utilizado não concedeu quase nenhuma explicação nesse caso. As demais atividades escolhidas encontram-se descritas no quadro 5, sendo que a evolução das áreas plantadas com milho pode também ser vista na figura 2, como outro exemplo ilustrativo.

#### **4.6. Discussão Final**

Nesta seção, enfatizam-se alguns pontos de importância relacionados com o desempenho do modelo, na tentativa de descrever o crescimento agrícola regional. O primeiro aspecto a destacar cabe ao problema de superdimensionamento das disponibilidades.

As superestimativas flagrantemente detectadas foram para os fatores mão-de-obra, crédito e maquinaria, justamente aqueles que deveriam ser incorporados de forma a realizar-se uma competição regional, conforme sugerido por AHN (I). Na medida em que não se teve condições de estabelecer limites confiáveis quanto à disponibilidade desses recursos para os estratos considerados - o que foi originalmente imaginado como uma alternativa válida à competição regional - comprometeu-se o desempenho do modelo. Mão-de-obra contratada teve como pressuposto oferta perfeitamente elástica, bem como crédito para investimento, enquanto que maquinaria (trator com implementos) acusou folga em todos os estratos, à exceção do estrato III.

Este fato, em si mesmo, não teria tanta importância, caso não se tivesse o agravante das disponibilidades de terra, que não contemplou, por um lado, culturas que, integram o elenco da exploração agrícola da região, como reflorestamento e fruticultura temperada, para citar os exemplos mais drásticos, nem áreas eventualmente inaproveitáveis (já que o critério foi o de potencialidade,

QUADRO 5. Resultados do teste usado no confronto com os dados observados, para cinco culturas, por estrato de área e para a região

Cultura	Item por estrato de área e DIRA							
	Trabalho/Terra				Trabalho/Trator			
	Pequeno	Médio	Grande	DIRA	Pequeno	Médio	Grande	DIRA
Algodão	9.564	1.336	36.803	3.359	12.331	3.743	27.764	3.886
Batata da seca	-	-	-	3.136	-	-	-	1.242
Café	2.483	28.893	865	1.909	62.783	2.850	30.745	19.460
Feijão das águas	280.614	20.245	22.120	14.015	510.895	26.236	91.319	16.551
Milho	7.236	541	2.750	594	15.059	1.309	4.926	1.870
Cultura	Trabalho/Terra				Trabalho/Trator			
	Pequeno	Médio	Grande	DIRA	Pequeno	Médio	Grande	DIRA
Algodão	n. e.	n. e.	9.039	n. e.	n. e.	n. e.	25	n. e.
Batata da seca	-	-	-	1.894	-	-	-	60,00
Café	n. e.	26.033	n. e.	n. e.	n. e.	90,00	n. e.	n. e.
Feijão das águas	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.
Milho	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.

