

# Agricultura em São Paulo



Ano XXXI – Tomos I e II

1984

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

---

Contribuição da Pesquisa e da Extensão Rural para a Produtividade Agrícola: Observações no Caso de São Paulo	Gabriel L.S.P. da Silva	1
--	-------------------------	---

---

---

Adoção Tecnológica na Agricultura Paulista	Zuleima Alleoni P.S. Santos	69
--	-----------------------------	----

---

---

## **AGRICULTURA EM SÃO PAULO**

Publicação Técnico-Científica do Instituto de Economia Agrícola

Corpo Técnico do IEA

**Diretor Geral:** Devancyr Aparecido Romão

### **ASSESSORIA TÉCNICA DE ACOMPANHAMENTO E CONTROLE**

Antonio Ambrosio Amaro, João Batista de Mattos, Richard Domingues Dullej, Ronaldo Bernardes Oliveira, Waldemar Pires de Camargo Filho.

### **DIVISÃO DE LEVANTAMENTO E ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

**Diretor:** Luiz Henrique de Oliveira Piva

Abel Ciro Minniti Igreja, Alice Midore Shimura, Ana Maria Montraggio Pires de Camargo, Carolina Aparecida Pinsuti, Denise Viani Caser, Elizabeth Alves e Nogueira, Fernando Antonio de Almeida Séver, Ismar Florêncio Pereira, José Roberto Vicente, Manuel Joaquim Martins Falcão, Maria Carlota Meloni Vicente, Maria de Fátima Packer, Maria de Lourdes Sumiko Sueyoshi, Maura Maria Demétrio Santiago ( \* ), Milton Nogueira de Camargo, Nilton Geraldo Santos de Albuquerque, Rosa Maria Pescarin Pellegrini, Samira Aoun Marques, Vera Lucia Ferraz dos Santos.

### **DIVISÃO DE COMERCIALIZAÇÃO**

**Diretor:** Sebastião Nogueira Júnior

Albino Eugênio Ferreira Zirlis, Afonso Negri Neto ( \* ), Alfredo Tsunechiro, Ana Maria Futino, Antonio José Braga do Carmo, Célia R.P. Tavares Ferreira, Domingos Desgualdo Netto, Eloise Elena Bortoleto, Everton Ramos de Lins, Flavio Condé de Carvalho, José Roberto da Silva, Lídia Hatue Ueno, Luiz Carlos Ayres Guidetti Zagatto ( \* \* ), Luiz Moricóchi, Maria de Lourdes do Canto Arruda, Mauro de Souza Barros, Natanael Miranda dos Anjos, Nelson Giuliétti, Paulo Augusto Wiesel, Persio de Carvalho Junqueira ( \* ), Sylvia Regina Hellmeister, Yuly Ivete Mizaki de Toledo.

### **DIVISÃO DE POLÍTICA E DESENVOLVIMENTO**

**Diretor:** Minoru Matsunaga

Alceu de Arruda Veiga Filho, Cesar Roberto Leite da Silva, Fatima Regina de Barros, José Eduardo Rodrigues Veiga, José Luiz Teixeira Marques Vieira, José Ricardo Cardoso de Mello Junqueira, José Sebastião de Lima, Malimíria Norico Otani, Maria Auxiliadora de Carvalho, Maria Elisa Benetton Junqueira, Regina Junko Yoshii, Sergio Gomes Vassimon, Sonia Martins Giordano.

### **DIVISÃO DE ECONOMIA DA PRODUÇÃO**

**Diretor:** José Roberto Viana de Camargo

Arthur Antonio Ghilardi, Daniel Ribeiro Junior, Denyse Chabaribery, Gabriel Luiz Seraphico Peixoto da Silva, Hiroshige Okawa, Ikuyo Kiyuna ( \* ), José Carlos Gomes dos Reis Filho ( \* ), Nilda Teresa Cardoso de Mello, Oscar José Thomazini Etori, Paulo Edgard Nascimento de Toledo, Roberto de Assumpção, Sílvia Toledo Arruda, Valquíria da Silva ( \* ), Zuleima Alleoni Pires de Souza Santos.

### **DIVISÃO DE APOIO À PESQUISA**

**Diretor:** Elcio Umberto Gatti

Antonio Augusto Botelho Junqueira, Antonio Roger Mazzei, Celuta Moreira Cesar Machado, Francisco Alberto Pino ( \* ), Julio Umberto Jimenez Ossio, Luiz Carlos Miranda, Maria Áurea Cassiano, Maria de Lourdes Barros Camargo ( \* ), Marina Brasil Rocha, Nilce da Penha Migueles Panzutti.

### **SERVIÇO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO**

**Diretor:** Aguri Sawatani

Cleusa Batista Pastori, Fátima Maria Martins Saldanha Faria, Gabriela Menni Ferréri, Toyoko Kiyota.

### **COMISSÃO EDITORIAL**

**Coordenador:** José Roberto Viana de Camargo

Antonio Augusto Botelho Junqueira, Celuta Moreira Cesar Machado, Elcio Umberto Gatti, Flavio Condé de Carvalho, José Luis Teixeira Marques Vieira, Rosa Maria Pescarin Pellegrini.

**Bibliografia:** Fátima Maria Martins Saldanha Faria

Instituto de Economia Agrícola (IEA)

Av. Miguel Estéfano, 3900 – 04301, São Paulo, SP

Telefone: (011) 276-9266

Telex: (011) 34067 – SAGR–BR e (011) 22484 – SNSC–BR

( \* ) Realizando curso de pós-graduação.

( \*\* ) Técnico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

# AGRICULTURA EM SÃO PAULO

*Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola*

---

---

Ano XXXI

Tomos I e II

1984

---

---

## CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA E DA EXTENSÃO RURAL PARA A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA: OBSERVAÇÕES NO CASO DE SÃO PAULO <sup>(1)</sup>

Gabriel L.S.P. da Silva <sup>(2)</sup>

Índices de produtividade parcial dos fatores de produção primários (terra e trabalho) e um índice de produtividade total dos fatores foram construídos e seus comportamentos analisados durante o período 1956-1980. Uma medida do esforço de pesquisa agrícola e extensão rural — investimento público — foi utilizada para explicar os ganhos de produtividade total ao longo daquele período. Nossas estimativas comprovam o potencial da pesquisa para acelerar o crescimento agrícola e também fornecem suporte à hipótese de subinvestimento em pesquisa, de um ponto de vista social. Elas também chamam atenção para a necessidade de estudos mais aprofundados sobre o processo de difusão de tecnologia.

---

<sup>(1)</sup> O autor reconhece e agradece os comentários de Fernando B. Homem de Melo, Robert E. Evenson, Nelson B. Martin, Ruy M. Paiva, Guilherme L.S. Dias, José R.M. de Barros e José J. de Carvalho Filho a uma versão anterior desse trabalho, que corresponde a parte de sua Tese de Doutorado, defendida na Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, em maio de 1983.

<sup>(2)</sup> Pesquisador do Instituto de Economia Agrícola e Professor da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo.

## 1 – INTRODUÇÃO

O progresso tecnológico vem sendo crescentemente enfatizado como fonte de desenvolvimento econômico desde o início dos anos cinquenta, quando estudos empíricos estimando o crescimento do produto não explicado pelo aumento do uso de fatores convencionais permitiram avaliar quantitativamente a importância do fenômeno, mostrando a relevância de investigações sobre seus determinantes <sup>(3)</sup>.

No âmbito da agricultura esse fato foi realçado em meados da década de sessenta, quando surgiram os primeiros trabalhos reconhecendo e mensurando a contribuição da pesquisa agrônômica para o aumento da produtividade e da produção agrícolas. Ficou claro, a partir de então, o papel preponderante da pesquisa na geração de novas técnicas produtivas, quer na forma de conhecimentos diretamente aplicáveis à produção, como na forma de conhecimentos incorporados em fatores materiais utilizados no processo produtivo.

Simultaneamente, evidenciou-se que educação formal e extensão rural ajudam a desenvolver as habilidades da mão-de-obra e a capacidade gerencial dos agricultores, contribuindo para acelerar o processo de adoção das novas técnicas geradas pela pesquisa na medida em que facilitam a aprendizagem de como usar novos insumos em combinação com os tradicionalmente empregados e aumentam a percepção das oportunidades de lucro criadas pelos novos métodos de produção <sup>(4)</sup>.

Paralelamente a esses desenvolvimentos ocorrendo em âmbito internacional, passou a ser uma idéia amplamente aceita no Brasil que o desempenho do setor agrícola poderia ter sido melhor ao longo das três últimas décadas, embora não possa ser considerado propriamente deficiente, sobretudo em termos agregados. Argumenta-se que o País poderia ter se beneficiado com maiores exportações desde o pós-guerra e, também, que um crescimento mais equilibrado da agricultura teria evitado o surgimento de uma situação de escassez de alimentos em decorrência da maior abertura da economia ao comércio exterior de produtos agrícolas, a partir dos anos sessenta <sup>(5)</sup>.

---

<sup>(3)</sup> Ver o estudo pioneiro de Solow (59).

<sup>(4)</sup> Ver o trabalho pioneiro de Griliches (23) e também o de Evenson (18).

<sup>(5)</sup> Ver esses argumentos em Pastore (44) e em Homem de Melo (30).

Em período mais recente uma contribuição maior do setor agrícola passou a ser solicitada para a solução de três problemas de importância crescente enfrentados pela economia brasileira. Com efeito, a partir de meados da década passada a política econômica estabeleceu como objetivos para o setor agrícola: a) melhorar a delicada situação do balanço de pagamentos, através da expansão das exportações agrícolas e da redução das importações via substituição de derivados do petróleo por sucedâneos obtidos de culturas energéticas; b) melhorar a distribuição de renda favorecendo as classes mais carentes da população através da expansão da produção de alimentos a menores custos e c) reduzir pressões inflacionárias provenientes da agricultura, devidas principalmente ao desempenho insatisfatório da oferta de produtos de consumo doméstico.

Atingir esses objetivos não será, entretanto, uma tarefa fácil, pois eles claramente envolvem um conflito em termos de disputa pelos recursos disponíveis (6). Assim sendo, a questão que naturalmente se coloca refere-se às possibilidades de expandir a dotação de recursos, ou de aumentar suas produtividades, de modo a viabilizar a expansão da produção agrícola requerida pela política econômica. É um fato bem estabelecido que grande parte do crescimento da agricultura brasileira tem se baseado na expansão da área cultivada (7). Não obstante, parece certo que esse caminho apresentará dificuldades, visto que envolverá custos crescentes, seja devido à incorporação de terras em geral menos aptas à agricultura, seja devido à maior distância da fronteira agrícola aos centros consumidores urbanos, que cresceram intensamente na última década (8). Aliás, o movimento migratório dirigido a estes centros reduziu sensivelmente a população rural, de

---

(6) Esse conflito foi prospectivamente analisado por Homem de Melo (28).

(7) Sobre as fontes de crescimento da agricultura brasileira ver Patrick (48) e, também, Pastore; Alves; Rizzieri (45).

(8) Homem de Melo (28), calcula que para atender aos objetivos da política econômica a expansão da área cultivada deveria alcançar 8% ao ano, o dobro da taxa historicamente observada. Alves (2) acredita que para atender a um crescimento da demanda de alimentos da ordem de 6% ao ano a expansão da oferta na fronteira agrícola não contribuirá com mais que 3%.

tal forma que o crescimento da agricultura tampouco será favorecido pelo comportamento da força de trabalho <sup>(9)</sup>. O aumento da produtividade dos recursos primários — terra e trabalho — coloca-se assim como uma alternativa particularmente atraente, face à situação esboçada. Entretanto, esse também não será um caminho fácil. A contribuição do aumento de produtividade para o crescimento da produção agrícola depende da forma como instrumentos com atuação a longo prazo foram acionados no passado, com destaque para a política de pesquisa agrícola, e tudo indica que o esforço nessa área tem sido insuficiente e também desbalanceado, refletindo-se em grandes diferenças de produtividade entre regiões, grupos de culturas e categorias de produtores <sup>(10)</sup>.

Como reflexo do conjunto de desenvolvimentos teóricos e fatos econômicos mencionados, os problemas relacionados com a alocação de recursos às atividades de pesquisa agrícola, bem como de extensão rural, começaram a despertar interesse crescente no Brasil, especialmente nos últimos anos.

Inserido neste esforço, este trabalho pretende oferecer uma contribuição ao conhecimento da questão, no que se refere ao Estado de São Paulo. Mais especificamente, propõe-se a avaliar o potencial da pesquisa e da extensão rural para deslocar a curva de possibilidade de produção da agricultura, com base nas evidências do passado <sup>(11)</sup>.

Este trabalho divide-se em três partes. Na primeira trata-se dos problemas relacionados à conceituação, explicação e mensuração do progresso tecnológico. Na segunda, investiga-se o comportamento das produtividades parciais e total dos fatores. Na terceira procura-se determinar a contribuição da pesquisa agrícola e da extensão rural para o aumento da produtividade total; e se faz uma avaliação do retorno social dos investimentos públicos nessas atividades.

---

<sup>(9)</sup> Esse aspecto foi enfatizado por Alves (2), que sustenta a necessidade de melhorar a produtividade do trabalho na agricultura.

<sup>(10)</sup> Ver a respeito Schuh & Alves (52), Alves & Pastore (3) e ainda, Silva; Fonseca; Martin (56, 57).

<sup>(11)</sup> Outra dimensão importante do problema refere-se ao potencial da pesquisa e da extensão para modificar a forma da curva de possibilidade de produção da agricultura. Ver a respeito Pastore; Dias; Castro (46); Silva; Fonseca; Martin (56); Homem de Melo (29), e Silva (58).

## 2 – CONCEITUAÇÃO, MENSURAÇÃO E EXPLICAÇÃO DO PROGRESSO TECNOLÓGICO

Embora usados com muita freqüência, os termos técnica, tecnologia e progresso tecnológico nem sempre são empregados com um mesmo significado. Para assegurar maior clareza e precisão, de modo a evitar interpretações ambíguas, parece relevante proceder a uma breve revisão de idéias e definições relacionadas ao tema. A primeira finalidade deste capítulo é, pois, estabelecer uma base conceitual. A partir dela será possível, então, discutir os problemas pertinentes à mensuração e explicação do progresso tecnológico.

### 2.1 - Conceitos Básicos

A noção primária a ser considerada inicialmente é a de processo de produção, uma expressão comum e largamente usada. Todavia, como acentua GEORGESCU—ROEGEN (22), é muito difícil encontrar exemplo de termo tão negligenciado quanto à sua exata significação. Processo de produção envolve a idéia de todo, de continuidade, e nisto reside a maior dificuldade para defini-lo e representá-lo. Torna-se necessário estabelecer fronteiras no processo global de produção e no tempo, tendo em conta as necessidades específicas da análise econômica, para conferir operacionalidade ao conceito. Um processo produtivo elementar deve assim ser relacionado com a produção de um produto ou grupo de produtos para a qual serão sempre necessários diversos fatores. Alguns serão transformados no processo produtivo e outros subsistirão ao processo; os primeiros são os elementos de fluxo e os segundos os de fundo, que correspondem aos agentes inalteráveis mas responsáveis pelas transformações. Entre os elementos de fluxo distinguem-se os “inputs” dos “outputs”, dependendo dos elementos apenas entrarem ou somente saírem do processo. Os elementos de fundo caracterizam-se evidentemente como “inputs” e “outputs” simultaneamente. O intervalo de tempo necessário à produção é essencial para a caracterização do processo. No caso da agricultura o tempo reveste-se de importância particular, devido ao caráter descontínuo da produção, decorrente de fenômenos físico-biológicos (12).

---

(12) As idéias aqui sintetizadas baseiam-se em Georgescu-Roegen (22).

O termo técnica aplica-se a cada particular processo de produção pelo qual um dado produto, ou conjunto de produtos, pode ser obtido. Técnica e processo produtivo são portanto sinônimos; correspondem efetivamente a uma receita de como produzir bens. O conjunto de todos os processos de produção, ou de todas as técnicas conhecidas para obtenção de um determinado produto, ou grupo deles, caracteriza a tecnologia. Progresso tecnológico refere-se ao avanço da tecnologia existente, envolvendo por conseguinte a ampliação do estoque de técnicas ou processos de produção conhecidos <sup>(13)</sup>.

A representação analítica da tecnologia corresponde ao familiar conceito de função de produção, em que cada um dos pontos representa uma dada técnica ou processo de produção envolvendo uma particular combinação de um conjunto de "inputs" que conduz à obtenção de um determinado conjunto de "outputs", durante um intervalo de tempo definido.

A função  $Y = f(X_1, X_2)$  ilustrada na figura 1 representa uma tecnologia. Pode-se imaginar que descreva, por exemplo, o processo pelo qual se obtém como "output" um produto agrícola, utilizando-se como "inputs" transformáveis fertilizantes, defensivos, combustíveis, etc. e como fundos terra, trabalho e capital. O ponto A corresponde a uma técnica ou processo de produção em que  $X_1^A$  e  $X_2^A$  unidades de

recursos permitem obter  $Y_0$  unidades de produto. O ponto B corresponde a uma técnica que utilizando  $X_1^B$  e  $X_2^B$  de recursos produz

igualmente  $Y_0$ . Ambos os pontos representam processos alternativos de uma mesma tecnologia, representada pela isoquanta  $Y_0$  e toda uma família de isoquantas semelhantes que preenche o plano  $X_1 X_2$ . Nessa representação, processos tecnicamente ineficientes já foram eliminados, face ao pressuposto de comportamento racional dos produtores. As combinações A e B (e todas as demais correspondendo a pontos da isoquanta  $Y_0$ ) são igualmente eficientes de um ponto de vista técnico,

---

(13) Na literatura são igualmente usadas as expressões progresso tecnológico e progresso técnico.



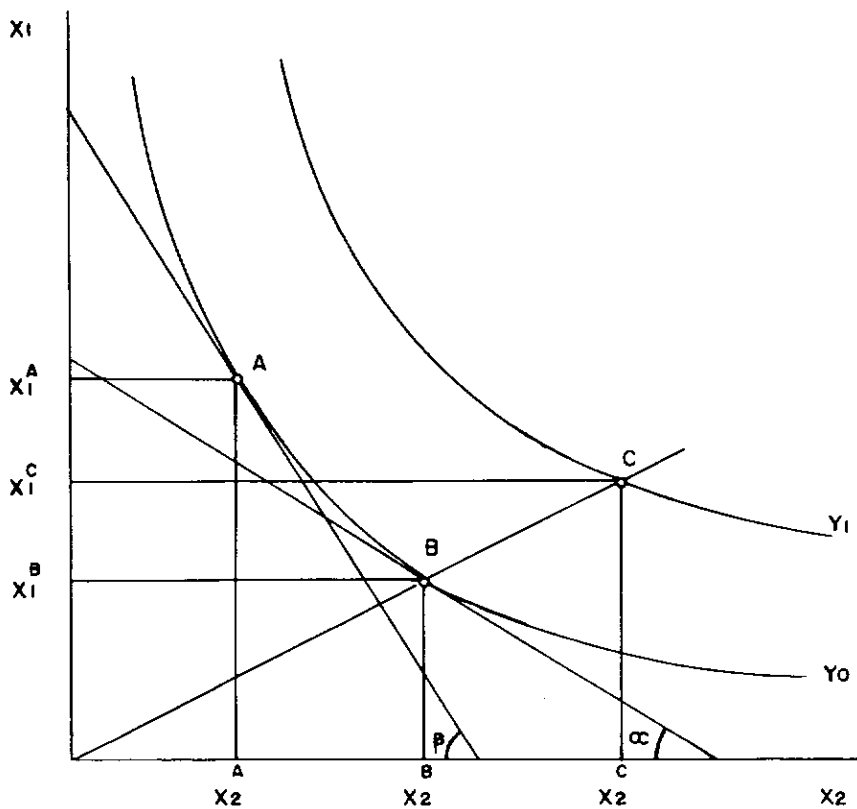


FIGURA 1. - Representação dos Conceitos de Técnica, Tecnologia e Combinação Economicamente Ótima de Fatores de Produção

no sentido de que correspondem à máxima produção que pode ser obtida com as respectivas quantidades de recursos.

A escolha entre A e B dependerá da relação de preços entre  $X_1$  e  $X_2$ ; se  $X_1$  for mais barato A seria economicamente mais eficiente, no sentido de que permitiria produzir  $Y_0$  a um custo inferior ao de B, e vice-versa. A passagem de A para B, no caso de  $X_2$  se tornar relativamente mais barato, corresponderia a uma mudança de técnica mas não envolveria, em nenhum sentido, o progresso tecnológico. Isto porque, dada a função de produção, um aumento de produto de  $Y_0$  para  $Y_1$  implicará, necessariamente, ou o aumento das quantidades de ambos os fatores ou pelo menos o aumento da quantidade de um deles, mantida a quantidade do outro.

É interessante observar, acompanhando NADIRI (43), que mesmo permanecendo constante a tecnologia, as produtividades podem se alterar. Com efeito, a produtividade parcial de  $X_1$ , por exemplo, crescerá de  $PP_{X_1} = Y_0 / X_1^A$  para  $PP_{X_1} = Y_0 / X_1^B$  com o encarecimento de  $X_1$  em termos de  $X_2$ . O preço relativo dos fatores afeta portanto as produtividades parciais através de seu efeito sobre a relação  $X_1 / X_2$ , cuja magnitude depende da elasticidade de substituição entre os fatores. Outras características técnicas do processo de produção podem induzir variações de produtividade, destacando-se a presença de economias de escala. Voltando à figura 1, e supondo  $Y_0 > Y_1$ , um movimento de C para B descreve um possível efeito escala: a poupança proporcional de  $X_1$  e de  $X_2$  devida a um aumento da escala de produção. Se, entretanto, a função de produção for não homotética ( $Y_0$  não paralela a  $Y_1$ ), a poupança de  $X_1$  e de  $X_2$  não ocorrerá na mesma proporção, quando se expandir a escala de produção. Em ambos os casos resultarão variações de produtividade, também independentes de modificações da função de produção.

## 2.2 - Problemas de Mensuração e Explicação

Podemos agora empreender uma discussão sobre o progresso tecnológico em relação com a produtividade. NADIRI (43) menciona

três formas de progresso tecnológico — neutro, tendencioso e com especialização dos fatores — cujos efeitos são ilustrados na figura 2. Admitamos que todas as isoquantas correspondam ao mesmo nível de produto  $Y$  e seja  $A$  a situação inicial. Com progresso tecnológico neutro a posição  $B$  seria eventualmente atingida, produzindo-se o mesmo produto  $Y$  a partir de quantidades menores de  $X_1$  e  $X_2$ ; nesse caso o progresso tecnológico, representado pelo deslocamento paralelo da isoquanta da posição  $Y_1$  para  $Y_2$ , reduz proporcionalmente as quantidades de  $X_1$  e  $X_2$  elevando igualmente as respectivas produtividades <sup>(14)</sup>. Ocorrendo progresso tecnológico tendencioso, a situação  $C$  poderia ser alcançada; esse tipo de mudança tecnológica, representado por deslocamento e rotação da isoquanta de  $Y_1$  para  $Y_3$ , leva a uma poupança relativamente maior de  $X_1$  para todas as técnicas, elevando conseqüentemente sua produtividade em comparação à de  $X_2$ . Finalmente, a posição  $D$  poderia ser atingida no caso de progresso tecnológico envolvendo maior especialização dos fatores e, portanto, redução da elasticidade de substituição entre eles; esse tipo de progresso tecnológico é representado pelo deslocamento e mudança de forma da isoquanta de  $Y_1$  para  $Y_4$ , que apresenta curvatura mais fechada, podendo o aumento de produtividade de  $X_1$  ser igual ou diferente ao de  $X_2$ .

