



Impactos dos Investimentos em Pesquisa Agrícola no Estado de São Paulo, Brasil, 1960-2000

Tema: Sistemas nacionales, regionales y/o locales de innovación.

Categoria: Trabajo acadêmico

José Roberto Vicente
Instituto De Economia Agrícola
E-mail: jrvicente@iea.sp.gov.br

Renata Martins
Instituto De Economia Agrícola
E-mail: renata@iea.sp.gov.br

Resumo:

O objetivo principal deste estudo foi o de mensurar os efeitos dos investimentos em pesquisa na produtividade agrícola do Estado de São Paulo, no período 1960-2000. A produtividade agrícola foi representada por índices de produtividade total de fatores calculados por fórmulas superlativas. Um modelo de defasagem polinomial quadrática foi utilizado na estimação dos parâmetros. Os resultados indicaram influência significativa dos investimentos em pesquisa sobre a produtividade da agricultura paulista, do terceiro ao vigésimo sexto ano subseqüentes às aplicações. O produto marginal do estoque de pesquisa foi bastante elevado: estimou-se um valor de 15,3 como média do período 1995-2000. Foi constatada alta sensibilidade dos índices de produtividade às condições do tempo, representadas por deficiências hídricas e geadas.

Palavras-chave: gestão de inovações tecnológicas; políticas públicas; investimentos em pesquisa; produtividade agrícola; produtividade total de fatores.



1. Introdução

A vida nas sociedades contemporâneas é norteada por vários componentes que evoluem ou são criados a partir das transformações dos meios de produção proporcionadas pelo avanço da ciência e tecnologia, em uma relação estreita com o desenvolvimento econômico e social. Não é por acaso que as políticas relacionadas ao desenvolvimento econômico são centradas em ciência, tecnologia e inovação, assim ambas devem ser parceiras. A crescente demanda da sociedade por maior transparência na aplicação de recursos públicos exige avaliações constantes dos resultados de políticas. Neste sentido, o interesse por métodos que permitam mensurar e avaliar esforços em ciência, tecnologia e inovação é crescente, demandado pelas áreas de planejamento, gestão e políticas públicas e contando com esforço teórico e instrumental das ciências humanas e sociais aplicadas, na busca pelo desenvolvimento de indicadores específicos que quantifiquem tais esforços.

A academia tem um papel importante na busca por esse conhecimento, não só pelo fato do tema ser um campo para reflexões e produção, mas também por serem os acadêmicos parte integrante do sistema gerador de inovações.

A maior parte dos investimentos em P&D no Brasil provém de recursos governamentais, sendo a contabilidade e demonstração dos impactos econômicos, sociais e ambientais desses gastos uma maneira da sociedade controlar a alocação dos recursos e poder interagir com os agentes tomadores de decisões e implementadores de políticas que, devido à escassez de recursos, devem ser determinadas por prioridades, onde a transparência e confiabilidade das informações tornam-se elementos essenciais.

A pesquisa para o desenvolvimento dos agronegócios, em especial, é predominantemente financiada por fontes governamentais, através das instituições públicas. No processo de produção agrícola, uma preocupação precípua dos serviços de pesquisa e extensão rural é o incremento da produção e da produtividade; portanto, avaliar a eficiência desses serviços implica em mensurar os impactos dos investimentos efetuados sobre a produtividade. Por outro lado, elementos que afetam a eficiência das instituições de pesquisa, como a escassez de recursos financeiros, planejamentos de médio e longo prazo, a identificação de demandas e gestão dos processos que envolvem o desenvolvimento da pesquisa e seus resultados, podem encontrar nos indicadores subsídios para as tomadas de decisões que refletirão nos ambientes internos e no posicionamento das instituições perante a sociedade que financia suas atividades. O Estado de São Paulo mantém o mais bem estruturado sistema estadual de geração e transferência de tecnologia do País, baseado nas atividades de seis institutos de pesquisa, e de duas coordenadorias - assistência técnica e defesa agropecuária - vinculados à Secretaria de Agricultura e Abastecimento, cujas atividades vêm mantendo São Paulo na liderança da produção e produtividade agrícola em nível nacional¹. Atualmente a pesquisa pública para os agronegócios é coordenada pela Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), cuja estrutura abrange o Instituto Agrônomo (IAC), o Instituto Biológico (IB), o Instituto de Economia Agrícola (IEA), o Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), o Instituto de