Fonte: Resultados do modelo

Nota: n.e. = não explica

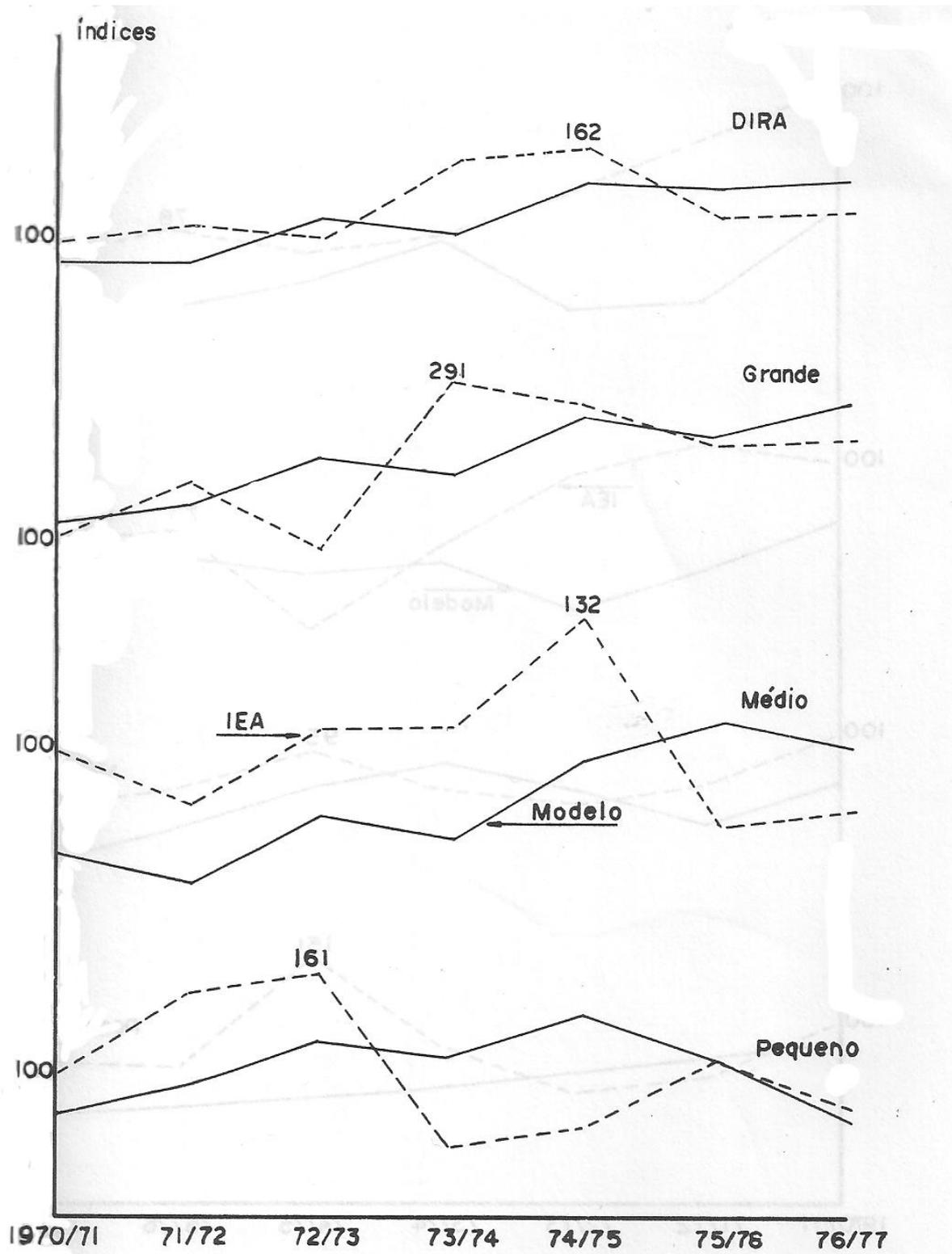


FIGURA 1. Índices das áreas plantadas com algodão  
 Fonte: Resultados do modelo e estimativa do IEA