O progresso tecnológico conduz, portanto, a ganhos de produtividades parciais, medidas através dos quocientes  $PP_{X_1} = Y/X_1$  e  $PP_{X_2} = Y/X_2$ . Resulta, também, no aumento da produtividade total, medida pela relação  $PT = Y/aX_1 + bX_2$  ( $a$  e  $b$  indicando pesos apropriados). Qual a explicação para tais ganhos de produtividade? De que modo, através do progresso tecnológico, uma maior quantidade de produto passa a ser obtida de uma dada quantidade de fatores? Como sabemos, a relação funcional entre quantidades de produtos e de fatores supõe perfeita especificação de ambas as categorias, o que se conceitualmente é possível, na prática revela-se muito difícil. Assim, deficiente especificação das fontes de crescimento da produção

---

<sup>(14)</sup> O caráter neutro ou tendencioso do progresso tecnológico é definido por Hicks supondo constante a relação capital/trabalho. Solow supõe constante a relação trabalho/produto e Harrod a relação capital/produto. Ver Nadiri (43).

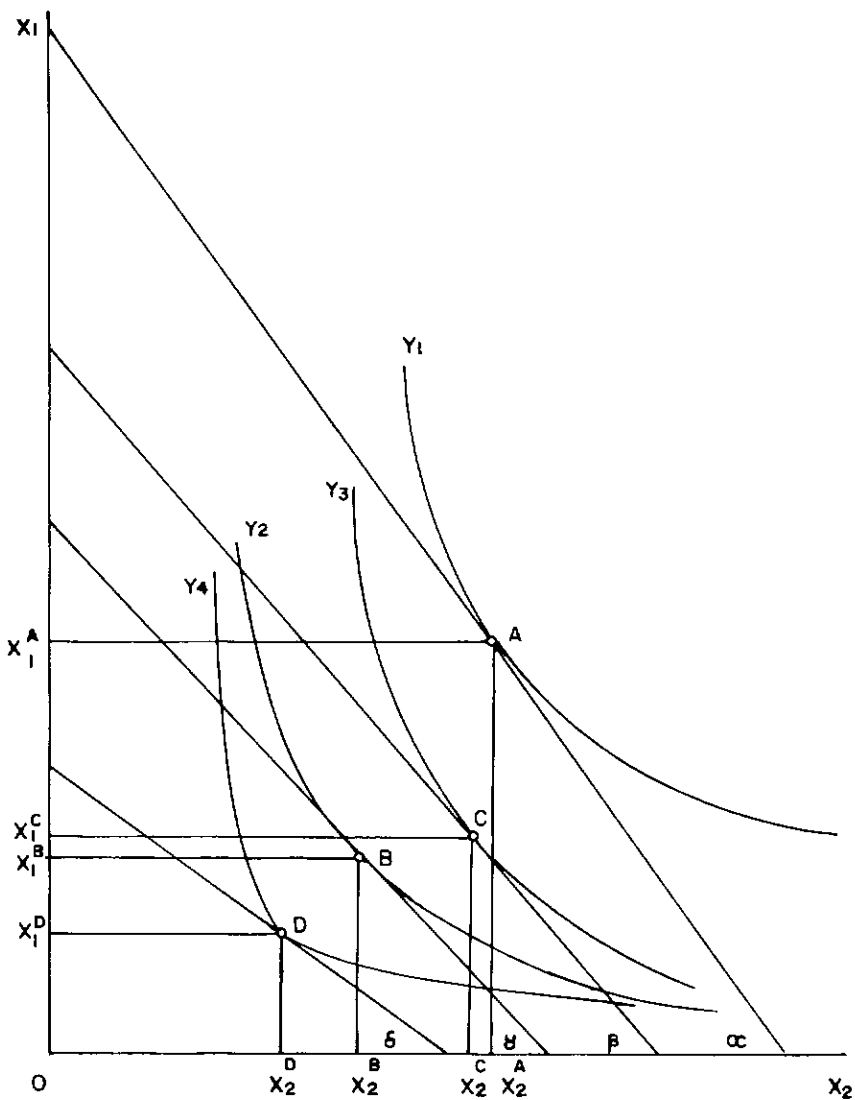


FIGURA 2. - Representação do Progresso Tecnológico e seus Efeitos sobre a Produtividade dos Fatores de Produção

é o motivo pelo qual atribui-se ao progresso tecnológico a parcela de crescimento não explicada pelos fatores convencionais. Medidas de progresso tecnológico refletiriam, portanto, o efeito da descoberta de novos fatores e do aprimoramento qualitativo dos fatores convencionais (omitidos na função de produção).

Apreciável esforço tem sido desenvolvido no sentido de associar o progresso tecnológico e o correspondente ganho de produtividade aos fatores convencionais. Nesse sentido, segundo NADIRI (43), dois caminhos vêm sendo trilhados: a) considerar o progresso tecnológico predominantemente "incorporado" aos bens de capital e b) considerar a maior parte do progresso tecnológico "transmitido" através do trabalho. Essas expressões são usadas para indicar que os novos fatores são mais eficientes que os antigos em decorrência da acumulação de conhecimentos científicos e da educação, que permitem aprimorar os bens de capital e o trabalho, respectivamente. Na realidade, o mais provável é que ambos os fenômenos ocorram e sejam relevantes.

Alguns autores têm estimado funções de produção agregadas para mensurar a contribuição do progresso tecnológico para o crescimento da produção. Outros têm optado por um método alternativo, denominado abordagem contábil do crescimento, em que a função de produção agregada é usada apenas como um esquema conceitual para isolar a contribuição dos vários fatores para o crescimento do produto. Entre os estudos utilizando o primeiro método no âmbito da agricultura, visando estudar o papel da pesquisa e da extensão rural no aumento da produtividade total dos fatores, encontram-se os trabalhos de GRILICHES (23) e de EVENSON (18). O trabalho de EVENSON & JHA (19) constitui, aparentemente, a primeira tentativa de aplicar o segundo método com o mesmo objetivo.

A abordagem contábil do crescimento foi utilizada no presente estudo. Em síntese, ela baseia-se na utilização da produtividade total como medida do progresso tecnológico. O conceito de produtividade total dos fatores foi desenvolvido justamente para superar as deficiências de medidas parciais de produtividade, tais como produto por hectare ou produto por unidade de trabalho, como indicadores de pro-

gresso tecnológico. Um índice de produtividade total, calculado pelo quociente de um índice agregado de produto por um índice agregado de fatores procura, portanto, medir apropriadamente os deslocamentos da função de produção, ou seja, os aumentos de produto obtidos como resultado do progresso tecnológico, mantendo-se constantes as quantidades de todos os fatores.

Tem sido apontado por diversos autores que as fórmulas usadas para cálculo desses índices são de extrema importância. Conforme referem EVENSON & JHA (19), comprovou-se que índices tipo Laspeyres originam medidas pobres de produtividade quando ocorrem mudanças na proporção dos fatores ao longo tempo. Mostrou-se, também, que índices geométricos ponderados pelas participações dos fatores são superiores nesse aspecto. Não obstante, certamente o maior avanço com respeito à mensuração da produtividade total surgiu com a mudança dos pesos usados na construção dos índices.

Para analisar a questão, voltemos à função de produção, mas reescrevendo-a como EVENSON & JHA (19), de modo a ilustrar simultaneamente os problemas de medida e de explicação dos ganhos de produtividade.

$$(1) Y = F(L_1, \dots, L_i, \dots, L_n), \text{ onde } L_i = X_i Q_i T_i,$$

Y representando o produto agregado,  $X_i$  quantidades de fatores,  $Q_i$  índices de mudanças das qualidades dos fatores e  $T_i$  índices de mudanças capazes de aumentar as quantidades dos fatores no sentido de que cada fator torna-se "mais fator" após a mudança tecnológica, isto é, reduz-se a quantidade de fator por unidade de produto).

Supondo que a função de produção seja homogênea de grau 1 e assumindo a hipótese de maximização de lucros pode-se chegar ao índice de produtividade total:

$$PT = Y - \sum_{i=1}^n S_i X_i = \sum_{i=1}^n S_i (Q_i + T_i),$$

onde PT indica variação da produtividade total, Y simboliza variação do produto,  $X_i$  denota variação das quantidades de fatores e  $S_i$  indica a participação dos fatores.

Como estas participações alteram-se a cada momento, uma medida apropriada de produtividade é obtida a partir de índice enca-deado das taxas ponderadas de crescimento do uso dos fatores, ou seja, de aproximações do Índice de Divisia, como recomenda CHRISTENSEN (12). O mesmo tipo de índice deve, por razões análo-gas, ser utilizado para cálculo do produto agregado. Mostra também a expressão que as variações da produtividade total explicam-se pelas mudanças qualitativas e multiplicadoras de fatores, devidamente pon-deradas pelas participações dos respectivos fatores.

Julgamos interessante lembrar neste ponto que o Índice de Laspeyres, freqüentemente usado em medidas de produtividade no passado, não permite, devido à constância dos pesos, a separação dos efeitos da substituição de fatores e do progresso tecnológico. Ao contrário, o Índice de Divisia permite a eliminação dos efeitos da substituição, justamente pelo uso de ponderações variando no tempo. Além disso, como mostrou DIEWERT (16), enquanto o Índice de Laspeyres implica uma função de produção linear com perfeita substitutibilidade de fatores, aproximações do Índice de Divisia são consistentes com a função de produção neoclássica, com taxas marginais de substituição declinantes. Isso constitui uma vantagem adicional, uma vez que funções lineares não são consideradas apropriadas para representar processos de produção.

Para concluirmos estas considerações resta comentar as vanta-gens e limitações do método em discussão. NADIRI (43) aponta como vantagens o fato de evitar problemas relacionados com a forma e esti-mação da função de produção. E considera como limitações mais fortes as hipóteses de que a função de produção apresenta retornos constantes à escala e de que os preços dos fatores constituem medidas aceitáveis dos respectivos produtos marginais (15).

---

(15) De fato a presença de economias de escala na agricultura é questão controvertida. En-tre as evidências positivas podemos citar GRILICHES (23, 24). Por outro lado, nu-ma agricultura em transformação, em desequilíbrio, é possível que os preços de fato se afastem dos produtos marginais, mas devem convergir a longo prazo. ENGLER (17) evidencia retornos constantes à escala na agricultura paulista.

Devemos ainda deixar claro que usaremos a abordagem contábil do crescimento neste trabalho de forma muito diferente da utilizada nos estudos de DENISON (14) e JORGENSON & GRILICHES (36), considerados os mais importantes usando esse método. O primeiro autor procurou medir o progresso tecnológico puro reduzindo a magnitude do resíduo por meio de ajustamentos nas quantidades e características dos fatores de produção, enquanto os segundos tentaram explicar todo o progresso tecnológico através de correções apropriadas dos erros de agregação e medida das quantidades e preços dos fatores. Neste estudo não faremos qualquer ajustamento dos fatores convencionais buscando eliminar o resíduo ou transformá-lo num progresso tecnológico quase puro. Assumiremos, seguindo EVENSON & JHA (19), que as mudanças capazes de aumentar a quantidade e qualidade dos fatores são descobertas, modificadas e difundidas de produtor a produtor através de atividades econômicas específicas — pesquisa agrícola, extensão rural, etc. — capazes de explicar o deslocamento da função de produção definida em termos dos fatores convencionais.

### **3 — EVOLUÇÃO DAS PRODUTIVIDADES DA TERRA E DO TRABALHO E DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES DE PRODUÇÃO**

O objetivo deste capítulo é estudar as tendências da produtividade na agropecuária do Estado de São Paulo, durante o período 1956-80. Analisaremos a evolução das produtividades parciais da terra e do trabalho e o comportamento da produtividade total dos fatores de produção. Os índices de produtividade agregada em que se baseia a análise foram obtidos pelo quociente de índices agregados de produção por índices simples de terra e de trabalho ou por um índice agregado de fatores. Como procuramos mostrar na discussão metodológica do capítulo anterior, somente o uso de índices apropriados garante a obtenção de medidas confiáveis de produtividade. Por esse motivo calculamos índices agregados de produção e de uso de recursos



especificamente para esse trabalho, utilizando o tipo Fisher encadeado, com ponderações variando ano a ano, por satisfazer os requisitos exigidos, conforme CHRISTENSEN (12).

Antes, porém, de apresentar as medidas de produtividade, julgamos conveniente fazer um apanhado das tendências gerais da agropecuária, no que diz respeito à produção e ao uso de fatores. O conhecimento dessas tendências certamente contribuirá para a compreensão das mudanças de produtividade agregada.

### 3.1 - Tendências da Produção e do Uso de Fatores

Para examinar as tendências de crescimento da produção agropecuária paulista preparamos um conjunto de informações abrangendo agregados compostos pelos 21 principais produtos vegetais e animais: café, citros (laranja, tangerina e limão), banana, uva, cana-de-açúcar, soja, amendoim, algodão, mamona, milho, arroz, feijão, trigo, mandioca, batata, cebola, tomate, carne bovina e leite.

Além da produção agropecuária global outros agregados foram considerados, com o objetivo de contrastar diferenças de comportamento. Nesse sentido, separamos a produção agrícola e a produção pecuária, devido às suas características bastante distintas, no que se refere ao processo produtivo. Separou-se, também, por razões de natureza econômica, os produtos de mercado externo e os de mercado interno.

Essa segmentação da agricultura brasileira, reconhecida por HOMEM DE MELO (27) e também por BARROS & GRAHM (6), acaba por se refletir na produtividade de cada grupo de produtos. A diferenciação da agricultura por ambos os autores baseou-se fundamentalmente no processo de formação dos preços. Claramente, no caso dos produtos domésticos apenas variáveis internas são relevantes para a determinação de preços e quantidades, enquanto as condições prevalecentes no mercado externo são essenciais no caso dos produtos transacionados internacionalmente.

O critério de classificação repousa, portanto, na maior ou menor exposição às forças do mercado internacional de produtos agrícolas, não sendo de maior importância a questão do destino dos

produtos, isto é, se são apenas consumidos no mercado doméstico (ou exportados) ou se a produção se destina ao consumo local e à exportação em proporções não desprezíveis; aliás nesse sentido a segmentação seria hoje menor que no passado, pois atualmente um maior número de produtos é simultaneamente consumido no país e exportado. A principal implicação da existência das duas categorias de bens para o presente estudo é que no caso dos produtos exportáveis os preços tendem a se manter mais estáveis, enquanto no caso dos produtos domésticos a demanda torna-se preço-inelástica, de modo que variações da oferta tendem a produzir acentuadas flutuações de preços. Essa situação não só contribui para dificultar o processo de adoção de novas técnicas pelos agricultores como inclusive pode afetar desfavoravelmente o processo de geração de novas técnicas, restringindo os ganhos de produtividade.

Foram considerados como produtos exportáveis café, citros, cana-de-açúcar, soja, amendoim, algodão e mamona. Como domésticos foram incluídos milho, arroz, feijão, trigo, mandioca, batata, cebola, tomate, banana, uva, carne bovina e leite. Nossa classificação está sujeita, como quase sempre sucede, a certas limitações. Primeiro, alguns produtos não apresentam uma situação firme em termos de comparecimento nas pautas de exportação e de importação. Segundo, alguns produtos estão sujeitos a um regime de preços administrados, que os aproxima mais da situação dos produtos exportáveis que dos domésticos.

Estes fatos levaram **HOMEM DE MELO (27)** a criar uma categoria adicional de produtos intermediários (incluindo amendoim e milho) e uma categoria de produtos administrados (incluindo cana-de-açúcar e café). Segundo esse critério, e considerando os produtos incluídos no presente estudo, trigo e leite deveriam ficar entre os produtos administrados e carne bovina talvez entre os intermediários. Preferimos, entretanto, evitar uma classificação mais complexa, e por isso todos os três foram colocados no grupo dos domésticos, desde que na maior parte do horizonte coberto pela análise não estiveram muito expostos às forças do mercado internacional.

Para analisar o comportamento dos agregados acima definidos, calculamos as taxas médias anuais de crescimento dos respectivos

índices, fracionando o horizonte de tempo coberto pela análise em dois períodos: 1956-68 e 1968-80. Procuramos, assim, levar em conta alguns fatos aparentemente capazes de provocar mudanças no comportamento da produção, do uso de fatores, e conseqüentemente da produtividade.

Entre tais fatos atribuimos importância a uma revelação da análise da evolução da pesquisa agrícola desenvolvida por SILVA (54): a produção científica atingiu um máximo no quinquênio 1960-64, sugerindo que o estoque de conhecimentos tecnológicos acumulados pode ter atingido por essa época um volume capaz de modificar o desempenho da agricultura a partir de meados dos anos sessenta. Um segundo fato, atuando em conjunto com o primeiro, parece ter sido a política de crédito rural implementada a partir de 1965, conduzindo à expansão das aplicações, pois uma agricultura em transformação necessita de investimentos elevados, nem sempre compatíveis com a capacidade de poupança do próprio setor. Além disso, o caráter subsidiado do crédito, compensando os riscos associados ao processo de adoção de novas técnicas, deve ter também contribuído para a performance da agricultura (16). Finalmente, é certo que a maior abertura da economia brasileira ao comércio internacional de produtos agrícolas estimulou a produção, induziu mudança de sua composição e favoreceu o processo de modernização da agricultura de exportação, principalmente a partir de 1968.

Com base nos dados do quadro 1 constatamos que a produção agropecuária cresceu a uma taxa média da ordem de 3,3% durante ambos os períodos. O desempenho da produção não foi contudo uniforme: a agricultura experimentou uma expansão da ordem de 4% em cada um dos períodos, enquanto a pecuária manteve-se praticamente estagnada ao longo de todo o horizonte analisado. Além disso, modificaram-se sensivelmente as tendências da produção de bens exportáveis

---

(16) Ver GUIMARÃES (25) a respeito da política brasileira de crédito rural.

e domésticos. A produção do primeiro grupo cresceu à taxa de 2,0% no período 1956-68, enquanto a do segundo expandiu-se no mesmo período à taxa de 3,0%. A situação inverteu-se no período 1968-80, passando a produção de exportáveis a crescer a 4,7% e a de domésticos a 2,0%. A mudança mais drástica de comportamento ocorreu com os produtos domésticos vegetais, cujo crescimento caiu de 6,0% no período 1956-68 para apenas 2,0% no período 1968-80.

Com respeito ao uso de fatores pela agropecuária, julgamos conveniente analisar a evolução do agregado global de fatores e outros agregados significativos, bem como alguns fatores isolados, dentre os 13 considerados no estudo. Assim, o fator terra comparece de três formas: terra com culturas anuais, permanentes e pastagens; terra com culturas anuais e permanentes; e terra com pastagens. Culturas permanentes englobam café, citros, cana-de-açúcar, banana e uva. Pastagens abrangem as naturais e cultivadas. Trabalho, animais de trabalho, tratores, fertilizantes e rebanho são tratados separadamente.

As tendências de uso dos fatores de produção, expressas pelas respectivas taxas médias anuais de crescimento, são apresentadas no quadro 2, para os períodos 1956-68 e 1968-80. Verificamos que o emprego global de fatores cresceu continuamente à taxa de 1,1% no período 1956-68 e de apenas 0,7% no intervalo 1968-80. Essa evolução relativamente uniforme é, entretanto, a resultante de profundas mudanças experimentadas pelo setor.

A terra explorada com culturas anuais, permanentes e pastagens expandiu-se à taxa de 2,4% durante o período 1956-68, ocorrendo inversão de tendência no período 1968-80, quando passou a decrescer à taxa de 1,3% ao ano. É importante notar que esse comportamento foi muito influenciado pela evolução das pastagens, pois a terra com culturas cresceu continuamente à taxa de 1,0% no primeiro e 0,7% no segundo período, enquanto as pastagens expandiram-se 3,1% ao ano durante o período 1956-68, contraindo-se posteriormente à taxa de 2,3%.

QUADRO 1. - Taxas Médias Anuais de Crescimento da Produção Agropecuária, Estado de São Paulo, 1956-1980 <sup>(1)</sup>

Item	1956-68	1968-80
Produção agropecuária	3,29	3,40
Produção agrícola	4,06	4,15
Produção pecuária	-0,01 a	0,54 a
Produtos exportáveis <sup>(2)</sup>	2,04 a	4,69
Produtos domésticos (vegetais) <sup>(3)</sup>	5,97	1,97
Produtos domésticos (vegetais e animais) <sup>(4)</sup>	3,03	2,02 a

<sup>(1)</sup> Ver anexo 1 para informações detalhadas sobre fontes de dados utilizados em sua elaboração.

Taxas calculadas através da equação  $x_t = a \cdot e^{bt}$ . A letra "a" indica não significância ao nível de 5% de probabilidade.

Produção agregada através de índices de Fisher encadeados, com ponderações variando ano a ano.

<sup>(2)</sup> Inclui café, citros, cana-de-açúcar, soja, amendoim, algodão e mamona.

<sup>(3)</sup> Inclui milho, arroz, feijão, trigo, mandioca, batata, cebola, tomate, banana e uva.

<sup>(4)</sup> Inclui os produtos domésticos vegetais mais carne bovina e leite.

Claramente, a redução global na utilização de terra foi compensada pela aplicação de fertilizantes, que teve notável desenvolvimento, crescendo à taxa de 5,7% no primeiro e de 12,4% no segundo período. É provável que parte desse crescimento tenha-se destinado a manter ou recuperar a fertilidade do solo, cuja tendência normal é o declínio em decorrência da continuidade e intensidade da exploração

QUADRO 2. - Taxas Médias Anuais de Crescimento do Uso de Fatores de Produção na Agropecuária, Estado de São Paulo, 1956-1980 (1)

Item	1956-68	1968-80
Fatores de produção (2)	1,06	0,73
Terra com culturas e pastagens	2,45	-1,31
Terra com culturas	1,04	0,75
Terra com pastagens	3,08	-2,35
Trabalho	-1,30	-0,00 a
Animais de trabalho	0,15 a	-5,18
Tratores	18,62	2,23
Fertilizantes	5,66	12,42
Culturas permanentes	-2,61	5,29
Rebanho bovino	3,31	1,18

(1) Ver anexo 2 para informações detalhadas sobre fontes de dados e procedimentos utilizados em sua elaboração.

Taxas calculadas através da equação  $x_t = a \cdot e^{bt}$ . A letra "a" indica não significância ao nível de 5% de probabilidade.

(2) Fatores de produção agregados através de índice Fisher encadeado com ponderações variando ano a ano.

agrícola. Ademais, a incorporação de áreas de menor fertilidade, especialmente cerrados, que se processou com maior velocidade no segundo período, certamente exigiu a incorporação ao solo de maior volume de fertilizantes e corretivos (17).

(17) A respeito da utilização de terras com condições menos favoráveis à agricultura, Silva et alii (58) mostraram que em quase todas as regiões do Estado já em 1971 as terras aptas estavam sendo quase totalmente usadas e que terras consideradas de baixa aptidão, marginais ou mesmo inaptas, segundo critérios de capacidade de uso, já eram agricultadas em uma região.

O uso de trabalho decresceu à taxa de 1,3% ao longo do período 1956-68, tendo-se estabilizado no período subsequente. O emprego de animais de trabalho permaneceu relativamente estável no período inicial, mas caiu à taxa de 5,2% no período 1968-80. Em contrapartida, a utilização de tratores cresceu aceleradamente, ao tempo em que se reduziu o uso de trabalho e em ritmo bem mais lento no período mais recente, quando a utilização de trabalho estabilizou-se; os dados indicam que a taxa teria alcançado 18,6% para depois cair a apenas 2,2%.