¹ Em 2002 o Estado de São Paulo respondeu por 17,3% do valor da produção da agropecuária brasileira (TSUNECHIRO, 2004) e a produtividade total de fatores da agricultura paulista em 1995, ano do último censo agropecuário, era 2,3 vezes superior à média nacional (VICENTE; ANEFALOS; CASER, 2001). Em 2004 o estado respondeu por 24,2% das exportações do agronegócio brasileiro (VICENTE et al., 2005).



Pesca, o Instituto de Zootecnia (IZ) e um Departamento de Descentralização do Desenvolvimento (APTA Regional), com 15 Pólos Regionais de Pesquisa e Desenvolvimento. Esse sistema conta com o importante complemento das faculdades com cursos relacionados às ciências agrárias mantidos pelas três universidades públicas paulistas – Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual Paulista (UNESP) e Universidade de Campinas (UNICAMP) -, não apenas na formação e aperfeiçoamento de pesquisadores, mas também na produção científica *strictu sensu*. Desde meados da década de 1970, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) também efetua crescentes investimentos em pesquisa no Estado de São Paulo, através de importantes unidades como o Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste (CPPSE), Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental (CNPMA), Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária (CNPDIA), Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite (CNPMS) e do Centro Nacional de Pesquisa de Informática Agropecuária (CNPTIA).

Ao longo do tempo, diversos autores analisaram os impactos da pesquisa paulista, como por exemplo, Ayer e Schuh (1974) e Santos; Carvalho; Silva (1991) para o caso do algodão, Fonseca (1976) para o café, Moricochi (1980) para os citros, Silva, Vicente e Caser (1993) para milho e soja, Gonçalves, Rezende e Souza (1989) para o arroz, e Vicente et al. (2000) para o feijão. Análises de efeitos agregados da pesquisa sobre a agricultura paulista foram objeto, por exemplo, dos estudos de Silva (1984), Vicente (2002) e de Araújo et al. (2002). Todos esses autores constataram impactos significativos da pesquisa paulista sobre a produção e a produtividade, com elevados retornos.

Pelos argumentos expostos anteriormente, essas análises devem ser continuamente atualizadas, incorporando séries de dados mais bem trabalhadas e métodos econométricos adequados, para fornecer indicadores relevantes e confiáveis.

Em consonância com outros esforços na área de gestão das inovações tecnológicas dirigidas ao setor agrícola estadual, o objetivo deste estudo é o de mensurar os impactos dos investimentos em pesquisa e extensão rural sobre a produtividade agrícola paulista, no período 1960-2000.

2. Metodologia

A mensuração da produtividade pode ser efetuada pelo quociente de um índice de produção (que parte das quantidades produzidas de cada produto e seus respectivos preços), por um índice de uso de fatores. Isso conduz ao "problema dos números-índices", ou da escolha de determinada fórmula mais adequada para representar o problema em questão (VICENTE; ANEFALOS; CASER 2001). Tradicionalmente, a comparação entre as diversas fórmulas existentes era feita com base nos testes lógicos definidos por Fisher (1922), em seu texto clássico².

Mais recentemente, além da necessidade de atualização constante da base de ponderação (aproximação discreta à integral de Divisia), vem merecendo destaque o estudo das relações entre especificações funcionais admitidas pela análise econômica e fórmulas de números-índices. Diewert (1976) definiu como flexível uma forma funcional agregativa que possibilite uma aproximação até segunda ordem, de uma função linear homogênea arbitrária, que possua derivadas primeira e segunda; chamou de superlativa uma fórmula de números-índices exata

² Detalhes em Silva e Carmo (1986).