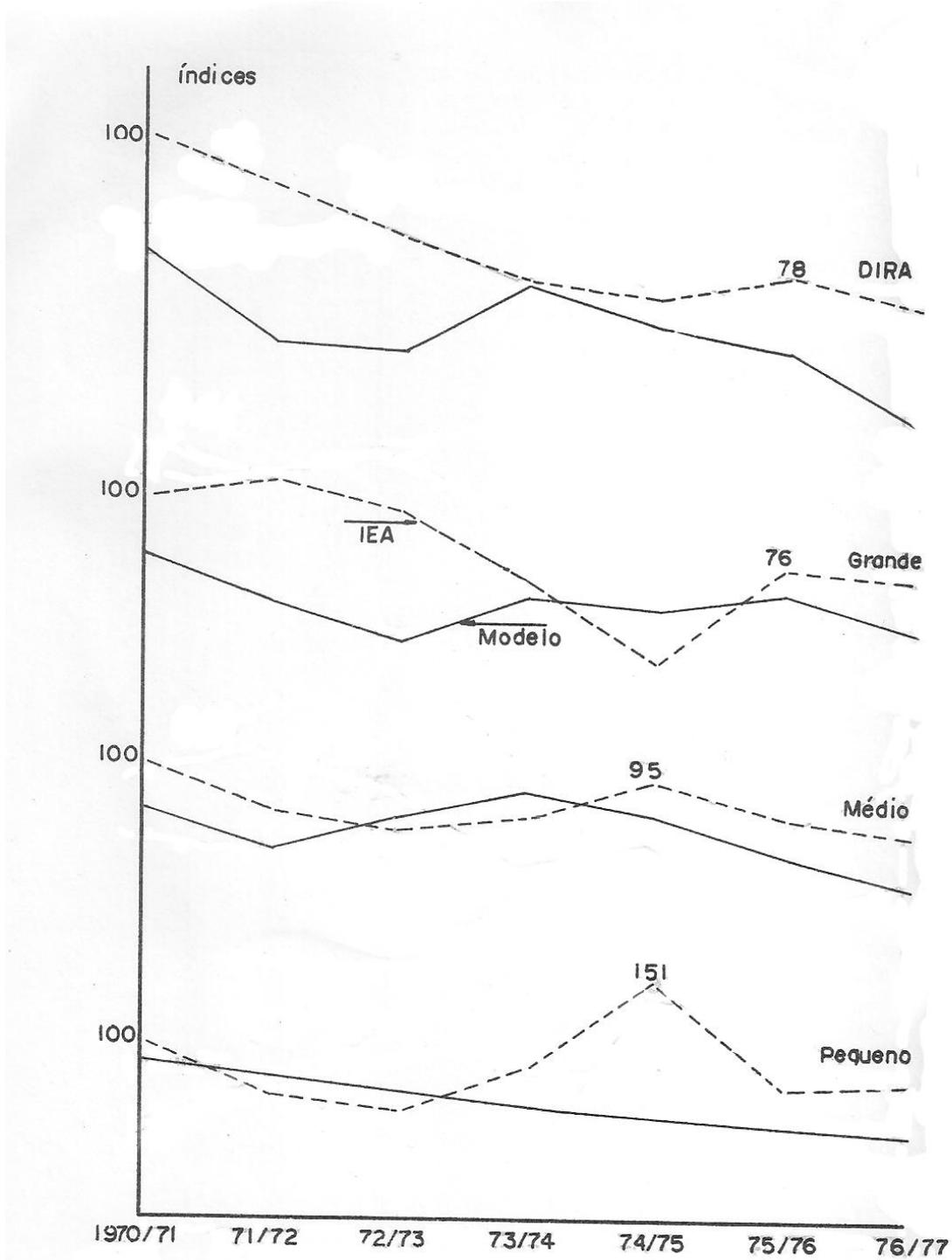


FIGURA 2. Índices das áreas plantadas com milho  
Fonte: Resultados do modelo e estimativas do IEA

envolvendo, portanto, certos tipos de investimentos, que, afinal, não foram considerados), e que, por outro lado, não contou com uma divisão detalhada em várias categorias de terra, o que teria contribuído para atenuar o problema. Isto permitiu que o modelo evoluísse na direção da ocupação de novas áreas, limitado apenas pelas restrições de terras (com largas folgas para terras de culturas perenes e terras de pastagens em todos os estratos e terras de culturas anuais nos estratos I e II) e pelos coeficientes de flexibilidade.

A opção de se tomar todo o crédito de custeio estimado para a região resultou num excesso de liquidez, que permitiu, enfim, que se concretizasse definitivamente o modo de evolução ao modelo. O que possibilitou um controle moderado, no que se refere a evitar especializações, foi o custo de oportunidade dado ao capital próprio, que compete, a taxa de juros de caderneta de poupança, com as atividades produtivas. Mas isto, logicamente, não solucionou o problema do excesso de liquidez, apenas contrapôs uma alternativa a que o modelo sempre se especializasse nos limites superiores dos coeficientes de flexibilidade. Houve restrições a esse comportamento de se especular com o crédito, porém não tão fortes a ponto de impedir a liquidez excessiva daí resultante, que se beneficiou também de uma provável superestimativa na disponibilidade inicial de capital próprio.