Essa evolução deve ser vista com algum cuidado, enquanto indicando um arrefecimento do processo de mecanização da agricultura, pois no período mais recente sabe-se que vêm sendo crescentemente mecanizadas as operações de colheita, usando predominantemente equipamentos automotrizes. Em certo sentido, portanto, o processo de mecanização deve ter se acelerado no período 1968-80. Aliás, embora ele tenha atingido todas as culturas, nunca será demais realçarmos que foi favorecido pela mudança na composição da produção ocorrida no período analisado; o comportamento da área de culturas reconhecidamente intensivas em mão-de-obra (como café e algodão) associado ao de culturas mais mecanizadas (como soja e cana-de-açúcar) foram fatores provavelmente importantes para acelerar o ritmo da mecanização da agricultura.

As culturas permanentes contraíram-se à taxa de 2,6% no intervalo 1956-68, revertendo-se essa tendência no período 1968-80, quando expandiram-se à taxa de 5,3% ao ano. Quanto às pastagens, como já mencionamos, apresentaram incremento no primeiro e redução no segundo período. Finalmente, o crescimento do rebanho foi de 3,3% ao ano no intervalo inicial, caindo para 1,2% no último período considerado.

### 3.2 - Comportamento da Produtividade da Terra e do Trabalho

A evolução da produtividade da terra e do trabalho pode ser visualizada através da figura 3, onde estão plotados os índices de produção agropecuária e de uso de terra e emprego de trabalho, dos

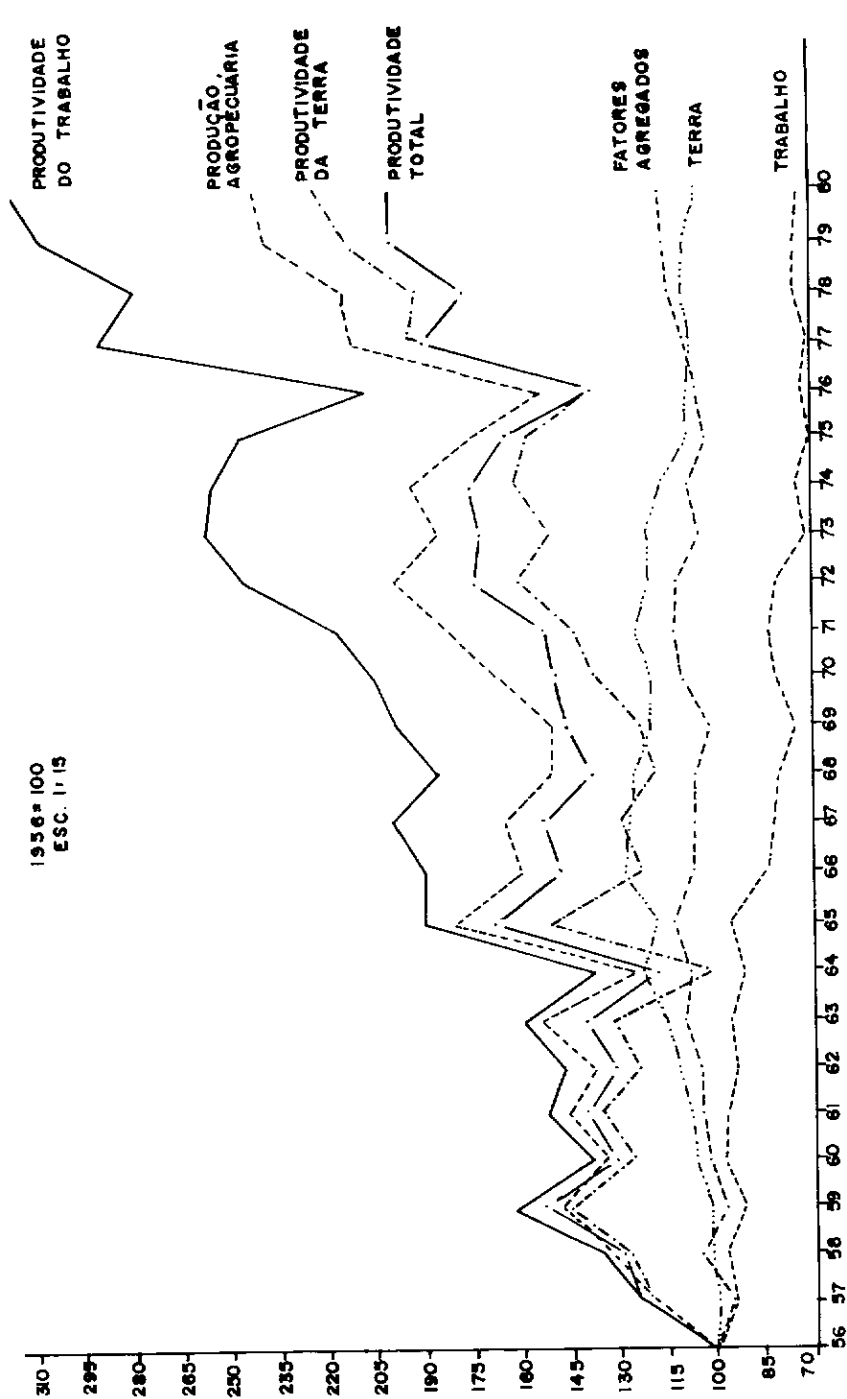


FIGURA 3. - Índices de Produtividade da Terra e do Trabalho e de Produtividade Total dos Fatores de Produção, Estado de São Paulo, 1956-1980.



quais resultamos respectivos índices de produtividade. Na mesma figura está ainda representado o índice agregado de uso de fatores e o índice de produtividade total, que serão discutidos mais adiante. Nota-se que a produtividade da terra apresentou-se oscilante, sem tendência definida até 1968, a partir de quando passou a crescer aceleradamente. O comportamento da produtividade do trabalho é muito mais uniforme, crescendo ao longo de todo o horizonte de tempo coberto pelo estudo. Os dados do quadro 3 mostram que o crescimento da produtividade da terra foi praticamente nulo no período 1956-68, mas alcançou 4,8% ao ano no período 1968-80, enquanto a produtividade do trabalho cresceu a taxas pouco superiores a 4,0% em ambos os períodos.

Ficamos surpresos, ante as evidências anteriores, com a estagnação da produtividade da terra no período 1956-68, e para investigar a questão calculamos separadamente a produtividade da terra ocupada com culturas e da terra coberta com pastagens. Verificamos então que, enquanto a produtividade cresceu à taxa de 3,0% na agricultura, decresceu à taxa de 3,1% na pecuária, explicando-se assim a discrepância entre nossos resultados e os obtidos por outros autores, entre os quais PASTORE; ALVES; RIZZIERI (45), que não considerando a pecuária encontraram taxa de 4,8% para o crescimento da produtividade da terra em São Paulo, no período 1955-65. Entre 1968 e 1980, acentua-se o movimento ascendente da produtividade da terra na agricultura e inverte-se a tendência de declínio na pecuária; as respectivas taxas de crescimento atingem então 3,4% e 3,0% ao ano.

Ao completar estes comentários chamamos a atenção para o fato de que as taxas de crescimento da produtividade agregada da terra e da produtividade agregada do trabalho refletem, simultaneamente, mudanças no perfil tecnológico de cada atividade bem como alterações na composição da produção agropecuária. Conforme já mostramos, tais alterações foram acentuadas durante o horizonte coberto neste estudo, devendo ter tido, portanto, um efeito ponderá-

QUADRO 3. - Taxas Médias Anuais de Crescimento da Produtividade da Terra e do Trabalho e da Produtividade Total dos Fatores de Produção na Agropecuária, Estado de São Paulo, 1956-1980 (1)

Item	1956-68	1968-80
Produtividade da terra		
Agropecuária	0,57 a	4,77
Agricultura	2,99	3,37
Pecuária	-3,08	2,96
Produtividade do trabalho		
Agropecuária	4,39	4,04
Produtividade total		
Agropecuária	1,94	2,66

(1) Ver Anexos 1 e 2 para informações detalhadas sobre fontes de dados e procedimentos utilizados em sua elaboração.

Produtividades calculadas a partir de índices de produção e de uso de fatores tipo Fisher encadeado, com ponderações variando ano a ano.

Taxas calculadas através da equação  $x_t = a \cdot e^{bt}$ . A letra "a" indica não significância ao nível de 5% de probabilidade.

vel sobre a evolução daquelas produtividades (18).

É interessante comparar a performance da agricultura paulista com a de outras regiões e países. Com esse objetivo transcrevemos no quadro 4 taxas de crescimento da produtividade da terra e do

(18) BARROS; PASTORE; RIZZIERI (7) estudaram o problema fazendo uma partição dos índices de produtividade da terra entre o que denominaram de componentes tecnológico e alocativo. O primeiro reflete basicamente os aumentos de produtividade das culturas devidos ao progresso tecnológico, enquanto o componente alocativo reflete o aumento da participação das culturas com maior produtividade. Mostraram que nos quinquênios 1956-60 e 1961-65 o componente tecnológico foi dominante enquanto no quinquênio 1966-70 os dois efeitos foram equilibrados no Estado de São Paulo.

QUADRO 4. - Taxas Médias Anuais de Crescimento da Produtividade da Terra e do Trabalho na Agropecuária em Algumas Regiões e Países, 1955-65

Países e regiões	Produtividade do trabalho	Produtividade da terra
Países desenvolvidos	4,7	2,1
Países intermediários	4,4	2,0
Países menos desenvolvidos	1,4	2,1
Brasil (1)	4,0	2,0
Centro-Sul (1)	4,1	2,1
Nordeste (1)	3,8	0,6

(1) Apenas setor de culturas.

Fonte: Pastore; Alves; Rizzieri (45) p. 261, e Hayami & Ruttan (26) p. 74.

trabalho no Brasil, calculadas por PASTORE; ALVES; RIZZIERI (45), e em grupos de países desenvolvidos, intermediários e menos desenvolvidos, calculadas por HAYAMI & RUTTAN (26). O confronto dos números mostra que a produtividade do trabalho em São Paulo acompanhou de perto a tendência observada nos países desenvolvidos e intermediários, durante o período 1956-68. Quanto à produtividade da terra, na agropecuária como um todo, praticamente não ocorreu crescimento nesse período em São Paulo, mas no intervalo 1968-80 o crescimento foi muito dinâmico, com velocidade duas vezes superior à calculada para os três grupos de países no período 1955-65. Lamentavelmente, os dados referentes a estes países não permitem compara-

ções quanto à produtividade da terra utilizada exclusivamente com culturas, que evoluiu de modo muito favorável em São Paulo durante os 25 anos cobertos por este estudo. Com respeito à produtividade da terra no Brasil, nossos dados confirmam o fato sobejamente conhecido de que em São Paulo, no setor de culturas, ela cresceu muito mais rapidamente do que em outras regiões e no conjunto do país.

### 3.3 - Evolução da Produtividade Total dos Fatores

A figura 3 ilustra o comportamento da produtividade total dos fatores de produção na agropecuária, resultante da evolução da produção e do uso de fatores. Como a produção experimentou acelerado crescimento e o uso de fatores aumentou muito lentamente, pode-se concluir que entre 1956 e 1980 a função de produção agregada deslocou-se significativamente em direção à origem, provocando os ganhos de produtividade retratados na figura. Conforme dados do quadro 3, a taxa média anual de crescimento da produtividade total foi de 1,9% no período 1956-68 e de 2,7% no período 1968-80. Essa performance é superior à apresentada pelos países da Comunidade Econômica Européia durante o período 1967-76, calculada por BEHRENS & HAEN (8); compara-se favoravelmente à da Índia no período 1953/56 — 1963/65 mas é inferior à performance dos estados mais dinâmicos desse país durante o intervalo 1963/65 — 1969/71, de acordo com os cálculos de EVENSON & JHA (19), conforme dados reunidos no quadro 5. Não encontramos trabalhos mensurando ganhos de produtividade total em São Paulo, bem como em outros estados, o que impossibilitou comparações semelhantes no âmbito da agricultura brasileira.

## 4 — PESQUISA, EXTENSÃO E AUMENTO DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES

Este capítulo tem por objetivo comprovar a hipótese, já bem estabelecida, de que a pesquisa agrônômica e a extensão rural são importantes determinantes dos aumentos de produtividade na agricul-

QUADRO 5. - Taxas Médias Anuais de Crescimento da Produtividade  
Total dos Fatores de Produção na Agropecuária em Algumas  
Regiões e Países, em Diversos Períodos

Comunidade econômica	1963-70	1970-76	1963-76
Européia			
República Federal da			
Alemanha	1,56	2,57	2,02
França	1,73	1,47	1,61
Itália	1,45	0,85	1,17
Holanda	2,49	2,41	2,45
Bélgica/Luxemburgo	1,36	2,55	1,85
Reino Unido	1,47	1,34	1,41
Irlanda	1,54	2,60	1,98
Dinamarca	1,05	2,07	1,47
Índia	1953-56	1958-61	1963-65
(estados selecionados)	1958-61	1963-65	1969-71
Assam	-2,27	-0,18	3,98
Gujarat	0,74	2,81	4,78
Haryana	2,41	-0,70	16,10
Mysore	1,03	0,69	0,27
Orissa	-1,34	1,93	1,30
Punjab	2,41	0,52	13,40
Rajasthan	0,09	-0,99	12,70
Tamil Nadu	1,49	-1,43	0,61
Uttar Pradesh	0,43	0,66	1,93

Fonte: Behrens & Haen (8) p. 133, e Evenson & Jha (19) p. 216-217.

tura e, principalmente, proceder a uma avaliação global dos investimentos públicos nessas atividades, no Estado de São Paulo. Inicialmente faremos uma breve revisão dos estudos anteriores mais significativos sobre o tema, para a seguir apresentar um modelo teórico e sua formulação empírica, passando então à discussão das estimativas obtidas e correspondentes implicações econômicas.

#### 4.1 - Estudos anteriores

Os trabalhos realizados no Brasil buscando avaliar os investimentos em pesquisa agrônômica são ainda muito escassos face à relevância do tema. No caso específico de São Paulo, cuja Secretaria de Agricultura e Abastecimento é a principal instituição responsável pelo trabalho de pesquisa desenvolvido no Estado, foram realizados três estudos desta natureza. O trabalho pioneiro foi o de AYER & SCHUH (5), que procuraram avaliar o esforço de pesquisa na cultura do algodão, através do método da taxa interna de retorno, tendo estimado que o retorno social foi da ordem de 90%. Utilizando basicamente a mesma metodologia, FONSECA (21) avaliou o retorno social dos investimentos em pesquisa na cultura do café, concluindo que situou-se entre 23% e 25%. Recentemente um estudo semelhante foi conduzido por MORICCHI (42), concluindo que o retorno social da pesquisa em laranja atingiu de 18% a 27%. Fora de São Paulo foi realizada por PENNA & MONTEIRO (47) uma avaliação do programa de pesquisa de cacau, baseado em ganhos potenciais, que indicou taxa de retorno social de 60% a 79%. Devemos mencionar ainda um estudo recentemente divulgado e que tenta avaliar, em bases prospectivas, o retorno da pesquisa realizada especificamente pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Segundo os autores, CRUZ; PAIVA; ÁVILA (13), os retornos esperados superam o custo de oportunidade dos recursos investidos a partir da criação da empresa em 1974.

Avaliações econômicas do impacto das atividades de assistência técnica e extensão rural são ainda mais escassas. Aparentemente, nenhum estudo específico a respeito foi realizado em São Paulo, onde essas atividades também são desenvolvidas pela Secretaria de Agricul-

tura e Abastecimento. Todavia, deve-se registrar que ENGLER (17) encontrou evidência de efeito da assistência técnica sobre a produção agrícola, a partir de uma função de produção agregada ajustada com dados de corte temporal. Fora de São Paulo alguns poucos estudos foram desenvolvidos. ALVES & SCHUH (4) procuraram avaliar os efeitos do programa de extensão rural da Associação de Crédito e Assistência Rural de Minas Gerais (ACAR—MG) sobre a eficiência técnica e econômica dos agricultores. Seu estudo, que se baseou na análise de funções de produção estimadas para propriedades atendidas e não atendidas pelo serviço de extensão, chegou a resultados inconclusivos. Em contrapartida, estribando-se na comparação das taxas de lucro de propriedades que mantiveram contato com o serviço de extensão durante diferentes períodos de tempo, DIAS (15) sugere que o serviço de extensão rural prestado pela Associação Brasileira de Crédito e Assistência Rural (ABCAR) em diversos Estados (exceto São Paulo) parece ter contribuído, através dos programas de crédito orientado e de assistência técnica, para a redução das imperfeições nos mercados de capital e de informação técnica, com efeito positivo sobre a rentabilidade dos produtores de baixo nível tecnológico, por curto período de tempo. Praticamente nenhum efeito positivo foi detectado no caso dos produtores de nível tecnológico mais elevado.

Todos os estudos referentes à pesquisa, aqui relatados, têm um ponto em comum: abordam o problema ao nível de produto. Os trabalhos versando sobre extensão rural são, ao contrário, de caráter global. A abordagem a nível de produto pode ser interessante para a orientação de políticas específicas, mas apresenta o inconveniente de não fornecer uma visão de conjunto, abrangendo todos os casos de sucesso como os de insucesso da pesquisa agropecuária e da extensão rural. Um outro aspecto a destacar com respeito a esses estudos é que não consideram, ao menos explicitamente, as interrelações entre as atividades de pesquisa e de assistência técnica.

## 4.2 - Modelo teórico

Para analisar as relações entre a produtividade e o trabalho de pesquisa e extensão partiremos da concepção de que a produtividade pode ser postulada como uma função da tecnologia, do solo, do clima e das condições do tempo. Naturalmente que o solo e clima poderiam ser incluídos no conjunto de elementos que definem a tecnologia, mas essa seria uma formulação mais difícil de operacionalizar. Assim, preferimos estabelecer que as condições de solo e de clima determinam a produtividade potencial de uma dada tecnologia, definida como sendo a forma na qual o conhecimento é revelado na produção. Do mesmo modo poderíamos dizer que, dadas as condições de clima e de solo, a tecnologia determina a produtividade potencial. Finalmente, não se pode esquecer que as condições do tempo provocam variações anuais da produtividade.

Essa concepção, baseada em EVENSON & KISLEV (20) pode ser expressa por:

$$P_t = P (S_t, W_t, T_t)$$

onde P indica produtividade, S condições de solo e clima, W condições de tempo e T tecnologia disponível, todas as variáveis qualificadas pelo tempo t.

A tecnologia disponível pode ser definida como uma função, envolvendo uma estrutura de defasagens, do estoque de conhecimentos gerados localmente e do estoque de conhecimentos transferidos de outras regiões ou países, e do esforço de difusão. Formalizando:

$$T_t = T (L) (CD_t, CE_t, D_t)$$

onde L simboliza uma estrutura de defasagens associada ao processo de transformação de conhecimentos em técnicas propriamente ditas, D representa o esforço de difusão de conhecimentos, envolvendo educação, extensão e outras atividades, e CD e CE indicam os estoques de conhecimentos de origem local e externa.



Esses estoques podem ser expressos por:

$$CD_t = (1 - \alpha) \int_0^t cd(s) ds, \quad CE_t = (1 - \beta) \int_0^t ce(s) ds$$

onde  $cd$  e  $ce$  correspondem aos fluxos de geração e empréstimo de conhecimentos, este último dependendo da existência de um estoque externo, bem como de uma capacidade interna para trabalhos de adaptação, sem a qual a transferência torna-se difícil ou mesmo impossível. Depreciação e obsolescência dos conhecimentos são considerados através dos coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$

Os fluxos de conhecimentos gerados e importados dependem, por sua vez, dos trabalhos de pesquisa realizados no passado, e isto implica que:

$$cd_t = cd(M) (Pd_t), \quad ce_t = ce(N) (Pe_t, Pd_t)$$

onde  $Pd$  e  $Pe$  representam recursos especializados, envolvendo cientistas e pessoal auxiliar, campos experimentais, laboratórios e toda sorte de utilidades necessárias ao trabalho de investigação científica, enquanto  $M$  e  $N$  representam estruturas de defasagem decorrentes do fato de que a produção de conhecimentos é uma atividade altamente exigente em tempo de produção.

Alguns passos adicionais foram necessários para transformar esse modelo teórico em uma formulação empiricamente trabalhável. Nesse sentido, começamos por supor uniformes no espaço as condições de clima e de solo, pois do contrário teríamos que considerar a possibilidade de alterações na distribuição espacial das atividades afetarem a produtividade. Desconsideramos também a perda de fertilidade do solo e mudanças climáticas, ao longo do tempo, que teriam o mesmo efeito.

Estas simplificações foram feitas tendo em vista a grande dificuldade, senão impossibilidade, de mensurar estes fatores para incluí-los no modelo. Todavia, elas não geram maior preocupação, pois seu provável efeito teria sido viesar para baixo a contribuição da pesquisa e da extensão. Como a perda de fertilidade do solo é, sem

dúvida, um fator muito importante, atuando no sentido de reduzir a produtividade (19), quando se mensura o resultado da pesquisa através de ganhos de produtividade a medida tende a ser subestimada, visto que os efeitos da pesquisa destinada a contrabalançar a tendência natural à deterioração das terras (com o objetivo de manter sua produtividade original) deixam de ser considerados. Quanto ao efeito de mudanças climáticas, pode ser desprezado devido ao fato de, reconhecidamente, serem fenômenos que ocorrem apenas a prazos extremamente longos. Finalmente, com respeito à questão das mudanças na distribuição espacial das atividades, há evidência de que vêm afetando negativamente a produtividade, de modo que seria mais um fator atuando no sentido de subestimar os efeitos da pesquisa e da extensão rural (20).

Prosseguindo, tivemos que restringir o esforço de difusão de tecnologia à extensão rural (assistência técnica) pela inexistência de informações sobre educação formal dos trabalhadores e, especialmente, dos tomadores de decisão (fazendeiros e administradores). Quanto ao esforço de assistência técnica consideramos apenas o desenvolvido pelas agências governamentais, medido pelos recursos dispendidos, ignorando-se o trabalho das empresas privadas, também pela ausência de informações.

Optamos igualmente por considerar o complexo conjunto de recursos usados na produção científica através do dispêndio das instituições de pesquisa. Devido a dificuldades na obtenção de dados, fomos impedidos de considerar o esforço de pesquisa realizado em outras regiões do País e no exterior, bem como a pesquisa realizada pelo setor privado. Há, entretanto, indicações de que a pesquisa

---

(19) Apesar da relevância do fenômeno, desconhecemos tentativas de mensurá-lo, exceto a nível experimental.

(20) Utilizando um modelo "shift-share", Igreja et alii (32) decomuseram a taxa de crescimento da produção agrícola agregada de São Paulo em suas fontes — efeitos área, rendimento, composição da produção e efeito localização geográfica — concluindo que o último foi negativo no período estudado, 1966-68 — 1975-77.

na área privada tenha sido pouco expressiva no País e mesmo em São Paulo, durante o período em estudo (21). Assim, a inclusão dos investimentos realizados apenas pelas instituições públicas de pesquisa não parece ser uma limitação mais séria ao nosso trabalho. O mesmo pode se dizer a respeito da exclusão das instituições públicas federais realizando pesquisa em São Paulo, desde que sua atuação foi muito reduzida durante praticamente todo o período coberto neste trabalho (22). Por outro lado, o esforço de pesquisa realizado no resto do País é muito mais recente e substancialmente inferior ao desenvolvido em São Paulo, durante o período em análise, o que reduz o inconveniente de sua omissão (23). Talvez a maior limitação da nossa formulação seja a não inclusão da importação de conhecimentos do exterior, que certamente contribuiu para os ganhos de produtividade experimentados pela agricultura paulista (24). De qualquer modo, sem a pesquisa doméstica provavelmente a maior parte desses ganhos não teria se realizado.