(isto é, consistente) para uma forma funcional flexível. Demonstrou que o índice de Törnqvist (também chamado de índice translog de Törnqvist-Theil) é exato para uma forma agregativa translog homogênea (e, portanto, superlativo) e que a fórmula de Fisher é exata para uma função agregativa quadrática de ordem dois homogênea (e, portanto, superlativa).

Como as fórmulas superlativas também se caracterizam por aproximarem-se entre si até a segunda ordem (DIEWERT, 1976), o que limita a amplitude das variações medidas³ e se mantém mesmo para funções agregativas não-homotéticas (DIEWERT, 1978), a questão da escolha entre elas torna-se menos relevante.

Outra questão que se coloca é sobre o denominador do índice de produtividade. A medida mais freqüentemente utilizada é a produtividade física da terra - com a área agregada das culturas servindo como referência - ou a produtividade do trabalho. Christensen (1975) discute a reconhecida inadequação de índices parciais de produtividade e Vera Filho e Tollini (1979) argumentam que essas medidas podem acarretar erros em comparações multilaterais, sugerindo a utilização de índices de produtividade total ou, pelo menos, índices de produtividades parciais referentes aos fatores mais importantes. Alves (1979), embora reconhecendo a dificuldade de se calcular índices de produtividade total no Brasil, devido à carência de dados, defende seu uso como uma medida mais adequada; enfatiza que há casos em que um aumento na produtividade da terra é conseguido à custa de recursos mais dispendiosos para a economia do que aquele que está sendo poupado.

Sob os pressupostos de que os preços dos fatores constituem medidas aceitáveis de seus produtos marginais e de que a função de produção apresenta retornos constantes à escala, a produtividade total de fatores pode ser considerada uma medida adequada de progresso tecnológico, evitando os problemas de especificação da forma e estimação da função de produção (NADIRI, 1970)⁴.

Pelo acima exposto, optou-se por representar a produtividade agrícola paulista por índices de produtividade total de fatores obtidos através de fórmulas superlativas. Para o período 1960 a 1980, a fonte desses índices foi o trabalho de Silva (1984), que utilizou a fórmula de Fisher; de 1981 a 1994, foram empregados os índices calculados por Araújo et al. (2002), obtidos pela fórmula de Törnqvist. De 1995 em diante, utilizaram-se os índices existentes em Vicente e Martins (2004), calculados pela fórmula de Fisher.

Nos modelos ajustados, a produtividade total de fatores da agricultura paulista foi considerada uma função dos investimentos públicos em pesquisa agrícola e em extensão rural no Estado de São Paulo, e das condições do tempo.

Os investimentos públicos em pesquisa agrícola em São Paulo, nos institutos de Pesquisa da APTA entre 1957 e 2000, tiveram como fonte o trabalho de Gonçalves; Junqueira; Barros F^o (2004), que apresentam não apenas os recursos originários do Tesouro do Estado, mas também os provenientes de parcerias⁵. Para o período 1936 a 1956, os montantes foram obtidos a partir da evolução dos investimentos em pesquisa apresentada em Silva (1984). Aos totais de

³ Ver Silva e Carmo (1986) para uma constatação empírica com dados do Estado de São Paulo.

⁴ Deve-se destacar, todavia, que a produtividade total de fatores é sensível a mudanças de escala e de grau de eficiência. Detalhes sobre a abordagem econométrica de análise de eficiência podem ser vistos em Vicente (2002).

⁵ Essa é uma diferença importante entre o presente estudo e o trabalho recente de Araújo et al. (2004), uma vez que a utilização de séries de investimentos em pesquisa que incorporam também recursos de parcerias - FAPESP, FINEP, CNPq, EMBRAPA, outros recursos públicos e privados, fundos de pesquisa, etc. - deve permitir uma representação mais adequada dos montantes efetivamente empregados na geração de tecnologia em São Paulo. Os investimentos nas Universidades públicas paulistas não foram considerados devido à virtual impossibilidade de separá-los dos montantes destinados à educação (SILVA, 1984; ARAÚJO et al., 2002).



investimentos anuais calculados por esses autores, foram somadas as despesas realizadas pela EMBRAPA nos Centros de Pesquisa localizados em São Paulo entre 1976 e 2000, discriminadas em Araújo et al. (2002).