Adotaram-se critérios que pareciam os melhores disponíveis, face à ausência de informações a nível dos estratos. A maneira teórica de suplantiar esses problemas seria a estimativa de equações de ofertas regionais de insumos, ao lado de melhores dados e/ou mais detalhadas para as disponibilidades, mas que se revelou impossível na época. De qualquer maneira, o modelo aproximou-se da versão dinâmica do modelo de utilização de terras de HENDERSON (7), em que as mudanças na composição de atividades é ditada pelos limites de terra (no presente caso, além de limites razoáveis para terras de culturas anuais, teve-se o contraponto do custo de oportunidades dado ao capital próprio) e pelos coeficientes de flexibilidade. Dentro dessa perspectiva, por exemplo, a oferta dos produtos agrícolas, a curto prazo, no caso das culturas anuais, não seria diferente daquela proporcionada por uma análise paramétrica no atual modelo, em que se variasse o preço de um determinado produto. Isto deve-se a que (a) estas atividades possuem os coeficientes técnicos mais confiáveis; (b) contam, nos estratos pequeno e médio, com limites de terra bem estabelecidos; e (c) as superestimativas sustentam esse prognóstico porque, por um lado, garantem que a tecnologia está disponível até o limite fornecido pelo coeficiente de flexibilidade e, por outro, quando há elasticidade no uso da terra (para o estrato grande), o custo de oportunidade dado ao capital impede que se tenham sempre limites superiores para todas as atividades produtivas, devido à liquidez do sistema.

Cabe discutir, agora, outro aspecto importante ligado ao desempenho do modelo, que é a questão da mudança tecnológica, traço essencial que determina o comportamento distinto dos estratos. Para o presente modelo, julgou-se um tanto erradamente que o grande número de atividades, em que apenas as mais nitidamente diferenciadas receberiam uma opção adicional de tecnologia, seria suficiente para proporcionar a flexibilidade na direção das mudanças que se

esperava ocorrer. Mas o que de fato aconteceu foi que esse procedimento simplificado não se mostrou capaz de proceder a mudanças claramente perceptíveis.

As escolhas mostram-se muito mais sensíveis quanto maiores forem as alternativas (ou processos reprodutivos) dentro de uma mesma atividade produtiva (ou pela inclusão de novas atividades) do que o permitido apenas pelo número absoluto de atividades envolvidas, cuja elasticidade estende-se até os limites fornecidos pelos coeficientes de flexibilidade. A respeito desses últimos, deve-se notar que o modo como foram calculados, tomando-se as médias das variações para cima e para baixo, muitas vezes não consegue acompanhar as oscilações de fato ocorridas, ficando-se em super ou subestimativas; por outro lado, aumentando-se sua amplitude poderia ocorrer o problema de distanciamento da realidade em poucos períodos, conforme a tendência bastante comum de especialização da programação linear. No trabalho de HEIDHUES (6), esse autor dispensa o uso dos coeficientes de flexibilidade, mas, nesse caso, trata-se do acompanhamento da evolução de uma única propriedade, e com disponibilidades rigorosamente estabelecidas, a nível que dificilmente se obteria quando se considera toda uma região.

Isto leva diretamente a considerações sobre a região em estudo, em que resta a questão de que se haveria possibilidade de um tratamento mais eficiente no âmbito do modelo de programação recursiva, dado que não se pode negar a diversidade, extensão e complexidade da região. O tratamento das atividades que aí se desenvolvem numa matriz tecnológica regional é muito difícil de se conseguir, tanto que muitas delas foram eliminadas do presente modelo, ainda que a expensas de um maior realismo. A esse respeito, diz AHN (1): "Para as propriedades que se encontram sob as mesmas condições exógenas numa zona relativamente homogênea quanto ao clima e topografia, suas decisões formam um agregado que representa seu comportamento e, portanto, sua resposta produtiva. Entretanto, a menos que as unidades produtivas sejam também razoavelmente homogêneas com respeito às suas condições econômicas endógenas, especialmente quanto à disponibilidade de recursos, a agregação pode levar - e leva - a erros sérios na análise regional".