---

(21) No período muito recente empresas privadas vêm expandindo atividades de pesquisa agrícola, podendo-se mencionar programas de melhoramento de milho e de cana-de-açúcar, testes de fertilizantes e defensivos, etc.

(22) A partir dos estudos de Silva; Fonseca; Martin (56, 57) pudemos verificar que foi de apenas 3% a participação das instituições públicas federais no número de publicações científicas referentes a São Paulo durante o período 1927-1977.

(23) Silva; Fonseca; Martin (56) mostraram que o esforço de pesquisa fora de São Paulo foi responsável por 38% do número total de publicações científicas no período 1927-77. Mais importante, evidenciaram que das pesquisas conduzidas no resto do País, 60% foram realizadas recentemente, no período 1970-77. Cana-de-açúcar foi aparentemente o único produto amplamente beneficiado por pesquisas feitas fora de São Paulo (Rio de Janeiro).

(24) Homem de Melo (29) refere-se a importações de conhecimentos nos casos da cana-de-açúcar, algodão, soja, milho e batata, e sustenta que essa transferência foi importante para abreviar o tempo necessário à obtenção de resultados na pesquisa realizada em São Paulo.

Podemos chegar, assim, à seguinte formulação operacional:

$$PT_t = f(L) (P_t, E_t, G_t, D_t)$$

onde PT é o índice de produtividade total e P e E representam os investimentos públicos em pesquisa e extensão rural suportados pelo governo estadual. As variáveis G e D foram incluídas para captar os efeitos das condições do tempo: geadas severas, como uma variável "dummy", e deficiência hídrica, medida através do método do balanço hídrico desenvolvido por THORNTWAITE & MATHER (60), como uma variável contínua.

Pesquisa e extensão atuam através de estruturas de defasagens que refletem o tempo gasto no processo de geração de novas técnicas e no processo de sua difusão entre os produtores. No caso da pesquisa, a estrutura de defasagem reflete também depreciação e obsolescência técnica:

$$PT_t = \sum_{\tau=0}^{\kappa} \alpha_{\tau} P_{t-\tau} + \sum_{\tau=0}^{\ell} \beta_{\tau} E_{t-\tau} + \gamma G + \delta D$$

onde  $\kappa, \ell$  são horizontes de tempo e  $\alpha_{\tau}, \beta_{\tau}$  são os coeficientes das estruturas de defasagem.

Para a análise dos efeitos da pesquisa e da extensão impunha-se a seleção de estruturas capazes de se ajustar ao modo de ação dessas atividades. Como mostra KMENTA (38), o modelo de defasagens distribuídas de Almon, em que os coeficientes da variável defasada devem se ajustar a um polinômio, é mais flexível que o de Nerlove, em que os pesos são geometricamente declinantes. A pesquisa é certamente incapaz de influenciar a produção no momento em que é efetuada, sendo provável que seu efeito cresça progressivamente durante determinado período, à medida que tem curso o processo de adoção, e decline depois, eventualmente anulando-se com o passar do tempo, em decorrência da depreciação das técnicas criadas. É razoável esperar, ao contrário, que o efeito da extensão faça-se sentir de imediato, pelo impacto das novas técnicas

transferidas aos produtores, eventualmente cresça acompanhando o processo de aprendizagem dos novos métodos de produção, reduzindo-se em seguida até cessar por completo, com a conclusão do processo de transferência de conhecimentos. Naturalmente, programas de extensão com maior conteúdo educativo devem ter efeitos durante um período relativamente mais longo (25).

Por se adaptar a esse comportamento o modelo de defasagens distribuídas polinomiais foi utilizado, trabalhando-se com um polinômio de segundo grau. Em conseqüência:

$$\alpha_{\tau} = \alpha_0 + \alpha_1 \tau + \alpha_2 \tau^2, \quad \beta_{\tau} = \beta_0 + \beta_1 \tau + \beta_2 \tau^2$$

Com as restrições de que:

$$\alpha_{\tau} = 0 \text{ se } \tau = 0, \quad \alpha_{\tau} = 0 \text{ se } \tau = \kappa \text{ e } \beta_{\tau} = 0 \text{ se } \tau = \ell$$

As variáveis incluídas no modelo são apresentadas nos quadros 6 e 7. Completa e detalhada informação sobre fontes de dados básicos e procedimentos utilizados em sua elaboração com a finalidade de gerar aquelas variáveis é fornecida no Anexo.

### 4.3 — Resultados Empíricos

A estimação foi feita por etapas, devido ao fato do modelo envolver duas variáveis defasadas, atuando através de uma estrutura polinomial e possibilitando grande número de combinações de defasagens. Seguindo esse método, foram inicialmente estimadas equações incluindo apenas o investimento em pesquisa, procurando-se assim detectar um horizonte apropriado para esta variável. A extensão foi então introduzida com diferentes horizontes para cada uma das defasagens selecionadas para a pesquisa, tentando-se identificar os horizontes para ela mais adequados, em busca das melhores combinações para ambas as variáveis. Omitimos a apresentação desses passos intermediários e selecionamos para discussão os resultados mais significativos.

(25) As evidências fornecidas por DIAS (15) sugerem um período de apenas dois a quatro anos no caso dos agricultores assistidos pelo Sistema Brasileiro de Extensão Rural.

QUADRO 6. - Índice de Produtividade Total dos Fatores de Produção na Agropecuária, Deficiências Hídricas e Geadas Severas, Estado de São Paulo, 1958-80<sup>(1)</sup>

Ano	Índice de produtividade total <sup>(2)</sup>	Deficiência hídrica <sup>(3)</sup>	Geadas severas <sup>(4)</sup>
1956	100,0	78,5	G
1957	124,2	22,6	—
1958	130,3	12,1	—
1959	153,1	19,0	—
1960	130,2	83,2	—
1961	140,9	71,2	—
1962	131,5	138,0	—
1963	140,9	33,3	—
1964	115,3	208,3	G
1965	160,9	34,2	—
1966	148,4	29,4	—
1967	153,9	34,9	—
1968	139,6	24,5	—
1969	147,3	97,8	—
1970	151,9	54,3	G
1971	159,5	32,1	—
1972	175,0	23,4	—
1973	174,8	4,7	—
1974	176,9	33,7	—
1975	168,6	71,8	—
1976	141,4	53,4	G
1977	192,3	11,3	—
1978	185,6	37,9	—
1979	202,0	4,3	—
1980	204,6	12,4	G

(<sup>1</sup>) Ver anexos 1, 2 e 4 para informações detalhadas sobre fonte de dados e procedimentos utilizados em sua elaboração.

(<sup>2</sup>) Índice obtido pelo quociente dos índices de produção agropecuária e de uso de fatores de produção (Índices Fisher encadeados, com ponderações variando ano a ano).

(<sup>3</sup>) Deficiência hídrica acumulada no período setembro-fevereiro, medida em milímetros, calculada segundo o método de Thorntwaite e Mather (60).

(<sup>4</sup>) Geadas intensas, atingindo ampla área, reduzindo gravemente o rendimento do café e eventualmente de outras culturas. Estão indicados os anos prejudicados subsequentes à ocorrência das geadas.

QUADRO 7.- Investimentos Públicos em Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural,  
Estado de São Paulo, 1936-80<sup>(1)</sup>

(Cr\$1.000.000 de 1977)

Ano	Pesquisa agropecuária	Extensão rural	Ano	Pesquisa agropecuária	Extensão rural
1936	81,7	55,0	1959	83,1	150,2
1937	83,9	55,0	1960	97,6	155,4
1938	82,7	51,7	1961	105,0	173,2
1939	74,8	50,9	1962	115,5	219,4
1940	77,7	74,1	1963	98,1	262,1
1941	74,6	69,3	1964	94,8	236,9
1942	73,7	60,6	1965	109,5	334,9
1943	69,9	54,2	1966	128,2	404,4
1944	70,9	47,7	1967	159,9	297,2
1945	69,1	104,0	1968	130,1	277,9
1946	75,8	111,9	1969	168,1	382,2
1947	82,3	121,4	1970	183,5	356,8
1948	97,8	116,3	1971	262,6	387,3
1949	93,6	117,8	1972	279,7	402,6
1950	90,0	105,6	1973	300,2	569,6
1951	95,6	129,6	1974	272,1	653,3
1952	96,8	147,6	1975	257,1	747,6
1953	91,4	129,2	1976	266,7	602,7
1954	89,2	131,5	1977	246,1	562,7
1955	90,0	124,5	1978	347,3	477,1
1956	83,1	132,0	1979	311,3	617,5
1957	76,4	131,3	1980	265,9	516,9
1958	90,1	182,8			

(<sup>1</sup>) Ver Anexo 3 para informações detalhadas sobre fontes de dados e procedimentos utilizados em sua elaboração.

O quadro 8 apresenta equações incluindo investimentos defasados em pesquisa com horizontes de 10, 15 e 20 anos, extensão rural corrente e condições do tempo como variáveis explicativas do índice de produtividade total dos fatores de produção. Todos os coeficientes têm o sinal esperado. O teste "t" indica que os coeficientes da pesquisa seriam significantes ao nível de 1% de probabilidade, os parâmetros da extensão rural significantes ao nível de 20% de probabilidade nas equações com horizontes de 15 e 20 anos e não significativa na equação com horizonte de 10 anos, enquanto a significância dos coeficientes das variáveis meteorológicas variaria de 5% a 10%. O coeficiente de determinação estaria entre 80,3% e 83,8%. Não obstante, estes resultados devem ser vistos com cautela pois a presença de autocorrelação serial nos resíduos não pode ser rejeitada. A estatística "d" em uma equação indica autocorrelação positiva e nas demais cai no intervalo inconclusivo do teste de Durbin-Watson. Nestas circunstâncias, segundo JOHNSTON (35), o método dos mínimos quadrados ordinários e o teste "t" convencional deixam de ser válidos.

Optamos, então, por reestimar as equações, segundo o método iterativo de Cochrane-Orcutt, um dos processos alternativos sugeridos por JOHNSTON (35). Observando os resultados no quadro 9, constatamos ligeiro aumento da magnitude dos parâmetros da pesquisa, que permanecem altamente significantes, e perda de significância dos coeficientes da extensão (que aliás já era baixa), nada havendo de importante a assinalar com respeito às variáveis relacionadas às condições do tempo. O poder explicativo das regressões melhorou, variando agora de 84,0% a 86,0%. Estes resultados devem ainda ser vistos com algum cuidado, pois o exame dos coeficientes de correlação simples indica a possível existência de colinearidade entre as variáveis pesquisa e extensão e, como se sabe, um elevado grau de multicolinearidade pode reduzir a precisão das estimativas.

Para investigar a questão foi utilizado o "R<sup>2</sup> cancelado" como medida de multicolinearidade, conforme sugerido por KMENTA



QUADRO 8. - Equações com Pesquisa Agropecuária Defasada, Extensão Rural Corrente e Condições do Tempo como Variáveis Explicativas do Índice de Produtividade Total na Agropecuária, Estado de São Paulo <sup>(1)</sup>

Horizonte da pesquisa	10 anos	15 anos	20 anos
Pesquisa (soma dos coeficientes)	0,2129 (2,8669) a	0,2821 (3,4162) a	0,3953 (3,7894) a
Assistência técnica	0,0301 (1,1164)	0,0338 (1,4095) d	0,0318 (1,4884) d
Geada	-11,9784 (-2,0171) c	-12,3681 (2,2049) b	-13,0452 (-2,4132) b
Deficiência hídrica	-0,1470 (-2,3500) b	-0,1433 (-2,4310) b	-0,1419 (-2,5129) b
Constante	122,261 (15,1930) a	115,580 (13,8271) a	106,881 (11,5102) a
R <sup>2</sup>	0,8030	0,8244	0,8382
DW	1,0209	1,0928	1,1546

<sup>(1)</sup> Equações estimadas através do Método dos Mínimos Quadrados Ordinários com observações de 1956 a 1980; valores de "t" entre parênteses; a letra "a" indica significância ao nível de 1%, "b" 5%, "c" 10% e "d" 20% de probabilidade.

QUADRO 9. - Equações com Pesquisa Agropecuária Defasada, Extensão Rural Corrente e Condições do Tempo como Variáveis Explicativas do Índice de Produtividade Total na Agropecuária, Estado de São Paulo <sup>(1)</sup>

Horizonte da pesquisa	10 anos	15 anos	20 anos
Pesquisa agropecuária (soma dos coeficientes)	0,2601 (3,1805) a	0,3306 (3,5989) a	0,4435 (3,8573) a
Extensão rural	0,0031 (0,1048)	0,0108 (0,4185)	0,0125 (0,5210)
Geada	-11,1481 (-2,5122) b	-11,3553 (-2,6312) b	-11,6006 (-2,6988) b
Deficiência hídrica	-0,1502 (-3,1877) a	-0,1471 (-3,2208) a	-0,1462 (-3,2388) a
Constante	127,702 (12,7773)	119,799 (11,8208)	109,983 (10,0634)
R <sup>2</sup>	0,8401	0,8530	0,8598
DW	2,2109	2,2703	2,2648

<sup>(1)</sup> Equações estimadas através do Método de Cochrane-Orcutt com observações de 1956 a 1980; valores de "t" entre parênteses; a letra "a" indica significância de 1% e "b" 5% de probabilidade.

(38), confirmando-se a suspeita de sua presença (26). Entretanto, é difícil avaliar em que medida e em que sentido a multicolinearidade pode estar afetando as equações estimadas. Além disso, é praticamente impossível resolver este problema, porque a eliminação de uma variável não pode ser feita sem razões teóricas e a agregação de duas variáveis não pode ser feita sem prévio conhecimento sobre os seus coeficientes, pois tais procedimentos introduziriam, respectivamente, um erro de especificação ou um erro de agregação. A solução apropriada seria testar outras amostras, uma vez que a multicolinearidade é um problema que surge dos dados, e não do modelo, em que por hipótese as variáveis independentes são não relacionadas entre si. Entretanto, não se dispõe de outros conjuntos de dados, de modo que no âmbito deste estudo não há como contornar o problema.

Com respeito ainda às equações do quadro 9, cabe discutir a questão do horizonte ótimo. KMENTA (38) menciona que se pode obter alguma ajuda dos dados e sugere que o horizonte de defasagem deve ser estendido até que o máximo coeficiente de determinação seja obtido. No caso deste estudo o  $R^2$  aumenta com horizontes mais extensos e a partir de certo ponto os aumentos tornam-se sucessivamente menores à medida que se alonga o horizonte, como seria de esperar que ocorresse. Entretanto, esse comportamento não fornece informação suficiente para se determinar a melhor defasagem, pois não parece razoável a tendência do modelo dar sempre um maior  $R^2$ , ainda que os aumentos sejam muito pequenos, a despeito da amplitude do horizonte, que foi estendido até 30 anos (limite dos dados disponíveis).

Por essa razão, informações exógenas foram também consideradas. Um estudo anterior de EVENSON (18) indicou que

---

(26) Reestimando a equação em que o horizonte da pesquisa é de 15 anos, eliminando uma variável de cada vez e mantendo as demais, obtivemos os seguintes " $R^2$  cancelados": 0,7220 sem pesquisa; 0,7781 sem deficiência hídrica; 0,7884 sem geada; e 0,8223 sem extensão. De acordo com KMENTA (38) o acréscimo relativamente pequeno do coeficiente de determinação, que passou de 0,8223 (sem extensão) para 0,8530 (modelo completo) indica algum grau de multicolinearidade.

a defasagem média entre investimento em pesquisa e resposta da produção seria de 7,5 anos na agricultura americana — o que implica um horizonte de 15 anos. Outro estudo, por EVENSON & JHA (19), relacionado à agricultura indiana, chegou a bons resultados com investimentos em pesquisa acumulados até 19 anos.

Por outro lado, é um fato bem conhecido que apreciável proporção da pesquisa agrícola em São Paulo foi orientada para culturas permanentes, envolvendo também pesquisas de natureza mais básica, ambos os fatos sugerindo um horizonte algo extenso (27). Com base em todo esse conjunto de informações, uma defasagem média de 7,5 a 10 anos parece ser aceitável para o caso deste estudo.

Nas equações em que extensão rural compareceu com horizonte de dois ou mais anos (cuja apresentação foi omitida), os coeficientes dessa variável apresentaram sinais consistentes com o esperado no primeiro ano, mas tornaram-se inconsistentes nos demais anos, embora todos eles fossem não significantes. Estes resultados talvez indiquem que o efeito da extensão sobre a produtividade agrícola, embora não significativamente captado, seja de curto prazo.

Finalizando os comentários sobre as equações estimadas, chamamos mais uma vez a atenção para o fato de que a presença de multicolinearidade entre pesquisa e extensão impõe alguma reserva sobre as inferências que seria legítimo fazer a partir dos resultados obtidos. Deve ficar claro, entretanto, não haver nenhuma razão para desse fato concluir que os coeficientes da extensão surgiriam coerentes em sinal e estatisticamente significantes na ausência de multicolinearidade. KMENTA (38) chama a atenção, corretamente, para que se evite esse tipo de interpretação, comum entre analistas menos experimentados. De um ponto de vista empírico só se poderá avançar na resposta à questão, que permanece duvidosa, através do uso de amostras em que o problema de multicolinearidade não esteja presente. A idéia de que a extensão teve efeito negligível e de curto prazo (em São Paulo e no período analisado) poderá, portanto, ser confir-

---

(27) Silva; Fonseca; Martin (57) mostraram que café e laranja foram responsáveis por cerca de 25% das pesquisas relacionadas a produtos, conduzidas em São Paulo durante o período 1927-77.

mada ou refutada no futuro. Parece-nos pouco provável que isso possa ser feito utilizando apenas dados de série temporal, mesmo com o emprego de métodos mais sofisticados para contornar problemas de multicolinearidade. Talvez um caminho apropriado seria trabalhar com dados de corte temporal (ou corte e série), a nível de propriedades, para assegurar o contraste necessário ao isolamento do efeito da extensão rural.

Uma segunda razão para nossa reserva quanto aos resultados obtidos sobre a extensão rural diz respeito ao seu modo de atuação. Na realidade a extensão, pelo menos em princípio, desenvolve a um tempo duas tarefas: divulgar novas técnicas e melhorar o nível educacional dos agricultores. É possível que os efeitos correspondentes a essas ações, bastante diferenciados, tornem-se por isso mesmo de difícil captação. A absorção de novas técnicas é geralmente um processo mais ou menos rápido. Por outro lado, toda atividade educacional é de longa maturação. Talvez não se tenha conseguido modelar ainda, apropriadamente, o modo de atuação da extensão rural. Além disso, persistem dificuldades sobre como mensurar adequadamente seja o trabalho, sejam os resultados da extensão rural.

Uma terceira razão é a existência de indicações de que, pelo menos em determinados períodos e no caso de alguns produtos, a atuação da extensão rural pode ter sido um importante suporte do processo de modernização da agricultura paulista. Referências nesse sentido são encontradas especialmente nos casos do café e do algodão. Isso não elimina, contudo, a possibilidade de que, no período em análise, o efeito global da extensão não tenha sido suficientemente poderoso para ser captado nas regressões.

Por todas essas razões permanecemos com um desconfortável conjunto de dúvidas quanto à extensão rural, que felizmente não abala nossa confiança nos resultados referentes à pesquisa. Em todos os modelos estimados, uma grande regularidade foi observada nos parâmetros da pesquisa (28). Poderíamos no máximo sus-

(28) Cumpre mencionar que além dos modelos aqui apresentados, estimamos outros em que os investimentos em pesquisa e em extensão foram acumulados durante determinados intervalos de tempo. Estimamos também um modelo em que pesquisa comparece em interação com extensão. Ver SILVA (54).

peitar, face à correlação entre ambas as variáveis, que se efetivamente houver alguma contribuição da extensão esteja ela sendo captada pela pesquisa, viesando para cima sua contribuição.

#### 4.4 – Implicações Econômicas

Quais as implicações econômicas das estimativas apresentadas? O quadro 10 fornece dados para iniciar a resposta. A partir dos coeficientes da variável investimento em pesquisa agropecuária (extraídos das equações com defasagem polinomial incluindo além da pesquisa a assistência técnica corrente e as variáveis meteorológicas) e dos valores médios do índice de produtividade total e do investimento em pesquisa, foram calculadas as elasticidades da produtividade total com respeito à pesquisa. Conhecidas estas elasticidades e os valores médios da produção agropecuária e do investimento em pesquisa, foi então possível calcularmos os produtos marginais da pesquisa correspondentes aos três horizontes de tempo considerados.

A magnitude dos produtos marginais cresce quando se alonga o horizonte de tempo. Parece, também, muito elevada. Na verdade, como já mencionamos anteriormente, alguns fatores de superestimação estão certamente presentes, destacando-se entre eles a importação de conhecimentos de outros países. A absorção de conhecimentos gerados em outras regiões do País e a contribuição da pesquisa realizada por instituições federais e pelo setor privado também não devem ser desconsideradas, embora sua relevância pareça muito menor. Em contrário, todavia, pelo menos um importante fator de subestimação precisa ser realçado: a transferência de tecnologia gerada em São Paulo para outras áreas do País, que teve apreciável impacto sobre a produtividade agrícola, especialmente na Região Centro-Sul.

É interessante comparar nossos resultados com os obtidos em outros países desenvolvidos e menos desenvolvidos. O quadro 11 apresenta alguns dados referentes às economias americana e indiana. As estimativas do produto marginal da pesquisa parecem ser muito sensíveis com respeito ao método utilizado, tais as diferen-

QUADRO 10. - Produto Marginal da Pesquisa Agropecuária, Estado de São Paulo

Item	Horizonte da pesquisa		
	10 anos	15 anos	20 anos
Coefficiente <sup>(1)</sup>	0,2601	0,3306	0,4435
IPA <sup>(2)</sup>	157,6	146,6	138,9
IPT <sup>(3)</sup>	153,9	153,9	153,9
EPA <sup>(4)</sup>	0,2663	0,3149	0,4003
VPA <sup>(5)</sup>	35.284,5	35.284,5	35.284,5
PMP <sup>(6)</sup>	59,62	75,79	101,68

(1) Soma dos coeficientes referentes a cada ano (quadro 9).

(2) Investimento em pesquisa agropecuária; valor médio Cr\$1.000.000 de 1977 (quadro 7).

(3) Índice de produtividade total dos fatores de produção; valor médio (quadro 6).

(4) Elasticidade do índice de produtividade com respeito à pesquisa; (4) = (1) x (2)/(3).

(5) Valor da produção agropecuária; dados do Instituto de Economia Agrícola; valor médio em Cr\$1.000.000 de 1977.

(6) Produto marginal da pesquisa agropecuária; (6) = (4) x (5)/(2).