Os investimentos em extensão rural – soma dos orçamentos das coordenadorias de assistência técnica e de defesa agropecuária – tiveram como fontes os trabalhos de Silva (1984), até 1980, Araújo et al (2002), de 1981 a 1995, e as publicações do Governo do Estado de São Paulo no Diário Oficial do Estado, de 1995 em diante. Todos os valores foram deflacionados pelo IPCA para a média de 2004.

As condições do tempo constituem importantes determinantes da produtividade agrícola, e não inseri-las explicitamente no modelo pode levar a considerável viés de estimação. No presente estudo foram representadas através de suas medidas mais usuais, temperatura e precipitação pluviométrica (do período setembro a abril), mais especificamente, pela interação entre ambas e o comprimento do dia (latitude), representada pela deficiência hídrica, que é definida como a diferença entre as evapotranspirações potencial e real. A evapotranspiração potencial é determinada pela temperatura e pelo comprimento do dia (que varia com a latitude), e indica a quantidade de água necessária para fazer frente à evaporação do solo e transpiração das plantas. A evapotranspiração real, que é a quantidade de água efetivamente evaporada do solo e transpirada pelas plantas, é condicionada pela precipitação pluviométrica e pela água armazenada no solo. As deficiências hídricas podem ser obtidas através do cálculo dos balanços hídricos (ORTOLANI et al., 1970), método freqüentemente utilizado em estudos climáticos, basicamente uma maneira de contabilizar a água no solo, com a chuva representando o fornecimento e a evapotranspiração o consumo, considerando-se determinada capacidade de armazenamento de água pelo solo (50 mm, no caso), passível de ser extraída pelas plantas. A ocorrência de geadas fortes e abrangentes, capazes de reduzir drasticamente a produtividade de lavouras sensíveis como o café, também foi representada no modelo, através de variável *dummy* que assumiu valor 1 em cada ano posterior às geadas, e zero nos demais. Foram utilizados dados de 16 postos meteorológicos, associados aos Pólos Regionais e à sede da APTA, gentilmente cedidos pelo IAC.

Os efeitos da pesquisa sobre a produtividade agrícola não são imediatos: uma nova tecnologia tem que ser conhecida, testada e disseminada, antes de atingir a plenitude de seu potencial, em que é largamente adotada pelos produtores, até que entre em fase de obsolescência, com impactos cadentes. A modelagem adequada de impactos de investimentos em pesquisa deve considerar essas distintas fases. Silva (1984) utilizou modelos de defasagem polinomial, considerando efeitos da pesquisa por períodos de 10, 15 e 20 anos. Evenson, Pray e Rosegrant (1999) utilizaram três seqüências ponderadas de nove anos, com pesos de 0,1 no primeiro ano, 0,2 no segundo, etc., até o nono ano; nos nove anos seguintes, a partir do décimo ano, assumiram peso igual a 1, e a partir do décimo nono ano os pesos voltaram a decrescer, atingindo valor igual a 0,1 no vigésimo sétimo ano após os investimentos. Araújo et al. (2002) consideraram períodos de 15 e 20 anos, assumindo que nos três primeiros anos após os investimentos em pesquisa, não haveria efeito sobre a produtividade. A partir do quarto ano, adotaram a seguinte ponderação: 0,2 para o quarto ano, 0,4 para o quinto, 0,6 para o sexto, 0,8 para o sétimo, 1 para os oito anos seguintes, e a partir daí, regressaram a ponderação na seqüência inversa adotada no primeiro período.