A análise da proporcionalidade entre os fatores de produção coloca outro problema. Trata-se do horizonte de planejamento em consideração: quanto mais extenso for o período mais claramente aparecerão as tendências no processo do desenvolvimento regional. É de se esperar, portanto, que num período de sete anos não haja mudanças quantitativas ou qualitativas drásticas.

De um lado, a exigência de múltiplas tecnologias e, de outro, a necessidade de incluir novas e diversas atividades tornam o modelo de programação recursiva recomendável para regiões mais homogêneas, ou menos desenvolvidas (onde as atividades sejam extensivas e existam limites nítidos, em termos de opções tecnológicas), ou em regiões menores, a exemplo das sub-regiões e microrregiões que atendem aos requisitos mínimos de homogeneidade.

Os resultados alcançados pelo presente modelo apresentam alguns aspectos de interesse. Estudos de oferta de produtos agrícolas e demanda por insumos na

agricultura, ambos a curto prazo, e a análise do impacto de Políticas voltadas para o setor podem ser feitos com modelos semelhantes, desde que algumas modificações possam ser incorporadas, tais como:

- a) sub-regionalização, para fornecer maior homogeneidade e dar suporte às pressuposições sobre comportamento diferenciado; tal sub-regionalização pode seguir o mesmo princípio de decomposição por tamanho de propriedade, como sugerido por AHN (1);
- b) estimativas, no próprio local, de coeficientes técnicos usados para as atividades, com diferentes processos de produção, tanto mecânico como biológico; ou seja, racionalizar (no sentido de aperfeiçoar) e obter novos coeficientes de produção válidos para a sub-região, em função dos processos disponíveis (funções de produção experimentais podem ser usadas para inclusão de novos coeficientes, desde que a sub-região esteja em condições de absorver-los); em outras palavras, ampliar as alternativas tecnológicas;
- c) proceder a uma revisão completa nas disponibilidades então utilizadas, substituindo-as de modo a atender às atuais modificações.

## 5. CONCLUSÃO

A conclusão principal que se pode extrair deste trabalho refere-se ao fraco desempenho do modelo, na tentativa de reproduzir o padrão de evolução da produção agrícola regional.

A primeira das razões sugeridas para explicar o desempenho do modelo, e a mais importante delas, foi a falta de alternativas tecnológicas para as atividades produtivas; isto, de fato, impediu que se procedesse às mudanças tecnológicas, que são o traço essencial no processo de desenvolvimento. Com a sua ausência, o modelo não teve flexibilidade e evoluiu na direção de ocupação de novas áreas. Daí se derivou, praticamente, todo o esquema de crescimento nos diversos estratos de área; existiram outras mudanças, mas, sem dúvida, esta foi determinante, enquanto que as demais seguiram-lhe o rastro, com pouco significado. Tal fato é bastante comprometedor porque se prende em demasia aos coeficientes técnicos usados, agravando justamente um dos maiores inconvenientes da programação linear, que é a proporção fixa entre os fatores de produção. Caso a disponibilidade e os tipos de terra obedecessem a um maior detalhamento, isto seria minimizado, o que não ocorreu. O único tipo de terra restrito foi para culturas anuais, que possuem os coeficientes mais confiáveis e são mais exigentes em recursos. É preciso considerar que desse modo não foi possível empreender mudanças significativas na proporção de fatores e, portanto, na composição das atividades, alternativa que é dada pela troca tecnológica. As culturas perenes, ao que tudo indica, privilegiaram-se pelo modo como se integraram ao modelo, enquanto que pastagens e pecuária exigiram, basicamente, terra para pastoreio, desembolso com os serviços de mão-de-obra e com insumos (modernos, estes últimos na forma de valores monetários, cujo controle apresentou-se mais problemático.