QUADRO 11. - Produto Marginal da Pesquisa Agrícola e Extensão Rural em Alguns Países, em Diferentes Períodos

País	Especificação	Produto marginal
Estados Unidos Griliches (23)	Pesquisa e extensão Corte temporal, 1959	13
Estados Unidos Evenson (18)	Pesquisa e extensão Corte temporal, 1959	10
Estados Unidos Evenson (18)	Pesquisa e extensão Série temporal, 1938-63	40
Índia Evenson & Jha (19)	Pesquisa no estado	7,96-10,88
	Pesquisa em outros estados	0,80- 3,10
	Extensão	0,14
	Corte e série temporal, 1953-71	

ças observadas entre os estudos relativos aos Estados Unidos. Tomando como referência os produtos marginais calculados para São Paulo no caso de um horizonte de 15 anos, que alcança Cr\$76,00 por cruzeiro adicional investido ao longo do horizonte considerado, verifica-se que é praticamente o dobro do calculado por EVENSON (18) para os Estados Unidos, usando método e horizonte semelhantes (US\$40,00 por dólar adicional). Estas magnitudes e discrepâncias sugerem alguns comentários. Primeiro, é provável que ambas estejam viesadas para cima por diversas razões, mas mesmo com ajustamentos para compensar tal superestimação os retornos a investimentos em pesquisa agrícola seriam ainda muito altos. Segundo, parece natural esperar maiores retornos em áreas menos desenvolvidas, comparativamente às desenvolvidas, por duas razões: a) nas últimas uma maior proporção dos investimentos é alocada à pesquisa de manutenção; b) as primeiras estão em melhor posição para importar tecnologia e conhecimento científico básico. O produto marginal da pesquisa estimado por EVENSON & JHA (19) para a agricultura indiana (Rs 8 a Rs 11 por rupia adicional) é muito inferior ao estimado para a agricultura paulista. Nesse caso pode-se pensar que a comparação seria muito diferente se somente Punjab, Haryana ou Rajasthan (estados com excepcional performance na Índia, como São Paulo no Brasil) tivessem sido considerados.

Passando da pesquisa para a extensão, nossas estimativas sugerem que a atividade de extensão rural estaria tendo efeito negligenciável sobre a produtividade agropecuária. Já discutimos amplamente as reservas quanto a esses resultados. Não poderíamos, entretanto, face à possibilidade de que realmente o efeito da extensão tenha sido pequeno (e por isso não captado pelo modelo) deixar de refletir sobre algumas razões que auxiliariam a explicar o fato, admitindo-se por hipótese que ele tenha ocorrido.

Uma possível razão diz respeito à natureza das atividades de extensão, em conexão com o processo de evolução do setor agropecuário, em seus múltiplos aspectos. Assim sendo, far-se-á uma discussão do problema a nível puramente exploratório, pois que uma investigação em profundidade demandaria uma pesquisa específica.

Até aqui vem-se utilizando a expressão extensão rural com uma conotação muito geral de assistência aos produtores no setor agropecuário, dando maior ênfase à sua ação voltada para a difusão de tecnologia. Agora torna-se necessária uma digressão conceitual. O termo extensão rural abrange um conjunto amplo de ações, desde o fomento até a promoção humana. Embora na realidade essas ações guardem apreciável grau de interdependência, historicamente os programas de extensão enfatizaram um ou outro aspecto, seja em decorrência das condições prevaletentes ao nível dos produtores, dos objetivos da política econômica, ou ainda de influências exógenas. A orientação fomentista visa a expansão da produção e o aumento da produtividade agrícola e, portanto, uma de suas metas é a difusão de novas técnicas de produção, conforme ALVES (1). A orientação promocionista envolve maior preocupação com o nível de vida dos produtores, especialmente dos mais carentes, e por isso sua meta básica é, segundo LOPES (39), a melhoria do nível de saúde, nutrição, educação e organização dos produtores.

Em São Paulo, a assistência à agricultura em seus primórdios teve caráter nitidamente fomentista. A difusão do uso de técnicas e insumos modernos foi, segundo KAGEYAMA et alii (37), o principal curso de ação durante o período 1942-48. Ainda segundo aqueles autores, numa segunda fase, correspondente ao período 1949-58 (e, portanto, já abrangendo o início do horizonte coberto por este estudo), a atividade de assistência técnica passa a ser complementada pela de suprimento de serviços e insumos, particularmente mecanização e sementes, que em menor escala já eram fornecidas no período anterior, e ainda por atividades de fiscalização sanitária e de produtos. Prosseguindo, os mesmos autores identificam o período 1959-67 como aquele em que o enfoque extensionista (ou promocionista, ou educativo) ganha corpo enquanto idéia dentro das instituições paulistas de assistência à agricultura, em contraposição à atuação fomentista até então dominante.

A esse respeito é interessante mencionar aqui a influência da criação das Associações de Crédito e Assistência Rural (inicialmente em Minas Gerais no ano de 1948 e posteriormente em outros Estados) e a influência mais ampla, ligada a programas de



cooperação técnica de instituições norte-americanas, no desenvolvimento desse processo. Todo ele reflete, basicamente, o domínio durante os anos cinquenta do chamado "modelo de difusão", segundo o qual a modernização e crescimento da agricultura poderiam ser alcançados acelerando-se o processo de transferência de tecnologia. Essa concepção provocou, segundo HAYAMI & RUTTAN (26), um viés na formulação de estratégias de desenvolvimento agrícola nos países menos desenvolvidos. As limitações desse modelo foram percebidas a partir do fracasso de programas nele explícita ou implicitamente fundamentados e com o reconhecimento, enfatizado por SCHULTZ (53), de que a tecnologia agrícola é bastante específica com respeito às condições ambientais, de modo que grande parte do estoque de técnicas disponíveis não pode ser transferido. No caso do Brasil, o crescimento das atividades de extensão em detrimento das de pesquisa, por influência do modelo de difusão, foi apontada por ALVES & PASTORE (3).

Voltando ao sistema paulista de assistência à agricultura, segundo KAGEYAMA et alii (37), o conflito de orientação anteriormente mencionado parece não ter sido resolvido até o presente, apesar da reorganização do sistema de assistência à agricultura iniciada em 1967, que procurou superar a oposição fomento x extensão através da chamada assistência técnica integral. Ao mesmo tempo, e segundo os mesmos autores, há indícios de que nos últimos anos as atividades de fiscalização passaram a absorver crescente parcela de recursos, em prejuízo do esforço de difusão de tecnologia e de promoção dos grupos mais carentes de produtores rurais.

A partir do exposto podemos levantar a hipótese de que essas mudanças de orientação tenham prejudicado a continuidade e eficácia da extensão ao longo do tempo, inclusive porque em nossa opinião ocorreram de forma inconsistente com a evolução histórica da agricultura paulista. Claramente, um trabalho de cunho educativo teria sido mais importante no passado e não no período mais recente, em que a agricultura já se mostra bastante organizada, dinâmica, dependendo talvez muito pouco do esforço do Estado para absorção de novas tecnologias. Essa assertiva baseia-se em

três fatos objetivos.

Primeiro, as evidências apresentadas por HUFFMAN (31) comprovaram que educação e extensão rural são substitutas como fontes de habilidade para os produtores lidarem com situações de desequilíbrio, como as provocadas pelo processo de modernização da agricultura. Assim, maior disponibilidade de serviços de extensão poderá reduzir as perdas provocadas pela ignorância decorrente de insuficiente nível de escolaridade. Em contrapartida, a quantidade ótima de extensão declinará à medida que os produtores alcançarem maior nível de educação. Nesse sentido é um fato reconhecido, embora não haja dados para confirmá-lo, que em São Paulo, ao longo dos 25 anos cobertos por este estudo, o nível de educação formal da força de trabalho, e especialmente dos tomadores de decisão, cresceu rapidamente.

Segundo, sabe-se também, conquanto não se disponha de documentação a respeito, que novos canais de informação surgiram ou foram aprimorados, entre eles destacando-se a assistência técnica privada. Ao mesmo tempo, os setores mais dinâmicos da agricultura passaram cada vez mais a buscar informações diretamente nas fontes, muitas vezes organizando serviços próprios de orientação técnica e colocando-os em estreito contato com as instituições de pesquisa.

Ambos estes fatores devem ter contribuído para reduzir o papel da extensão rural pública. Em adição a eles cumpre mencionarmos um terceiro. O gasto com extensão cresceu muito rapidamente em comparação com o dispêndio em pesquisa, conforme ilustra o quadro 12, o que sugere um desenvolvimento excessivo da capacidade de difusão, em relação ao fluxo de inovações gerado pela pesquisa.

SILVA; FONSECA; MARTIN (55) já haviam mostrado que esse comportamento é completamente inconsistente com os padrões internacionais. Os dados computados por BOYCE & EVENSON (9) indicam que a relação entre investimento em pesquisa e extensão rural é diretamente relacionada com o estágio de desenvolvimento econômico, evoluindo de 0,48 em países com renda per capita de até US\$150 para 5,90 em países com renda per capita de US\$1.000

QUADRO 12. - Relação entre Investimentos em Pesquisa Agropecuária e em Extensão Rural, Estado de São Paulo, 1936-1980 (1)

Período	Investimento em pesquisa (2)	Investimento em extensão (2)	IPA/IER
1936-40	80,1	57,3	1,39
1941-45	71,6	67,1	1,06
1946-50	87,9	114,6	0,76
1951-55	92,6	132,4	0,69
1956-60	86,0	150,3	0,57
1961-65	104,5	245,3	0,42
1966-70	153,9	343,7	0,44
1971-75	274,3	552,0	0,49
1976-80	287,4	555,3	0,51

(1) Ver Anexo 3 para informações detalhadas sobre fontes de dados e procedimentos utilizados em sua elaboração.

(2) Em Cr\$1.000.000 de 1977.

a US\$1.750. Em São Paulo, o comportamento da relação é exatamente inverso, reduzindo-se com o crescimento econômico ao longo do tempo. Além disso, e ainda segundo os padrões internacionais calculados pelos mesmos autores, como proporção do valor do produto agrícola os investimentos em pesquisa são baixos e os gastos em assistência técnica muito elevados.

Embora a capacidade de difusão de tecnologia esteja evidentemente relacionada à expansão dos serviços de extensão, igualmente importante é a sua efetiva atuação.

A esse respeito as informações são muito escassas, mas talvez suficientes para caracterizar certa falta de dinamismo por parte do sistema. Pesquisando o comportamento de busca de informação dos técnicos responsáveis pelas casas da agricultura espalhadas por todo o Estado de São Paulo, que constituem a base do serviço de extensão rural, RAMOS (50) constatou que 71% dos entrevistados nunca ou raramente mantiveram contato com Escolas de Agri-

cultura e Veterinária e 48% nunca ou raramente mantiveram contato com os Instituto de Pesquisa e suas Estações Experimentais. Verificou também que apenas 47% promoviam retro-informação para os pesquisadores. Quanto às fontes de informações escritas, "livros" foi considerada a mais importante pelos entrevistados, para 88% dos quais constituía a fonte de consulta mais freqüentemente utilizada, o que parece impróprio face ao objetivo de levar ao agricultor os mais recentes avanços da pesquisa.

Analisando o serviço de assistência à agricultura, MARGUEZ (40) menciona outros fatores que considera desfavoráveis, entre eles idade média elevada, formação universitária muito antiga e fraca mobilidade do pessoal técnico. Todos estes fatos parecem realmente indicar uma situação desfavorável à eficácia da extensão rural em São Paulo.

Finalizando essa discussão, julgamos oportuno lembrar que em geral têm sido estimados retornos baixos para a extensão: na Índia, por exemplo, EVENSON & JHA (19) calcularam esse retorno em algo mais que um centésimo do retorno da pesquisa (quadro 11). No Brasil, aparentemente o único trabalho a mostrar elevados retornos, elaborado por CARVALHO (11), parte da hipótese insustentável de que se não existisse o serviço de extensão as novas técnicas criadas pela pesquisa não seriam adotadas pelos produtores.

De qualquer forma, o efeito do dispêndio em extensão rural sobre a produção agropecuária precisa ser melhor investigado, seja deivo às limitações do presente estudo, seja porque as evidências disponíveis são ainda muito escassas, mas também porque, segundo JHA (34), os modelos utilizados para mensurar o efeito da extensão precisam ser aprimorados, devido às dificuldades associadas à existência de múltiplos canais de comunicação, bem como a presença de complexas interações com outras variáveis, como pesquisa, educação e possivelmente infra-estrutura e facilidades para suprimento de insumos e comercialização de produtos.

Sintetizando, poderíamos dizer que nossos resultados mostram o potencial da pesquisa para melhorar a produtividade agropecuária, fornecem suporte à hipótese de subinvestimento em pesquisa de um ponto de vista social e sugerem a necessidade de se

estudar em profundidade as questões relacionadas à difusão de tecnologia.

## LITERATURA CITADA

1. ALVES, E.R. de A. Fomento e extensão rural. In: PASTORE, J. *Agricultura e desenvolvimento*. Rio de Janeiro, APEC-ABCAR, 1973. p.231-239.
2. ———. *A pesquisa e os ganhos de produtividade em culturas alimentares no Brasil*. Brasília, EMBRAPA, 1981. 27p.
3. ALVES, E.R. de A. & PASTORE, J. Uma nova abordagem para a pesquisa agrícola no Brasil. *Revista de Economia Rural*, São Paulo, 15(1):235-256, 1977.
4. ALVES, E.R. & SCHUH, G.E. *The economic evaluation of the impact of extension programs: a suggested methodology and application to ACAR in Minas Gerais, Brazil*. s.n.t. 32p.
5. AYER, H.W. & SCHUH, G.E. Social rates of return and other aspects of agricultural research: the case of cotton research in São Paulo, Brazil. *American Journal of Agricultural Economics*, Ithaca, 54(4):557-569, nov. 1972.
6. BARROS, J.R.M. de & GRAHM, D.H. A agricultura brasileira e o problema da produção de alimentos. In: SEMINÁRIO SOBRE ECONOMIA DA TECNOLOGIA, 1., São Paulo, 1978. 35p.
7. BARROS, J.R.M. de; PASTORE, A.C.; RIZZIERI, J.B. Partição dos índices de produtividade da terra entre os componentes tecnológico e alocativo. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, 6(3):755-766, dez. 1976.

8. BEHRENS, R. & HAEN, H. Aggregate factor input and productivity in agriculture: a comparison for the Ec-member countries, 1963-76. *European Review of Agricultural Economics*, The Hague, 7(2):109-146, 1980.
9. BOYCE, J.K. & EVENSON, R.E. *Agricultural research and extension systems*. Los Baños, University of the Philippines, Department of Agricultural Economics, 1975. 81p.
10. BRASIL. Ministério da Agricultura. SUPLAN. *Perspectivas da produção, abastecimento, insumos e serviços para a agricultura brasileira*. Brasília, 1977. v.1.
11. CARVALHO, C.H. *Avaliação econômica de um serviço de extensão rural: o caso da EMATER-MG em Minas Gerais*. Viçosa, UFV, 1976. 102p.
12. CHRISTENSEN, L.R. Concepts and measurement of agricultural productivity. *American Journal of Agricultural Economics*, Lexington, 57(5):910-915, dec. 1975.
13. CRUZ, E.R.; PALMA, V.; ÁVILA, A.F.D. *Taxas de retorno dos investimentos da EMBRAPA: investimentos totais e capital físico*. Brasília, EMBRAPA, 1982. 47p.
14. DENISON, E.F. *The sources of economic growth in the United States and alternatives before us*. Washington, Committee for Economic Development, 1962. 297p.
15. DIAS, G.L. da S. Avaliação dos serviços de extensão rural: considerações gerais sobre o impacto econômico da extensão rural. In: ARAÚJO, P.F.C. de & SCHUH, G.E. *Desenvolvimento da agricultura: educação, pesquisa e assistência técnica*. São Paulo, Pioneira, 1975. v.2. p.207-238.

16. DIEWERT, W.E. Exact and superlative index numbers. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 4(2):115-145, may. 1976.
17. ENGLER, J.J. de C. O capital humano numa função de produção na agricultura de São Paulo. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, 9(3):845-884, dez. 1979.
18. EVENSON, R.E. The contribution of agricultural research to production. *Journal of Farm Economics*, Ithaca, 49(5): 1415-1425, dec. 1967.
19. EVENSON, R.E. & JHA, D. The contribution of agricultural research system to agricultural production in Índia. *Indian Journal of Agricultural Economics*, Delhi, 28(4):212-230, oct./dec. 1973.
20. EVENSON, R.E. & KISLEY, Y. Investment in agricultural research and extension: a survey of international data. *Economic Development and Cultural Change*, Chicago, 23(3): 507-521, 1975.
21. FONSECA, M.A.S. da. *Retorno social aos investimentos em pesquisa na cultura do café*. Piracicaba, USP/ESALQ, 1976. 149p. (Tese-Mestrado)
22. GEORGESCU-ROEGEN, N. Uma análise crítica da função de produção neoclássica. *Revista de Teoria e Pesquisa Econômica*, São Paulo, 1(1):11-35, abr. 1970.
23. GRILICHES, Z. Research expenditures, education and the aggregate agricultural production function. *The American Economic Review*, Menasha, 54(6): 961-974, dec. 1964.
24. ————. The sources of measured productivity growth: U.S. agriculture, 1940-1960. *Journal of Political Economy*, Chicago, 71(4):331-346, aug. 1963.

25. GUIMARÃES, M.K. *Crédito rural: enfoques da política brasileira*. Rio de Janeiro, Nobel, 1974. 181p.
26. HAYAMI, Y. & RUTTAN, V.W. *Agricultural development: an international perspective*. Baltimore, The Johns Hopkins Press, 1971. 367p.
27. HOMEM DE MELO, F.B. *Agricultura brasileira: incerteza e disponibilidade de tecnologia*. São Paulo, USP/FEA/IPE, 1978. 142p. (Tese Livre-Docência)
28. ————. *A agricultura nos anos 80: perspectivas e conflitos entre objetivos de política*. São Paulo, USP/FEA/IPE, 1980. (Trabalho para discussão, 35p.)
29. ————. Disponibilidade de tecnologia entre produtos da agricultura brasileira. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 18(20): 221-249, abr./jun. 1980b.
30. ————. Políticas de desenvolvimento agrícola no Brasil. In: SAYAD, J. *Resenhas de economia brasileira*. São Paulo, Edição Saraiva, 1979. p.45-116.
31. HUFFMAN, W.E. Decision making: the role of education. *American Journal of Agricultural Economics*, Lexington, 56(1):85-97, feb. 1974.
32. IGREJA, A.C.M. et alii. *Análise quantitativa da agricultura paulista, 1966-1977*. São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, IEA, 1982. 35p. (Relatório de Pesquisa, 7/82)
33. INFORMAÇÕES ECONÔMICAS. São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, IEA, diversos números.
34. JHA, D. Economics of investments in organization of extension services in agriculture. *Indian Journal of Agricultural*



*Economics*, Bombay, 35(1):46-48, jan./mar. 1980.

35. JOHNSTON, J. *Econometric methods*. Tokio, McGraw-Hill-Kogakusha Ltd., 1972. 437p.
36. JORGENSON, D. & GRILICHES, Z. Explanation of productivity change. *Review of Economic Studies*, Cambridge, 34(99): 249-284, jul. 1967.
37. KAGEYAMA, A.A. et alii. *Assistência técnica oficial à agricultura paulista*. Campinas, UNICAMP/IFCH/DEPE, 1981. 80p. (Texto para discussão, 6)
38. KMENTA, J. *Elements of econometrics*. New York, The Macmillan Company, 1971. 655p.
39. LOPES, R.S. Promoção humana e extensão rural. In: PASTORE, J. *Agricultura e desenvolvimento*. Rio de Janeiro, APEC-ABCAR, 1973. p.240-250.
40. MAGUEREZ, C. *Análise do sistema paulista de assistência à agricultura: relatório de estudo*. Paris, Societé D'Aide Technique et de Cooperation, 1969. 140p.
41. MERCADOS AGRÍCOLAS. São Paulo, Secretaria de Agricultura, IEA, diversos números.
42. MORICOCHI, L. *Pesquisa e assistência técnica na citricultura: custos e retornos sociais*. Piracicaba, USP/ESALQ, 1980. 84p. (Tese-Mestrado)
43. NADIRI, M.I. Some approaches to the theory and measurement of total factor productivity: a survey. *The Journal of Economic Literature*, Menasha, 8(4): 1137-1177, dec. 1970.

44. PASTORE, A.C. Exportações agrícolas e desenvolvimento econômico. In: VEIGA, A. *Ensaio sobre política agrícola brasileira*. São Paulo, Secretaria de Agricultura, 1979. p.207-231.
45. PASTORE, A.C.; ALVES, E.R. de A.; RIZZIERI, J.A.B. A inovação induzida e os limites à modernização na agricultura brasileira. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 14(1):257-285, 1976.
46. PASTORE, J.; DIAS, G.L. da S.; CASTRO, M.C. de. Condicionantes da produtividade da pesquisa agrícola no Brasil. *Estudos Econômicos*, São Paulo, 6(3):147-183, set./dez., 1976.
47. PENNA, J.A. & MONTEIRO, A. A taxa de retorno da pesquisa e extensão agrícola do cacau brasileiro. *Estudos Econômicos*, São Paulo, 6(3):51-82, set./dez. 1976.
48. PATRICK, G.F. Fontes de crescimento na agricultura brasileira. In: CONTADOR, C.R. *Tecnologia e desenvolvimento agrícola*. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1975. p.89-110. (Série Monográfica, 17)
49. PESCARIN, R.M.C. *Relações estruturais da demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo*. Piracicaba, USP/ESALQ, 1974. 123p. (Tese-Mestrado)
50. RAMOS, A.A. *Comportamento dos técnicos responsáveis pelas Casas da Agricultura do Estado de São Paulo, quanto à busca de informação*. Viçosa, UFV, 1973. 183p. (Tese-Mestrado)
51. SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura. IEA. *Desenvolvimento da agricultura paulista*. São Paulo, 1972.. 319p.
52. SCHUH, G.E. & ALVES, E.R. *O desenvolvimento da agricultura no Brasil*. Rio de Janeiro, APEC Editora, 1971. 369p.

53. SCHULTZ, T.W. *A transformação da agricultura tradicional*. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1965. 207p.
54. SILVA, G.L.S.P. da. *Evolução e determinantes da produtividade agrícola: o caso da pesquisa e da extensão rural em São Paulo*. São Paulo, USP/FEA, 1982. 230p. (Tese de Doutorado)
55. SILVA, G.L.S.P. da; FONSECA, M.A.S. da.; MARTIN, N.B. Investimento na geração e difusão de tecnologia agrícola no Brasil. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 18(2): 327-338, abr./jul. 1980b.
56. ————. Pesquisa e produção agrícola no Brasil. *Agricultura em São Paulo*, SP, 26(2):175-252, 1979.
57. ————. Os rumos da pesquisa e o problema da produção de alimentos: algumas evidências no caso de São Paulo. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 18(1):37-59, jan./mar. 1980a.
58. SILVA, G.L.S.P. da et alii. *Um modelo de programação linear recursiva do setor agrícola no Estado de São Paulo*. São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, IEA, 1983. 129p. (série Relatório de Pesquisa nº 1/83)
59. SOLOW, R.M. Technical change and the aggregate production function. *Review of Economics and Statistics*, 139:312-320, 1951.
60. THORNTWAITE, C.W. & MATHER, J.R. *The water balance*. Centerton, Laboratory of Climatology, 1955. 104p.