Para a região em estudo, devido à pulverização de atividades hortigranjeiras e à dificuldade de incorporação de outras atividades, como reflorestamento, por exemplo, e os entraves que estas exclusões representaram, em termos de utilização de recursos, parece claro que seriam necessárias matrizes muito complexas para uma descrição satisfatória; a extensão e diversidade regionais constituíram-se em grandes obstáculos para a descrição de seu desenvolvimento.

Outro aspecto que comprometeu desempenho do modelo diz respeito à competição regional. Esta não foi realizada, como consequência, muitas disponibilidades - como crédito e mão-de-obra - foram fixadas arbitrariamente para cada grupo de propriedades; daí resultou o problema de superestimativas, agravadas, principalmente, pelo comportamento do fluxo monetário do sistema, que se traduziu em excesso de liquidez.

Lembra-se que o curto período de tempo abrangido pelo horizonte de planejamento considerado não se presta a alterações quantitativas de vulto. As leves tendências detectadas foram alvo de discussão na seção 4, levando-se em conta as respectivas limitações.

Uma característica distintiva do modelo utilizado é o grande número de atividades consideradas numa ampla região desenvolvida. Especificamente, podem-se citar o tratamento original dado ao investimento em culturas perenes e o uso de um modelo de expectativa de preços para os produtos agrícolas.

Resta dizer que o estudo em questão pode ser encarado como uma primeira aproximação a receber aperfeiçoamentos, cuja contribuição maior talvez tenha sido identificar algumas das dificuldades agora encontradas.

## **6. LITERATURA CITADA**

1. AHN, C. Y. A recursive programming model of regional agricultural development in Southern Brazil (1960-70): an application of farm size decomposition. Columbus, The Ohio State University, 1972. 198p. (Ph.D. dissertation).
2. CAMPOS, H. & PIVA, L.H.O. Dimensionamento de amostra para estimativa e previsão de safra no Estado de São Paulo. Agricultura em São Paulo. São Paulo, IEA, t.3, p. 65-88, 1974.
3. DAY, R. H. Recursive programming and production response. Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1963. 226p.
4. GEMENTE, A.C. Aplicação de um modelo de programação recursiva ao estudo do crescimento da produção agrícola na região de Campinas, Estado de São Paulo, 1970/171 a 1976/177. Piracicaba, ESALQ/USP, 1978. 178p. (Dissertação de Mestrado).
5. HEADY, E. O. & CANDLER, W. Linear programming methods. 6. ed. Ames, The Iowa State University Press, 1969. 597p.
6. HEIDHUES, T. A recursive programming model of farm growth in Northern Germany. Journal of Farm Economics, v. 48-11, p. 668-84, 1966.

7. HENDERSON, J. M. The utilization of agricultural land: a theoretical and empirical inquiry. *Review of Economics and Statistics*, v. 16, n.3, p. 242-60, 1959.
8. PERES, F. C. Derived demand for credit under conditions of risk. Columbus, The Ohio State University, 1976. 141 p. (Ph.D. dissertation).
9. SECRETARIA DA AGRICULTURA. Instituto de Economia Agrícola. Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo, 1974.
10. Instituto de Economia Agrícola. Informações Econômicas. São Paulo, p. 7-76, 1976.
11. Instituto de Economia Agrícola. Prognóstico 1977/78. São Paulo, 1978.
12. SILVA, G.L.S.P. da; GATTI, E.U.; YOSHII, R.J.; GIMENEZ, A.C.F; GALVÃO, C.A.; JUNQUEIRA, J.R.C.M. Uma análise regional da produção e utilização de recursos na agricultura paulista através de um modelo de programação. *Revista de Economia Rural, Brasília, SOBER*, 16(2): 97-112, 1978.
13. SINGH, I. J. Recursive programming models of agricultural development. In: JUDGE, G.G. & TAKAYAMA, T. (Ed.). *Studies in economic planning over space and time*. University of Illinois, North-Holland Publishing Company. p. 394-416, 1973.