# CONTRIBUTION OF AGRICULTURAL RESEARCH AND RURAL EXTENSION TO AGRICULTURAL PRODUCTIVITY: OBSERVATIONS IN THE CASE OF SÃO PAULO, BRAZIL

## SUMMARY

Partial productivity indexes of the primary factors of production (land and labor) and a total factor productivity index were constructed and its behaviors analysed during the period 1956-1980. A measure of agricultural research and extension input – public investment – was utilized to explain the total productivity gains over that period. Our estimates prove the potential of research to accelerate agricultural growth and also provide support to the hypothesis of under investment in research from a viewpoint of social optimality. They also call strong attention to the necessity of deeper studies on the technology diffusion process.

# CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA E DA EXTENSÃO RURAL PARA A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA: OBSERVAÇÕES NO CASO DE SÃO PAULO

## ANEXO 1

### ÍNDICES AGREGADOS DE PRODUÇÃO

Os dados de produção e preço para todos os produtos considerados foram fornecidos pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA). Publicados em Informações Econômicas (antigamente Mercados Agrícolas), revista mensal em que o IEA divulga suas estatísticas, esses dados estão também disponíveis, em forma de séries, na Central de Dados do IEA (29).

## ANEXO 2

### ÍNDICE AGREGADO DE USO DE FATORES DE PRODUÇÃO

Grande parte dos dados utilizados para obter as séries de uso e custo dos fatores têm como fonte o IEA. Quase sempre são dados publicados. Nesse caso podem ser encontrados em Informações Econômicas (atingamente Mercados Agrícolas), revista mensal através da qual o IEA divulga suas estatísticas. A maior parte desses dados, na forma de séries, está também disponível na Central de Dados do IEA. Fazemos essa explanação para evitar repetir a cada passo a mesma fonte. Mencionaremos expressamente eventual utilização de dados não publicados, mas colocados à nossa disposição pelo IEA.

---

(29) Reconhecemos e agradecemos a colaboração de Heron C.E. do Carmo no trabalho de computação do índice de produção agropecuária.

**Terra** - O fator terra foi obtido somando-se a área cultivada de cada cultura. Não incluímos a área com pastagens porque terra com pasto foi considerado como um único fator de produção. Os dados de área cultivada são do IEA. O arrendamento (ou aluguel) de terra refere-se à terra de cultura e ao mês de novembro, tendo sido igualmente fornecidos pelo IEA no período 1968-80. No período 1964-67 o arrendamento foi estimado a partir do preço da terra, também do IEA. De 1956 a 1963, o aluguel da terra foi estimado aplicando-se simplesmente o Índice Geral de Preços ao valor do arrendamento em 1964.

**Trabalho** - O fator trabalho (serviços) foi obtido por processo indireto, devido à inexistência de dados sobre dias efetivamente trabalhados. Para tanto, multiplicamos a área cultivada pelo número de trabalhadores ocupados por unidade de área e o resultado pelo número de dias de trabalho por ano. O IEA forneceu a área cultivada. Quanto à relação trabalhadores por unidade de área, nos anos de 1950, 1960 e 1970 foi calculada usando dados de pessoal ocupado dos Censos Agrícolas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e no ano de 1980 foi estimada com dados do IEA. Ajustamos o dado censitário de 1950, devido à discrepância de sua data de referência em relação aos demais dados, usando um coeficiente de sazonalidade do emprego calculado com base em dados do IEA, levantados durante a década de 70. Esses dados não estão publicados mas foram cedidos pela Divisão de Levantamentos Estatísticos do IEA. Finalmente, com base nas relações trabalhadores ocupados por unidade de área assim obtidas, foram feitas interpolações para todos os demais anos. O número de dias de trabalho por ano foi definido a partir de alguns registros contábeis de fazendas, mantidos pela Divisão de Economia da Produção do IEA (dados não publicados). A série de salário refere-se a trabalhador diarista (média dos valores de abril e novembro) e sua fonte também é o IEA.

**Animais de Trabalho** - O fator animais de trabalho inclui burros, cavalos e bois de tração. Devido à falta de dados sobre serviços e por ser extremamente difícil estimá-los, assumimos sua plena uti-

lização. O custo de capital anual foi fixado em 10% do preço do animal, admitindo-se uma vida útil média de 10 anos. A fonte dos dados sobre animais de trabalho foi o IEA para o período 1962-80. O dado de 1960 é do Censo Agrícola do IBGE. A partir desse dado e do correspondente ao Censo de 1950 calculamos a taxa média de crescimento no decênio, que foi utilizada para compor a série no período 1956-59. Em 1961, 1967 e 1973 os dados foram interpolados usando-se médias dos anos contíguos e em 1980 foi repetido o dado de 1979. O preço de animais de trabalho refere-se especificamente a burro de tração e sua fonte é o IEA para o período 1966-1980. Aplicando ao preço de 1966 o índice de preço de animais de produção e trabalho, calculado pelo próprio IEA, reconstituímos a série de preço no período 1956-1965.

**Tratores** - Serviços de tratores foram obtidos por caminho indireto, devido à inexistência de dados sobre dias de trabalho efetivo. Uma "proxy" foi construída usando a área arada com tratores e assumindo, com base nos coeficientes técnicos de outras operações, que o uso total de serviços de tratores corresponde ao dobro dos requeridos para arar o solo. A área arada com tratores foi obtida a partir da área cultivada com culturas anuais (incluindo cana-de-açúcar), fornecida pelo IEA, e da proporção dessa área arada com tratores. Essa proporção foi obtida a partir dos resultados de levantamento específico que o IEA vem realizando desde 1963 com o objetivo de caracterizar o perfil tecnológico da agricultura paulista. Os dados referentes ao período 1963-68 foram extraídos de SÃO PAULO (51). As proporções relativas a 1971, 1972, 1975, 1976 e 1980 não estão publicadas mas foram fornecidas pela Divisão de Levantamentos Estatísticos do IEA. Interpolações foram feitas nos anos de 1969, 1970, 1973, 1974, 1977, 1978 e 1979. Por inexistência de dados, o mesmo procedimento mostrou-se inviável no período 1956-1962. Foi por isso adotado outro processo de cálculo. Estimamos o número de tratores em cada ano, a partir da taxa média de crescimento calculada entre 1950 e 1963, para os quais dados do Censo Agrícola do IBGE e do IEA estavam disponíveis. A série de tratores, assim obtida, foi então multiplicada pela relação hec-

tares arados por trator vigente em 1963 (segundo dados do IEA) completando-se então a série de área arada com trator para todo o período 1956-80. O preço do serviço de aração foi fornecido pelo IEA no período 1967-80. A partir do preço de 1967 e de um índice especialmente contruído, com base em índices de preços de máquinas e equipamentos e de combustíveis e lubrificantes, calculados pelo IEA, foi possível estimar os preços de aração para o período 1956-66.

**Fertilizantes** - O fator fertilizantes refere-se a adubos minerais contendo nitrogênio, fósforo e potássio e foi medido em toneladas. Os dados foram extraídos de PESCARIN (49) durante o período 1956-74. Entre 1974 e 1980 foram estimados a partir do consumo aparente na Região Centro-Sul, fornecido pelo Sindicato da Indústria de Adubos e Colas do Estado de São Paulo (SIACESP) e da proporção do consumo de São Paulo no consumo total da região, conforme BRASIL (10). Os preços de adubos nitrogenados, fosfatados e potássicos, a partir dos quais um preço médio ponderado foi calculado, foram fornecidos pela Divisão de Comercialização do IEA.

**Culturas permanentes** - Incluem café, laranja, tangerina, limão, uva, banana e cana-de-açúcar. O custo de capital anual no caso das cinco primeiras culturas foi fixado em 5% do custo de formação de cada uma, com base em sua vida produtiva. Pela mesma razão, no caso da banana e da cana-de-açúcar o custo de capital anual foi fixado em 10% e 22% dos respectivos custos de formação. O IEA foi a fonte das áreas cultivadas. Custos de formação foram obtidos junto à Divisão de Economia da Produção do IEA. No caso do café, tais custos estavam disponíveis no período 1963-80. Para citros, no intervalo 1965-80. Para cana-de-açúcar, no período 1961-80. No caso da banana entre 1972 e 1980. Quanto à uva não houve deficiência de dados. As lacunas entre 1956 e o início de cada série foram fechadas aplicando-se índices de custo especificamente construídos para cada cultura, com base em índices de salários e de preços de insumos calculados pelo IEA. ao primeiro custo de formação disponível.

**Pastagens** - Incluem pastagem natural e cultivada. De 1962 a 1980,



as áreas de pastagem foram fornecidas pelo IEA. Entre 1956 e 1961 foram estimadas usando-se dados dos Censos Agrícolas do IBGE de 1950 e 1960 como bases para interpolação. Dados sobre aluguel de pasto (cultivado) para o período 1969-80 foram também fornecidos pelo IEA. No período 1956-68 foram estimados a partir do aluguel vigente em 1969 e do índice de preço de animais de produção e trabalho, calculado pelo IEA. Assumimos que o aluguel de pasto natural corresponde à metade do aluguel da pastagem cultivada, tendo em conta sua menor capacidade de suporte.

**Rebanho** - Inclui gado de corte e de leite, vacas, touros, novilhas, bois, garrotes e bezerros. O IEA foi a fonte dos dados sobre rebanho de 1962 a 1980. No período 1956-61, o rebanho foi estimado através de interpolação, com base nos dados dos Censos Agrícolas do IBGE de 1950 e 1960. A composição do rebanho foi fornecida pelo IEA para o período 1972-80. Para o período 1956-71 foi mantida a composição de 1972. Os preços das diversas categorias, usados para calcular o preço médio ponderado do rebanho, foram fornecidos pelo IEA no período 1970-80. No período 1956-69 o preço médio ponderado do rebanho foi estimado a partir do preço vigente em 1970 e do índice de preço de animais de produção e trabalho calculado pelo IEA.

### ANEXO 3

#### INVESTIMENTO EM PESQUISA AGROPECUÁRIA E EM EXTENSÃO RURAL

Os investimentos em pesquisa agropecuária suportados pelo Governo do Estado de São Paulo, através da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, são realizados pelos Institutos Agrônomo, Biológico e de Zootecnia.

Os recursos destinados pelo Governo estadual à extensão rural, através da mesma Secretaria, são utilizados pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, que presentemente con-

centra todas as atividades dessa natureza, anteriormente dispersas por várias unidades administrativas. Com respeito às atividades de extensão, devemos assinalar que o objetivo de estudar, tão especificamente quanto possível, o trabalho de difusão de inovações, levou-nos a tentar eliminar os gastos com outras atividades também desenvolvidas pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Nesse sentido foi possível deduzir o dispêndio com o denominado Programa de Sementes, que absorve expressivo volume de recursos, mas não foi viável separar os gastos com atividades de fiscalização.

Quanto às fontes de dados, no caso do Instituto Agrônomo durante os períodos 1927-42 e 1955-80 foram utilizados os respectivos orçamentos. No período 1943-54 os gastos foram interpolados usando-se a taxa geométrica de crescimento calculada a partir dos orçamentos de 1942 e 1955, pois durante esses anos o Instituto não teve orçamento próprio.

No caso do Instituto Biológico foi possível utilizar sempre seu orçamento, que se manteve independente desde 1927 até 1980. Todavia, foi necessário fracionar seus gastos, pois ao lado da pesquisa o Instituto desenvolveu no passado um trabalho de defesa sanitária associada à assistência técnica, nas áreas vegetal e animal. Durante o período de 1927-70 a distribuição foi feita com base na proporção do pessoal técnico engajado em pesquisa, calculada a partir das relações nominais de técnicos publicadas na contra capa de revistas do Instituto (1936 – 47%, 1946 – 58%, 1956 – 63% e 1966 – 63%). Após 1970 o orçamento passou a abranger apenas gastos com pesquisa, dispensando qualquer ajustamento.

O orçamento do Instituto de Zootecnia foi utilizado a partir de sua criação, em 1970. Antes, as atividades de pesquisa de sua competência estavam afetas ao Departamento da Produção Animal. Assim, foi necessário decompor o orçamento desse órgão para dele extrair os recursos destinados à pesquisa. A participação da Divisão do Departamento que deu origem ao Instituto de Zootecnia no orçamento global (35%) foi estimada a partir de informações

fornecidas por ex-Diretores do Instituto de Zootecnia (30).

Com relação à Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, seu orçamento foi utilizado no período 1969-80. Os orçamentos das instituições que lhe antecederam permitiram compor uma série básica de gastos com extensão rural. No período 1927-42 foi computado o orçamento da Diretoria de Inspeção e Fomento e no intervalo de 1943-68 foi considerado o orçamento do Departamento de Produção Vegetal. Para completar a série assim construída foram adicionados os gastos com assistência técnica realizados pelo Instituto Biológico e pelo Departamento da Produção Animal. Como já mencionamos, os recursos destinados à assistência técnica pelo Instituto Biológico foram separados do orçamento global através da proporção dos técnicos dedicados a essa atividade (1936 — 53%, 1946 — 42%, 1956 — 47% e 1966 — 47%). No caso do Departamento da Produção Animal, a participação dos gastos com assistência técnica (25%) foi obtida como no caso da pesquisa.

Para transformar valores nominais em reais usamos deflator contruído por encadeamento do Índice de Custo de Vida no Rio de Janeiro/MF (período 1927-40) com o Índice de Custo de Vida em São Paulo/PMSP (período 1940-44) e com o Índice Geral de Preços/FGV (período 1944-80).

Ao concluir esta exposição, devemos lembrar que através da Universidade de São Paulo o governo estadual contribui também para a pesquisa desenvolvida pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz". Todavia, essa parcela, menor em comparação com a destinada aos Institutos da Secretaria de Agricultura, não pôde ser considerada face à extrema dificuldade para repartir o orçamento entre despesas com ensino (dominantes) e despesas com pesquisa. O mesmo aconteceu com as novas escolas de agronomia criadas em Botucatu e Jaboticabal, vinculadas à Universidade Estadual Paulista, mas nesse caso o problema é inexpressivo visto que sua contribuição em termos de pesquisa é muito recente, não poden-

---

(30) Agradecemos as informações prestadas pelo Dr. Alberto Alves Santiago e pelo Dr. Fuad Naufel.

do afetar os resultados de nossa investigação.

Os procedimentos e dados aqui descritos foram utilizados anteriormente por SILVA; FONSECA; MARTIN (55). As séries então construídas, cobrindo o período 1927-77, foram atualizadas para este estudo no período 1978-80.

## ANEXO 4

### DEFICIÊNCIA HÍDRICA E GEADA (31)

Deficiência hídrica constitui importante condicionante da produtividade agropecuária e define-se como a diferença entre a evapotranspiração potencial e a real.

A evapotranspiração potencial corresponde à água que seria necessária face às condições de evaporação do solo e transpiração das plantas. A evapotranspiração real corresponde à água que efetivamente se evapora do solo e transpira das plantas.

O confronto das curvas de precipitação e de evapotranspiração potencial pode indicar de forma adequada a disponibilidade de água. Para isso, usa-se o método do balanço hídrico, que consiste em contabilizar a água no solo, num processo em que a chuva representa o abastecimento e a evapotranspiração a perda de água, considerando-se uma determinada capacidade de armazenamento de água no solo.

Para este estudo calculamos o balanço hídrico, de forma seqüencial, seguindo o roteiro proposto por THORNTWAITE & MATHER (60), assumindo uma capacidade de retenção de água pelo solo de 125 mm. A partir do balanço foi calculada a deficiência hídrica acumulada no período setembro-fevereiro, que se mostrou o mais crítico ao longo do ano (não em termos da magnitude da deficiência, mas de seus efeitos sobre a produtividade).

---

(31) Reconhecemos e agradecemos a orientação dos climatologistas Altino A. Ortolani e Hilton S. Pinto, essencial para essa parte de nosso trabalho.

Para assegurar representatividade global, balanços e deficiências foram calculados para as nove localidades que dispunham de registros meteorológicos abrangendo todo ou a maior parte do horizonte de tempo considerado. Essas localidades — Ribeirão Preto, Mococa, Colina, Limeira, Campinas, Bauru, Tietê, Pindorama e Araçatuba — cobrem praticamente todo o Estado. Para agregar as deficiências locais foi usada uma média ponderada, com base nas áreas cultivadas das regiões representadas por cada posto meteorológico.

Geadas constituem outro fenômeno com graves consequências sobre a produtividade agropecuária. É um evento de mensuração problemática devido às variações da área abrangida e da intensidade. Foram, por isso, consideradas apenas as geadas severas, abrangendo ampla área e afetando drasticamente o rendimento do café e eventualmente de outras atividades.

Os dados meteorológicos básicos foram obtidos no Instituto Agrônomo (IAC) e no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (32).

---

(32) Agradecemos a ambas as instituições pelo fornecimento desses dados.

# AGRICULTURA EM SÃO PAULO

*Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola*

---

---

Ano XXXI

Tomos I e II

1984

---

---

## ADOÇÃO TECNOLÓGICA NA AGRICULTURA PAULISTA <sup>(1)</sup>

Zuleima Alleoni Pires de Souza Santos

O crescimento da produtividade agrícola é questão principal relativa às metas designadas para o setor agrícola no Brasil, nos anos 80. Este crescimento não ocorre por acaso mas é, em geral, o resultado de um processo de adoção tecnológica.

O objetivo deste estudo foi procurar entender como esse processo de aumento da produtividade agrícola está relacionado com a adoção tecnológica. Dados de seis produtos (café, algodão, cana-de-açúcar, citros, soja e milho) para o Estado de São Paulo foram analisados, e para cada produto foi estimada uma função logística. Estas funções são um meio adequado de sumariar os dados, já que as diferenças nos processos de adoção tecnológica entre os seis produtos estão refletidas nos parâmetros das funções logísticas. Os resultados foram analisados, contrapondo-se com as evidências históricas do desenvolvimento tecnológico e com a pesquisa agrícola relacionada com cada produto. Estes resultados mostram claramente a importância do papel da pesquisa agrícola para elevar a produtividade do setor agrícola.

---

<sup>(1)</sup> Resumo da tese apresentada à Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Economia, liberado para publicação em

## 1 – JUSTIFICATIVA

É bastante conhecida a importância do setor agrícola dentro do processo de desenvolvimento brasileiro. Historicamente, a agricultura no Brasil tem desempenhado, com maior ou menor sucesso, seu papel de aumentar a oferta tanto de alimentos e matérias-primas, como de produtos exportáveis, além de possibilitar a transferência de recursos para outros setores da sociedade.

Hoje, mais uma vez cabe ao setor agrícola função importante na solução dos problemas econômicos do País. A maior preocupação com a questão distributiva, a necessidade de gerar um excedente exportável maior e a crise energética contribuiram para o posicionamento da agricultura na estratégia do desenvolvimento brasileiro (2). Assim, o setor agrícola teria como meta a atingir, no curto prazo, o aumento substancial na oferta de três tipos de bens: alimentos, produtos exportáveis e combustíveis alternativos, principalmente o álcool.

Entretanto, dados os atuais níveis de produtividade da agricultura, o alcance simultâneo das metas acima assinaladas implicaria a expansão da área cultivada a uma taxa de 7,5% a 8% ao ano. Tal constatação não deixa de ser inquietante, posto ser esta taxa de crescimento praticamente o dobro das taxas de expansão da área cultivada, historicamente observadas. Além do que ainda existe a possibilidade de tal crescimento de área se fazer através da ocupação de solos relativamente mais pobres.

Em vista disso, o aumento requerido da produção do setor agrícola não pode ser obtido unicamente pela ampliação da área cultivada, sendo que a elevação dos atuais níveis de produtividade torna-se uma questão de relevo para a agricultura responder satisfatoriamente aos objetivos a ela designados. O aumento da produtividade agrícola não se dá por acaso; em geral, resulta de um processo de geração e adoção de novas tecnologias, ou seja, de novas técnicas de cultivo, do uso de novas variedades mais produtivas, do

---

(2) Discussão mais ampla sobre as metas a serem alcançadas pela agricultura nos dias de hoje, é encontrada em **HOMEM DE MELO** (3).

maior emprego de insumos modernos, bem como da combinação correta desses fatores.

## **2 – OBJETIVO**

O presente estudo pretende analisar o processo de geração e adoção de inovações tecnológicas para algumas culturas no Estado de São Paulo e, assim, procurar compreender como se deu a modernização do setor agrícola.

A análise do processo de modernização será baseada em indicações da adoção tecnológica constatada no desenvolvimento de algumas culturas. Considerou-se para tanto que o processo de mudança tecnológica gera uma nova fonte de variações nos rendimentos, condicionando sua taxa de crescimento no tempo (12).

Por sua vez, as inovações consideradas para fins de análise relacionam-se a vários aspectos da produção, como a introdução de novas variedades, o uso de fertilizantes, de defensivos agrícolas e de maquinarias.

A preocupação em não privilegiar uma inovação isolada está ligada à idéia de que aumentos de rendimentos estão relacionados, na maioria das vezes, não somente à adoção de uma inovação em particular, mas de uma combinação de novas técnicas.

## **3 – O MODELO DE ADOÇÃO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS**

Valiosa contribuição para o conhecimento empírico do processo de adoção técnica surgiu com o trabalho de GRILICHES (2), sobre o processo de desenvolvimento e adoção de milho híbrido em algumas áreas dos Estados Unidos, que ao examinar as proporções da área plantada com sementes híbridas de milho em relação à área total, observou que os dados estudados mostravam-se dispor-se nitidamente em forma de "S" em um gráfico. Observou, também, que quando do seu início, o processo de adoção ocorria vagaro-



samente, após o que passava a crescer exponencialmente e, à medida que diminuían as áreas plantadas com variedades não híbridas, a velocidade de crescimento da taxa de adoção tornava-se bastante reduzida. Para representar tal comportamento dos dados, escolheu a função logística por esta possuir parâmetros mais facilmente interpretáveis dentro de um contexto sócio-econômico.

No presente trabalho, distinção importante é feita quanto ao procedimento utilizado que, a exemplo de VERA FILHO (12) — em seu estudo sobre adoção tecnológica para a cultura de amendoim na Carolina do Norte (EUA) —, pretende estimar curvas logísticas com base em dados de rendimento de algumas das principais culturas da agricultura paulista. A falta de informações sobre a proporção de área sob nova tecnologia conduziu este estudo no sentido de identificar, nas variações dos rendimentos, o reflexo do processo de modernização do setor agrícola do Estado de São Paulo.

Mais especificamente, o modelo desenvolvido neste trabalho pressupõe que, na agricultura, o processo de adoção tecnológica possa ser representado adequadamente por uma função logística definida por:

$$P_t = \frac{K}{1 + e^{-(a+bt)}} \quad (1)$$

onde a variável dependente  $P$  representa a proporção da área total cultivada sob nova tecnologia, no tempo  $t$  <sup>(3)</sup>. O limite de  $P_t$ , pa-

---

<sup>(3)</sup> Note-se que  $P_t$  representa a porcentagem da área total cultivada sob nova tecnologia e não a proporção de agricultores adotantes da nova tecnologia. Em geral, pode-se esperar que as duas variáveis caminhem juntas, mas não a uma mesma taxa, dadas as diferenças na escala de produção existentes em cada cultura. Como o objetivo deste trabalho é analisar os efeitos que a adoção exerceu sobre os níveis médios de produtividade no Estado de São Paulo, o conceito adequado a ser utilizado é, portanto, o de proporção da área total cultivada sob nova tecnologia e não a porcentagem de agricultores adotantes. Ou seja, para o nível médio de rendimento de uma cultura, não importa saber que 90% dos agricultores adotam a nova tecnologia, caso eles respondam por uma proporção ínfima da área total plantada desta cultura.

ra  $t$  tendendo ao infinito, é dado por  $K$ , assíntota superior da função, de valor igual ou inferior à unidade, que representa o nível de equilíbrio no longo prazo. O parâmetro  $b$ , coeficiente da taxa de adoção, está relacionado com a taxa de crescimento da variável  $P_t$ . A constante  $a$  é um parâmetro que posiciona a curva logística no sentido horizontal. A representação gráfica da curva logística está presente na figura 1.

A função logística está sendo utilizada neste estudo como uma maneira de resumir o comportamento dos dados de adoção de tecnologia nas diferentes culturas. GRILICHES (2) mostra que o parâmetro de posição  $a$ , que situa a curva logística no eixo horizontal do tempo, está relacionado às condições de oferta dos produtores de inovações. Variáveis como o mercado potencial de adotantes de novas tecnologias e o risco estariam relacionados com  $a$ . Quanto maior o mercado potencial e menor o risco, maior o incentivo e, portanto, mais cedo a nova tecnologia estaria disponível no mercado, pronta para ser utilizada pelos agricultores. Com relação ao parâmetro  $b$ , coeficiente da taxa de adoção, Griliches mostra que o mesmo está associado às condições de lucratividade da técnica nova vis-à-vis à técnica antiga, ou seja,  $b$  está associado às condições do lado da demanda da nova tecnologia. O parâmetro  $K$ , taxa de adoção de equilíbrio, dependeria também das condições da demanda. Mais propriamente, este parâmetro estaria correlacionado com a distribuição da lucratividade entre os vários adotantes. Quanto menor a variância da lucratividade da nova técnica em relação à técnica antiga, mais alto deveria ser o  $K$ . Portanto, a curva logística resumindo o comportamento do processo de adoção tecnológica, para as várias culturas, mostra as diferenças nos padrões desse processo entre essas culturas através de diferenças nos coeficientes estimados, isto é, através de diferenças em  $K$ ,  $a$  e  $b$ .

Supondo que nem todos os indivíduos reagem em mesma intensidade e natureza diante de uma inovação, é lógico esperar-se que a adoção ocorra em instantes de tempo diferentes. Conseqüentemente, os rendimentos observados não irão mudar abruptamente do nível tecnológico pré-existente para aquele associado à nova tecnologia, crescendo em relação direta à taxa de adoção. Assim, dada

a existência de dois níveis tecnológicos distintos, um deles referindo-se à tecnologia de baixo rendimento, e um outro referindo-se à tecnologia de alto rendimento <sup>(4)</sup>, pode-se definir o rendimento para cada produto num período de tempo  $t$ , pela seguinte média ponderada:

$$Y_t = P_t Y_a + (1 - P_t) Y_b = Y_b + (Y_a - Y_b) P_t$$

onde  $Y$  representa o rendimento no período  $t$ ;  $P_t$  representa a proporção da área total cultivada sob nova tecnologia (ou cultivada sob tecnologia de alto rendimento) no período  $t$ ;  $Y_a$  é a produção por área associada à tecnologia de alto rendimento;  $Y_b$  é a produção por área associada à tecnologia de baixo rendimento.

Por outro lado, supondo-se também que o processo de adoção tecnológica obedece ao padrão logístico do tipo

$$P_t = \frac{K}{1 + e^{-(a+bt)}}, \text{ segue então que:}$$

$$Y_t = Y_b + (Y_a - Y_b) P_t$$

$$Y_t = Y_b + (Y_a - Y_b) \frac{K}{1 + e^{-(a+bt)}}$$

$$(Y_t - Y_b) = (Y_a - Y_b) \frac{K}{1 + e^{-(a+bt)}}$$

$$\frac{(Y_t - Y_b)}{(Y_a - Y_b)} = \frac{K}{1 + e^{-(a+bt)}}$$

<sup>(4)</sup> Na realidade, no período estudado não se pode dicotomizar a tecnologia de produção a dois níveis apenas, um dito "moderno" e outro "antigo". Existiram na realidade diversas formas distintas de "como produzir" ao longo do tempo, que coexistiam simultaneamente. A hipótese simplificadora acima diz respeito ao conjunto de técnicas de produção existente no início do período estudado, a "tecnologia antiga" e o conjunto de técnicas disponíveis no final do período, a "tecnologia moderna".

Em outras palavras, as curvas obtidas para  $P_t$  e  $Y_t$  são semelhantes, apenas mudando a escala de valores definidos entre 0 e 1 para  $P_t$  (5). As estimativas dos valores  $a$ ,  $b$  e  $K$  resultam da aplicação do método de Gauss-Newton (6), sobre médias móveis dos dados originais de rendimento apresentado pelas culturas de café, algodão, soja, cana-de-açúcar e milho, no período 1940–79, no Estado de São Paulo. A utilização de médias móveis teve como objetivo a obtenção da tendência da produtividade de longo prazo, eliminando-se, assim, as flutuações devidas a causas aleatórias, como, por exemplo, as condições climáticas adversas ocorridas em determinados anos. Desse modo, as séries de produtividade utilizadas neste estudo mostram o rendimento das culturas em anos “normais”, nos quais o clima não é excessivamente favorável ou desfavorável e o efeito de outros acidentes naturais é minimizado.

Aspecto importante refere-se ao fato de que não se trata apenas da adoção de uma determinada inovação tecnológica ou de um conjunto de inovações tecnológicas, mas sim de diferentes conjuntos de inovações introduzidas em diferentes momentos de tempo, que se sobrepõem em maior ou menor grau de intensidade. Em outras palavras, dada a proporção máxima da área plantada sob um determinado conjunto de inovações tecnológicas e a velocidade de crescimento dessa proporção, o rendimento máximo possível de ser alcançado seria atingido num determinado número de anos. Mas, a introdução de outro conjunto de inovações

---

(5) À primeira vista o uso desta “proxy” para a proporção da área total plantada sob nova tecnologia pode configurar um raciocínio circular. O rendimento cresce porque a proporção cresce, mas como a “proxy” da proporção é a própria variável rendimento na escala 0 a 1, o crescimento desta se deve ao aumento do rendimento. Assim, o raciocínio pode parecer circular. Não é circular simplesmente pelo fato que caso fossem disponíveis as informações da área plantada com a nova tecnologia, elas estariam bastante correlacionadas com a “proxy” adotada. Assim, existe uma relação de causalidade bem definida, ou seja, a mudança no  $P_t$  ou em sua “proxy” implica em alterações no nível de rendimento.

(6) Maiores detalhes a respeito do método Gauss-Newton, ver SANTOS (10). Quanto à utilização do referido método, ver VERA FILHO (12).

tecnológicas com seus valores de  $K$  e de  $b$ , irá elevar novamente o rendimento a outro nível máximo.

A curva de rendimentos de uma cultura mostra, portanto, pontos de diferentes curvas de rendimento características de cada um dos vários conjuntos de técnicas. Assim, a "proxy" da proporção da área plantada sob nova tecnologia reflete essa característica peculiar da curva de rendimento.

### 3.1 — A Variável Rendimento na Estimação da Função Logística

No capítulo anterior foi apresentado o modelo logístico — a função logística — para representar o processo de adoção tecnológica na agricultura. Para a estimação desse modelo seriam necessárias informações precisas de  $P_t$ , proporção da área plantada sob nova tecnologia. Essas informações não existem para todas as culturas estudadas, havendo apenas algumas séries estatísticas, em geral curtas, sobre algumas inovações isoladas. Dessa forma, buscou-se com as séries de rendimento os informes necessários para a estimação do modelo. O presente capítulo pretende justificar o uso da variável rendimento como "proxy" de  $P_t$ , mostrando sua relevância nos estudos de adoção tecnológica na agricultura.

Inicialmente, entende-se que os aumentos de rendimento podem resultar de avanços tecnológicos poupadores de terra ou da substituição de terra por outros fatores, em resposta aos preços relativamente mais altos da terra. Assim, "as variações nos rendimentos não indicam satisfatoriamente se as variações observadas resultam de um processo de adoção tecnológica, ou de uma mudança na razão de fatores empregados, ou de ambos" (12).

Porém, o emprego do modelo logístico a partir da variável rendimento encontra uma justificativa adequada ao considerar que "variações nos rendimentos indicam a ocorrência de um processo de ajustamento . . . e pesquisas prévias sobre mudança tecnológica mostram que o processo de ajustamento observado pode ser representado por um modelo logístico, não havendo razão para excluir a possibilidade do modelo também ser representativo de um processo de mudança nas técnicas de produção" (12).

Além disso, o uso da variável rendimento também se fundamenta em mais dois aspectos: primeiro, a identificação de uma dada inovação e da proporção da área plantada sob a mesma, em geral, somente é obtida através de levantamentos onerosos e demorados; em contrapartida, certos índices parciais de produtividade, como, por exemplo, rendimento por hectare, são sistematicamente compilados pelos órgãos estatísticos governamentais. Segundo, dada a grande variabilidade de características sócio-econômicas entre as regiões, a adoção de inovações tecnológicas na agricultura mostra-se, às vezes, específica ao próprio local de sua aplicação, dificultando a sua identificação e posterior qualificação.

Tendo em mente esses aspectos, pretende-se, então, com base nos resultados obtidos na estimação da função logística, examinar a evolução tecnológica apresentada por alguns produtos da agricultura paulista, representada, em última análise, pelo crescimento da variável rendimento ao longo do tempo. Os acréscimos no rendimento serão aqui entendidos como resultantes de avanços tecnológicos, refletindo, de um modo geral, a adoção de inovações destinadas a aumentar a produtividade da terra (7). Quanto à natureza destas, sabe-se que resultam, em geral, de melhoramentos biológicos nas variedades, de melhorias nas práticas culturais e do controle de pragas e doenças, entre outras.

Nesse ponto, cabe abrir um parêntese e destacar a importante contribuição dada pela pesquisa agrícola, principalmente a que vem sendo desenvolvida no Estado de São Paulo, conduzindo, através da contínua formação de novos conhecimentos, a resultados bastante significativos, como por exemplo a obtenção de variedades melhoradas para algumas culturas que, somada à adoção de outras práticas, tem proporcionado maiores índices de produtividade.

---

(7) Outras fontes de aumento do rendimento apontadas pela literatura, como por exemplo as mudanças na localização de culturas para áreas com condições edafoclimáticas mais propícias, a introdução de cultivo mais produtivo e economicamente mais vantajoso ou a simples alteração na razão dos fatores empregados, embora sejam aqui consideradas, não serão entretanto objeto desta análise.

A avaliação do desempenho da pesquisa agrícola desenvolvida no Estado, realizada por SILVA, FONSECA & MARTIN (11), para o período de 1927—77, mostra que aquela, tendo se voltado mais para a geração de inovações destinadas a aumentar a produtividade da terra, teria sido um dos fatores responsáveis pelos ganhos de produtividade constatados para diversos produtos. Verificaram, assim, que dentre as pesquisas poupadoras de fatores, as poupadoras de terra predominam, representando cerca de 66% do total do período, em contraposição às classificadas como poupadoras de trabalho, respondendo por apenas 3%.

Buscando relacionar o crescimento do rendimento com o desenvolvimento de inovações tecnológicas, procurar-se-á enfatizar, no decorrer deste trabalho, a criação de inovações, principalmente as geradas de pesquisas do tipo poupadoras de terra, embora em momento algum se exclua a possibilidade de que outros tipos de inovações ou outros fatores possam também estar influenciando no aumento da produtividade.

Nesse sentido, é sabido que além do maior uso de fertilizantes, as práticas culturais mais cuidadosas (preparo do solo, plantio, tratos culturais) chamam a atenção para uma maior mecanização agrícola associada a inovações bioquímicas, caracterizando tecnologias agrícolas recentemente desenvolvidas em outros países (3). Ainda que não se possa avaliar com exatidão em que magnitude tal associação influi nos acréscimos do rendimento, parece razoável supor que para alguns produtos tal influência tem sido preponderantemente favorável.

A esse respeito, MUELLER (7) considera que, no caso do Brasil, ao contrário de outros países, por ser o nível de produtividade da agricultura tradicional muito baixo, a introdução de tecnologia mecanizada não foi apenas acompanhada do aumento de produtividade da mão-de-obra, mas também da terra; considera também que nas áreas mais desenvolvidas do País, de terras escassas e caras, a mecanização vem possibilitando uma agricultura mais intensiva e rentável, não sendo difícil imaginar que seja também mais produtiva.

SANDERS & RUTTAN (9) argumentam que nas regiões

fronteiriças do Brasil, principalmente naquelas em que predominam solos de estrutura pesada, como são os de cerrados, a mecanização é freqüentemente empregada nas operações de cultivo, em que a força animal não é suficiente para uma preparação adequada do solo. Segundo os autores, o uso mais intenso da mecanização nesses solos difere do observado nas regiões de terra roxa, como solo melhor estruturado, em que a requisição de maquinaria se faz menos necessária.

Assim, neste estudo, ainda que controvertida a influência da mecanização na produtividade agrícola, sempre que houver disponibilidade de informações sobre uma maior participação do uso de maquinaria nas diversas atividades agrícolas, a mesma será considerada juntamente com a adoção de outras práticas, como por exemplo a utilização de sementes melhoradas, a maior aplicação de fertilizantes, de defensivos e de herbicidas e a introdução de práticas culturais mais adequadas.

Por outro lado, entende-se também que o crescimento do rendimento não deve ser atribuído a uma inovação considerada individualmente, visto que o uso de uma prática isolada pode não conduzir a melhoramentos tecnológicos, condicionando a sua validade à adoção conjunta de outras práticas. Como exemplo, constata-se que o maior uso de fertilizante em presença de sementes não melhoradas não propicia uma resposta adequada em termos de rendimento da cultura. Porém, uma aplicação mais intensiva de adubos químicos combinada com a utilização de sementes melhoradas conduz ao aumento da produtividade.

#### **4 – DISCUSSÃO DE RESULTADOS**

Neste capítulo serão apresentados os resultados da estimação da função logística para os seis produtos estudados: café, algodão, cana-de-açúcar, laranja, soja e milho.

Na análise, um ponto importante diz respeito à escolha do período de tempo considerado no ajustamento da função logística.



Inicialmente, pensou-se em ajustar os dados de rendimento considerando um mesmo intervalo de tempo para as seis culturas. Porém, tal procedimento não se mostrou o mais adequado, dada a extrema dificuldade em se constatar simultaneidade no início e fim do processo de adoção de inovações tecnológicas em culturas com distintos desenvolvimentos tecnológicos.

Assim sendo, passou-se a definir os intervalos de tempo, para cada produto, segundo os seguintes critérios:

- a) utilizou-se como indicador de inovações tecnológicas o número de artigos publicados <sup>(8)</sup> em diversas instituições oficiais de pesquisa agrícola do Estado de São Paulo, no período 1927-77. Com base nesse indicador, definiu-se inicialmente quais os produtos <sup>(9)</sup> que deveriam ser investigados, procurando-se também averiguar quais datas caracterizariam uma concentração de pesquisas agrícolas relativas à geração de inovações tecnológicas disponíveis aos agricultores;
- b) adicionalmente, dada a série de rendimento de cada produto, verificou-se se o rendimento apresentou uma tendência estável de crescimento para o período assinalado <sup>(10)</sup>;

---

<sup>(8)</sup> Uma limitação desse indicador refere-se ao fato de que nem todos os resultados de pesquisa são necessariamente publicados (4). Outro aspecto a ser salientado diz respeito à possibilidade de algumas inovações tecnológicas terem sido geradas em outros Estados e que podem estar sendo adotadas pelos agricultores locais, sem que resulte de pesquisa desenvolvida pelas instituições acima especificadas.

<sup>(9)</sup> Produtos como café, cana-de-açúcar, algodão e citros são os que mais se destacaram dentre o grupo de exportáveis, enquanto que a pesquisa com soja ganha maior expressão somente a partir da década de 50. Dentre os domésticos, o milho é o produto com maior número de pesquisas no período (11).

<sup>(10)</sup> Utilizaram-se duas fontes de dados de rendimento: a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Instituto de Economia Agrícola (IEA). Os dados do IEA, obtidos através de amostra estatística junto às propriedades agrícolas, sugerem melhor qualidade serão utilizados sempre que se julgar necessário, como, por exemplo, na definição dos valores de  $Y_b$ . Para o acompanhamento da evolução de área e rendimento, os dados do IBGE (desde 1931) permitem uma melhor análise de longo prazo, mais compatível também com o período referente às pesquisas agrícolas sobre os produtos estudados.

c) finalmente, após a escolha do período de tempo considerado para fins de ajustamento, passou-se a definir os valores de  $Y_a$  e  $Y_b$ .

Tomou-se como valor aproximado de  $Y_b$  (rendimento médio associado à tecnologia de baixo rendimento) a média trienal de rendimentos elaborada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), para o período de 1949–79.

Como aproximação do valor de  $Y_a$  (rendimento médio associado à tecnologia de alto rendimento), considerou-se o rendimento possível de ser alcançado com alta tecnologia para o Estado de São Paulo. Tais valores resultaram de consultas feitas a técnicos especializados e pertencentes a instituições de pesquisa e assistência técnica do Estado.

#### 4.1 — Resultados Obtidos para os Seis Produtos Estudados

Os resultados obtidos na aplicação do método de Gauss–Newton para a “proxy” de proporção da área cultivada sob nova tecnologia mostram ajustamento adequado para as seis culturas estudadas. Com efeito, os dados do quadro 1 revelam que, para os seis produtos, todos os coeficientes são significantes diferentes de zero a um nível de pelo menos 1% <sup>(11)</sup>. Além das estimativas dos parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $K$  e seus respectivos desvios-padrões, o quadro 1 também apresenta estimativa do ano de início do processo de adoção tecnológica. Da mesma forma que em GRILICHES (2), o ano de início é dado aproximadamente pelo  $t$  tal que  $P_t = 0,10K$ .

As estimativas do parâmetro  $b$  têm interesse especial, na medida em que este está diretamente relacionado com a taxa de crescimento da adoção, pois como visto anteriormente:

$$P_t = b \frac{(K - P_t)}{K} .$$

---

<sup>(11)</sup> A representação gráfica da curva logística por produto é apresentada nas figuras 2 e 7.

QUADRO 1. - Estimativa dos Parâmetros da Função Logística por Produto e para os Respectivos Períodos, Método Gauss-Newton

Produto	Estimativa dos parâmetros			Graus de liberdade	Data $P_t = 0.10k$
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>K</i>		
Café (1941-1978)	-3.8483* (0.6341)	0.1633* (0.0459)	0.9751* (0.1913)	35	1.951
Algodão (1946-1978)	-2.9854* (0.3283)	0.2356* (0.0302)	0.9605* (0.0405)	30	1.949
Cana-de-açúcar (1941-1978)	-2.5541* (0.2949)	0.1056* (0.0274)	0.9695* (0.2184)	35	1.944
Laranja (1950-1978)	-5.246* (1.5107)	0.4609* (0.1379)	0.9459* (0.0619)	26	1.957
Soja (1949-1978)	-3.0832* (0.2277)	0.1539* (0.0281)	0.9451* (0.1978)	27	1.955
Milho (1954-1978)	-2.4136* (0.2741)	0.2107* (0.0399)	0.5830* (0.0646)	22	1.955

(\*) Significância a nível de 1%.

Obs: Os números entre parênteses abaixo de cada coeficiente correspondem aos valores dos desvios padrões.

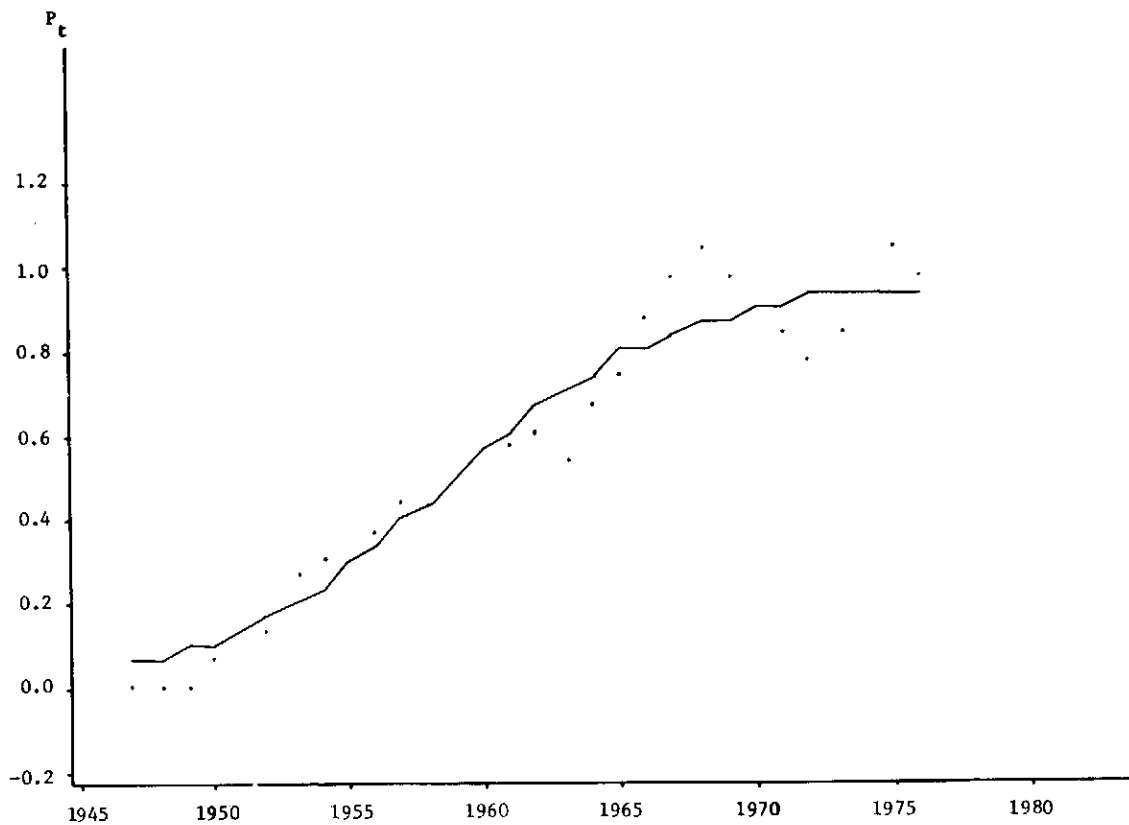


FIGURA 3. - Curva Logística para a Cultura do Algodão.

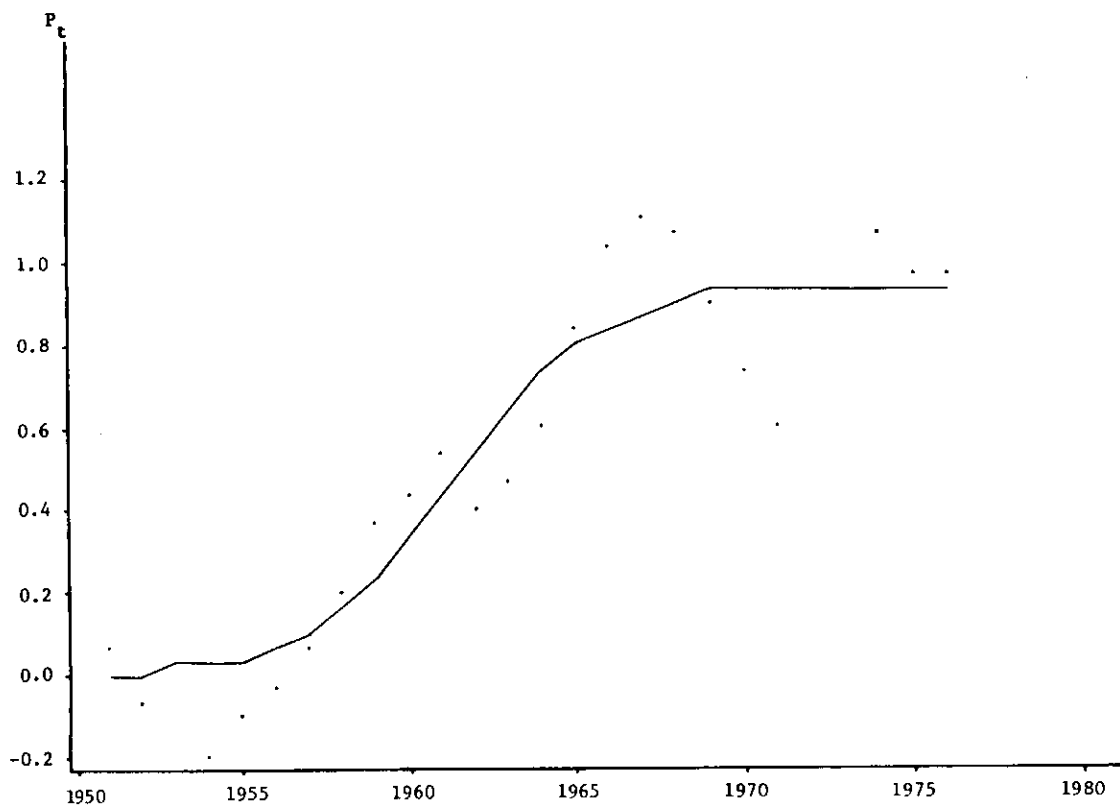


FIGURA 5. - Curva Logística para a Cultura dos Citros.

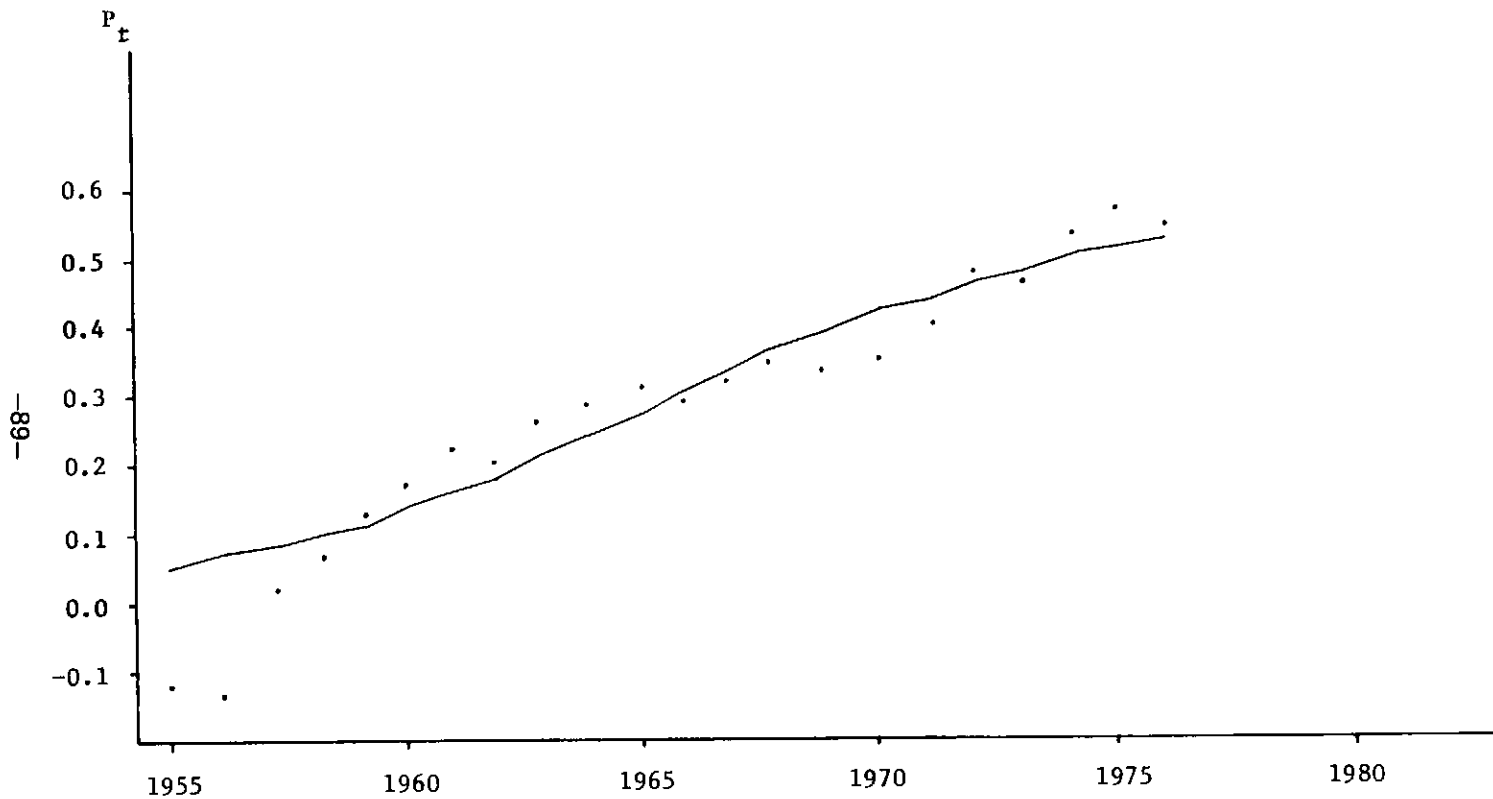


FIGURA 7. - Curva Logística para a Cultura do Milho.

ou seja, quanto maior o  $b$  para iguais  $K$  e  $P_t$ , mais acelerado será o processo de adoção. GRILICHES (2) mostra que o valor desse parâmetro está relacionado diretamente com as condições de lucratividade das técnicas novas vis-à-vis as técnicas antigas de produção. Quanto maior for o diferencial de lucratividade da técnica nova em relação à técnica antiga, mais rápido se dá o processo de adoção e, portanto, maior deverá ser o  $b$ .

Dentre os resultados encontrados, chama a atenção os relativos às culturas perenes (café e laranja), dada a diferença de magnitude constatada entre os valores de  $b$ , respectivamente, de 0,16 e 0,46. Normalmente, as características da pesquisa em culturas perenes são bem distintas das características da pesquisa em culturas anuais, necessitando-se, naquele caso, de mais anos de trabalho e observação e de maiores investimentos até a obtenção de uma nova variedade (6).

Além disso, supõe-se também que a adoção da nova tecnologia seja mais lenta e difícil nas culturas perenes, visto existir um estoque de plantas em produção, que introduz uma inércia na mudança tecnológica, pois não existe todo ano, para cada agricultor, decisão sobre qual variedade utilizar (4). Ou seja, ocorreria maior defasagem de tempo entre a época da introdução da inovação (principalmente novas variedades), a sua adoção e os possíveis efeitos em termos de aumento de produtividade, refletindo-se numa menor velocidade da taxa de adoção, isto é, num menor valor de  $b$ , a exemplo do encontrado para o café. O fato do café ter mostrado o parâmetro  $b$  tão baixo provavelmente está relacionado com as próprias características da cultura, que requer de três a quatro anos de maturação dos pés até a entrada em produção, permanecendo anos em plena produção, o que certamente cria uma maior resistência a qualquer processo de transformação mais radical.

Todavia, a despeito das considerações acima serem também válidas para a laranja, o maior valor de  $b$  encontrado para essa cultura indica que a mesma sofreu um processo de transformação bem mais rápido que o observado para o café.

De fato, informações relativas ao desenvolvimento da citricultura paulista nos últimos quarenta anos atestam que a cultu-

ra da laranja enfrentou sérios problemas de doenças, em particular a "tristeza" na década de 40, que determinou a redução à lenha de mais de 80% dos laranjais paulistas. Desse modo, fica evidente que a sobrevivência da citricultura no Estado dependeu da pronta e total substituição das antigas variedades, com a descoberta de novo porta-enxerto tolerante à "tristeza". Nos anos 60 e 70, o processo de novas variedades se acentua com a intensa formação de novos pomares em bases mais técnicas, provavelmente em resposta ao maior estímulo existente à exportação do produto, resultando na ampla expansão da área com a cultura no Estado.

Dentre as culturas anuais, o maior valor de  $b$  obtido para o algodão implica uma maior velocidade de adoção de novas tecnologias, o que se mostra consistente com o maior ritmo de inovações tecnológicas resultantes de diversos trabalhos de pesquisa conduzidos em São Paulo (12). Todavia, apesar de bastante beneficiada com inovações tecnológicas em relação às demais culturas, fato que se reflete no contínuo crescimento do rendimento (principalmente, a partir dos anos 60), chama a atenção o firme declínio da área com o produto, constatado desde meados da década de 40. Diversos fatores têm sido apontados como concorrendo para essa redução, como por exemplo: a maior rentabilidade da cultura da soja em relação ao algodão; elevação dos custos de produção, devido à participação crescente de fertilizantes, corretivos e defensivos agrícolas (1); descontinuidade do processo de inovações tecnológicas na cultura do algodão e a expansão crescente da área cultivada com laranja, soja e cana-de-açúcar, repercutindo em mudanças na composição da produção agrícola do Estado (4). Porém, as causas da acentuada redução da área com algodão não são claras e uma investigação mais cuidadosa a esse respeito deve ser tentada.

Para a soja, talvez a baixa magnitude de  $b$  esteja relacionada ao fato dessa cultura ter sido introduzida já com um "pacote" tecnológico completo (novas variedades produtivas e adaptadas,

---

(12) Em relação aos demais Estados, São Paulo tem-se mantido sozinho no processo de geração de inovações tecnológicas específicas à cultura do algodão (4).



alto grau de mecanização do cultivo e colheita, uso intensivo de insumos agrícolas, etc.), consistente com o adiantado nível de desenvolvimento alcançado pela pesquisa com o produto no Estado. Além disso, a sua difusão como cultura comercial foi lenta e só a partir dos anos 60 é que se verifica a acentuada expansão da área cultivada com soja em São Paulo. Assim, supõe-se que sendo cultura de introdução relativamente recente e já apoiada num conjunto de inovações tecnológicas, a sua adoção, por parte do agricultor, deve ter se caracterizado mais por pequenas alterações deste conjunto de inovações do que propriamente pelo abandono de antigas técnicas que tenham caído em desuso.

Para a cana-de-açúcar, os motivos para o valor de *b* estimado ser menor não são claros. Provavelmente, isto pode ser devido à pequena evolução apresentada pelo rendimento ao longo de todo o período analisado, a despeito de importantes inovações introduzidas na década de 20, quando a cultura teve graves problemas de doenças e que redundaram na substituição das variedades predominantes na época.

Por sua vez, os inexpressivos aumentos do rendimento, em parte, se justificam pela manutenção, até o final da década de 70, de antigas variedades (CB 41/76, CB 49/260, etc.), seguidas pela variedade NA e pelas IAC, o que mostra, de um lado, a não introdução de novas variedades em períodos mais recentes. Por outro lado, tal fato evidencia a importância da importação de conhecimentos para a cultura da cana-de-açúcar no passado, como também se constata na atualidade (8). Nesse sentido, sabe-se que nos últimos anos estão sendo liberadas variedades importadas, como a NA 56-79 (Argentina), ocupando, em 1979, cerca de 26% da área total com a cultura no Estado de São Paulo (5).

Observa-se, também, que as atividades de pesquisa na área de genética e melhoramento, responsáveis pela introdução de novas variedades, voltam a ser enfatizadas na década de 70, ao mesmo tempo que a área cultivada com a cultura passa a se ampliar acentuadamente. Entretanto, os possíveis efeitos em termos de aumentos do rendimento com a adoção de novas variedades, dado o pequeno intervalo de tempo decorrido, não permitem uma avaliação mais precisa desses ganhos de produtividade.

Resumindo, segundo GRILICHES (2), o parâmetro  $b$  (coeficiente da taxa de adoção) está relacionado com as características de lucratividade da nova técnica vis-à-vis a técnica antiga. Essa hipótese está sendo apoiada, em geral, pelas observações feitas com relação às seis culturas estudadas. O maior valor de  $b$ , encontrado para a laranja, indica que foi esta cultura que apresentou maior diferencial de lucratividade entre as técnicas. A evidência histórica comprova exatamente isso. A ocorrência da virose "tristeza", na década de 40, comprometeu seriamente a sobrevivência da cultura no Estado de São Paulo. Assim, a mudança de variedades foi imperativo econômico para a manutenção da cultura.

Com relação ao segundo produto apresentando maior valor de  $b$ , o algodão, duas razões podem ser apontadas como condicionantes deste fato. Em primeiro lugar, deve-se salientar o papel da demanda do setor têxtil que, ao mesmo tempo que garantia uma contínua expansão do mercado para o produto, tornou-se cada vez mais exigente com relação à qualidade e tamanho da fibra. Em segundo lugar, ressalta-se o papel da pesquisa agrônômica que colocou quantidade considerável de novas variedades à disposição e uso dos agricultores.

Para o milho, com terceiro maior valor de  $b$ , é bastante conhecida a maior produtividade das variedades híbridas em relação às variedades comuns, o que deve explicar a posição relativa do coeficiente da taxa de adoção do milho.

Com respeito ao café, o fato de ser uma cultura perene — portanto, resistente a um processo de mudança mais acelerado — além de não ter sofrido, como a laranja, problemas com doenças que tivessem comprometido a manutenção da cultura, explicam por si só o fato do coeficiente de adoção não ser tão elevado quanto o da laranja e do algodão.

No caso da soja, penúltimo valor de  $b$ , a despeito do sucesso comercial da cultura, esta foi introduzida com um conjunto de técnicas bastante aprimoradas e, assim, as inovações introduzidas afetaram apenas marginalmente a cultura.

Finalmente, para a cana-de-açúcar, verifica-se a manutenção até recentemente de antigas variedades, na sua maioria

variedades adaptadas, fato que denota a importância da importação de conhecimentos e de variedades relativos à cultura.

Com relação ao  $K$ , GRILICHES (2) mostrou que o mesmo se encontra associado não somente às condições de lucratividade das culturas, mas também com a distribuição desta entre os vários agricultores, ou seja com as condições de risco.

Os resultados encontrados salientam para todas as culturas estudadas, exceto milho, valores bastante semelhantes entre si e próximos da unidade, significando, portanto, igualdade de condições da distribuição da lucratividade entre os vários adotantes. O caso que chama maior atenção, milho, com uma taxa de adoção de equilíbrio em torno de 60%, mostra claramente uma das características desta cultura no Estado de São Paulo. Coexistem no Estado tanto o produtor em larga escala atendendo à demanda industrial, como também o pequeno produtor voltado para a produção de subsistência, em que a cultura do milho é complementar de uma série de outras atividades.

Foi visto que o parâmetro  $a$  posiciona a curva no eixo horizontal, estando diretamente relacionado com o início do processo de adoção tecnológica. Os fatos históricos relacionados com as datas de início do processo, constantes no quadro 1, são os seguintes: para a cana-de-açúcar, no final da década de 40 o "carvão" precipitou a substituição das variedades javanesas, predominantes na época, por variedades indianas e brasileiras. Para o algodão, o final dos anos 40 e início da década de 50 coincide com o crescimento significativo da demanda de algodão pelo setor têxtil nacional e a introdução de novas variedades. O início da década de 50 marca, para o café, a introdução da variedade "Mundo Novo", que constitui importante marco para o desenvolvimento da cafeicultura no Estado. A partir da segunda metade dos anos 50, tem-se a introdução em escala comercial das variedades híbridas de milho. No mesmo período, a cultura da soja passa a se expandir em escala comercial apoiada em um conjunto de inovações tecnológicas específico à sua cultura. Por volta do ano de 1955, dá-se início à introdução dos clones nucelares na citricultura paulista.

Concluindo, os resultados obtidos nos coeficientes

estimados das funções logísticas refletem importantes diferenças na evolução das culturas. Esses resultados ganham relevo quando interpretados à luz do histórico de cada cultura (13).

## 5 – CONCLUSÃO

A adoção de inovações tecnológicas na agricultura resulta, quase sempre, de múltiplas inovações introduzidas pelos agricultores e que podem se originar da contribuição dada pelas instituições de pesquisa através da contínua geração de novos conhecimentos, pela pesquisa agrícola.

Entende-se, também, que a adoção de uma inovação isolada pode não conduzir a melhorias na produtividade, condicionando a sua validade à adoção conjunta de outras práticas.

Orientou-se o presente estudo para a escolha da função logística, admitindo-se ser esta a que melhor representaria o processo de adoção de inovações tecnológicas, baseando-se isto nos resultados do trabalho desenvolvido por GRÍLICHES (2).

Por sua vez, o uso de tal função implicaria a necessidade de se obter informações detalhadas sobre uma dada inovação, sobre a identificação precisa dessa inovação e da proporção de área cultivada sob a mesma, informações que, em geral, só seriam obtidas através de levantamentos onerosos e demorados.

Diante da inexistência dessas informações para a agricultura paulista e das dificuldades e custos para tentar obtê-las, buscou-se superar essa limitação através do seguinte procedimento: primeiramente, utilizou-se a variável rendimento (médias móveis) como "proxy" da proporção da área plantada sob nova tecnologia (12). Definiu-se, para cada produto estudado, dois níveis de rendimento (relativos à alta e à baixa tecnologia), e a partir dessa hipótese transformou-se a variável rendimento numa escala de 0 a 1, que caracte-

---

(13) Análise mais detalhada da evolução tecnológica e da pesquisa agrícola relativa a cada produto estudado, ver SANTOS (10).

rizaria a proporção da área total cultivada sob a nova tecnologia, isto é,  $P_t$ .

Uma crítica a esse procedimento é que a curva de  $P_t$  nada mais é que a própria curva de rendimento na nova escala, embora se saiba que tal "proxy" deva provavelmente acompanhar bem de perto o  $P_t$  verdadeiro.

Outro aspecto envolvido refere-se ao fato de que a análise restringe-se às inovações tecnológicas que interferem na produtividade da terra, como por exemplo o uso de sementes melhoradas e de fertilizantes, ou seja, tanto aquelas diretamente ligadas à melhoria da produtividade, como as responsáveis pela manutenção desta.

Tendo em vista que o aumento do rendimento reflete, na maioria das vezes, a atuação da pesquisa agrícola essencialmente do tipo poupadora de terra, considerou-se, então, a relação existente entre o volume de pesquisa destinada aos seis produtos estudados e os ganhos de produtividade observados no período. Deste confronto ficou bastante claro que existe uma estreita relação entre a maior ênfase dada à pesquisa com o produto e o maior crescimento da produtividade no total do período e nos diversos subperíodos.

Também na tentativa de melhor caracterizar a adoção de inovações tecnológicas, estendendo-a para o caso de insumos (fertilizantes e defensivos agrícolas) e de máquinas e implementos agrícolas, foram utilizadas indicações indiretas quanto ao momento mais favorável à adoção destes, dada a relação de preço pago pelos insumos e preço recebido pelos produtos <sup>(14)</sup>. Averiguou-se, assim, que, em geral, a relação mais favorável ao maior emprego de insumos e maquinaria foi registrada no final da década de 60 e início dos anos 70.

Os resultados encontrados mostraram, de certo modo, a importância da pesquisa agrícola e seus efeitos na elevação dos

---

(14) A idéia que se tem é que uma relação de preço favorável serviria de incentivo ao uso de insumos e de maquinaria agrícola.

níveis de produtividade. Ao mesmo tempo, o presente trabalho procurou ressaltar a importância de focar a adoção de inovações tecnológicas através da análise de séries de rendimento, somando-as às informações históricas sobre o processo de adoção de inovações tecnológicas a nível de produtos.

Essa relação, pesquisa agrícola e nível de rendimento, mostra a fecundidade desta para auxiliar a agricultura a responder satisfatoriamente à meta dela esperada na atualidade: o aumento da produção de alimentos, de produtos exportáveis e de substitutos para o petróleo importado.

Finalmente, deve-se ressaltar também que o desenvolvimento no “estado das artes” de como produzir — desenvolvimento este advindo da pesquisa agrícola — por si só não garante o aumento da produtividade na agricultura. É necessário também que esses novos conhecimentos sejam adotados. Ganha, portanto, relevo o estudo dos condicionantes que levam os agricultores a abandonar as técnicas antigas em favor das modernas. E é precisamente nesta linha de pesquisa que se pretende complementar o presente trabalho.

## LITERATURA CITADA

1. FREIRE, E.C.; MOREIRA, J.A.N.; MEDEIROS, L.C. Contribuição das ciências agrárias para o desenvolvimento: o caso do algodão. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 18(3): 383—413, jul./set. 1980.
2. GRILICHES, Z. Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change. In: FOX, Karl A. & JOHNSON, D. Gale. *Readings in the economics of agriculture*. Illinois, Richard D. Irwin, 1969. p.221—43.
3. HOMEM DE MELO, F.B. A agricultura de exportação e o problema da produção de alimentos. *Estudos Econômicos*, São Paulo 9(3):101—122, 1979.

4. HOMEM DE MELO, F.B. *O problema alimentar no Brasil: a importância dos desequilíbrios tecnológicos.* São Paulo, Paz e Terra, 1983.
5. MARTIN, N.B. et alii. *Geração de tecnologia e desenvolvimento de algumas culturas no Estado de São Paulo.* São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, IEA. (relatório de pesquisa em andamento)
6. MORICOCHI, L. *Pesquisa e assistência técnica na citricultura: custos e retornos sociais.* Piracicaba, ESALQ/USP, 1980. 65p.
7. MUELLER, C.C. Os preços relativos de fatores e as tecnologias poupadoras de mão-de-obra na agricultura brasileira. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, 6(3): 767–85, 1976.
8. PASTORE, J.; DIAS, G.L. da S.; CASTRO, M.C. Condicionantes da produtividade da pesquisa agrícola no Brasil. *Estudos Econômicos*, São Paulo, 6(3):147–82, 1976.
9. SANDERS, J.H. & RUTTAN, Y.W. Biased choice of technology in brazilian agriculture. In: BISWANGER, H.P. et alii. *Induced innovation: technology, institutions and development.* Baltimore, The Johns Hopkins Press, 1978. p.276–96.
10. SANTOS, Z.A.P.S. *Adoção tecnológica na Agricultura Paulista.* São Paulo, FEA/USP, 1983. 132p.
11. SILVA, G.L.S.P.; FONSECA, M.A.S.; MARTIN, N.B. *Pesquisa e produção agrícola no Brasil.* São Paulo, Secretaria da Agricultura, IEA, 1979. 78p. (Relatório de Pesquisa, 17)

12. VERA F<sup>o</sup>, F. *A study of change in North Caroline peanut, production, process.* Raleigh, North Caroline State University, 1976. 128p.

## TECHNOLOGICAL ADOPTION IN SÃO PAULO AGRICULTURE

### SUMMARY

The growth of agricultural's productivity is a major issue related to the tasks assigned to the agricultural sector in the 80's in Brazil. This growth does not occur by chance but it is, in general, the outcome of a technological adoption process.

The objective of this study was to understand how this process of growth in agricultural's productivity is related to technological adoption. Data for six products (coffee, cotton, sugar cane, citrus, soybeans and corn) for the State of São Paulo were analysed and a logistic function was estimated for each product. These functions are a convenient way to summarize the data, since the differences in the technological adoption process among the six products are reflected in the parameters of the logistic functions. The results were analysed in contrast with the historical evidences of technological development of each product and agricultural's research to each of them. These results showed clearly the import role of the agricultural's research to raise the productivity in the agricultural sector.





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