Os efeitos da extensão rural devem ocorrer em período mais curto: Ávila e Evenson (1995) e Araújo et al. (2002) assumiram horizontes de três anos, com pesos de 0,25 no primeiro ano, 0,50 no segundo ano e 0,15 no terceiro. Dias (1975), citado por Silva (1984), fornece



evidências de impactos perceptíveis por intervalos de 2 a 4 anos no caso dos agricultores assistidos pelo Sistema Brasileiro de Extensão Rural.

Neste estudo, preferiu-se utilizar uma estrutura de defasagem polinomial quadrática de Almon (JUDGE et al, 1988; GREENE, 1997), adequado para representar tal estrutura de impactos dos investimentos em pesquisa e em extensão rural, sem a necessidade de imposição prévia de pesos crescentes/declinantes (figura 1). Da mesma forma, para tornar a estrutura de defasagens o mais flexível possível, não foram impostas restrições aos parâmetros na fixação de datas iniciais e finais dos impactos desses investimentos.

Escolhido um polinômio de segunda ordem para representar o padrão de pesos de defasagem, o modelo ajustado pode ser representado, formalmente, por (SILVA, 1984):

$$PTF = \alpha + \sum_{i=0}^n \gamma_i P_{t-i} + \sum_{i=0}^k \beta_i E_{t-i} + \phi DH + \lambda G$$

Onde PTF é a produtividade total de fatores, P são os investimentos em pesquisa, E os investimentos em extensão rural, DH é a deficiência hídrica, G é a variável *dummy* representativa de geada no ano anterior, i e k são horizontes de tempo e α , γ , β , ϕ e λ são os parâmetros a serem estimados.

O valor do coeficiente para o investimento em pesquisa associado ao n -ésimo ano pode ser estimado por (HILL; GRIFFITHS; JUDGE, 1999):

$$\gamma_n = \gamma_0 + n\gamma_1 + n^2\gamma_2$$





As variáveis foram introduzidas no modelo transformadas por logaritmos, o que garante que os coeficientes estimados sejam elasticidades. Em consonância com os estudos anteriores, fixou-se um horizonte de tempo de três anos para o efeito da extensão rural. Para os investimentos em pesquisa, partiu-se de um horizonte de 30 anos, que foi reduzido até que o coeficiente associado ao último ano fosse estatisticamente significativo.

Análise gráfica preliminar das séries indicou a possibilidade de não-estacionariedade em quase todas, exceto, naturalmente, a *dummy* representativa de geadas. Para evitar o risco de ocorrência de regressão espúria, foram realizados testes de raízes unitárias do tipo Dickey-Fuller Aumentado, conforme o roteiro de Margarido e Anefalos (1999), para verificar a hipótese de que as séries sejam integradas de ordem 1, e o resíduo do modelo integrado de ordem zero, o que minimiza a possibilidade de não co-integração e indica uma relação estável de longo prazo entre as variáveis dependente e independentes (PATTERSON, 2000).

Após o ajuste do modelo, para estimar as implicações econômicas dos resultados obtidos, foram calculados valores do produto marginal dos estoques de pesquisa, para o período 1995 a 2000. A escolha desse período deve-se à criação no IEA, no final da década de 1990, de um grupo de trabalho que cuida de calcular e divulgar o valor da produção da agropecuária paulista, a partir de 1995. Embora existam cálculos para períodos anteriores, não é possível garantir a adequação metodológica dessas informações.

O valor marginal de uma unidade monetária acumulada no estoque de pesquisa pode ser obtido pela multiplicação da elasticidade da produtividade com relação aos investimentos em pesquisa, pelo valor do produto físico médio do estoque de pesquisa (SILVA, 1984; ARAÚJO et al., 2002).

Formalmente,

$$VPMg(P) = \beta(VP / EP)PTF$$

onde $VPMg(P)$ é o valor do produto marginal dos investimentos acumulados (ou estoque) em pesquisa, PTF é o índice de produtividade, VP é o valor da produção, EP é o estoque de pesquisa e β é a elasticidade da PTF com relação à pesquisa⁶.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre 1960 e 2000, a produtividade total de fatores da agricultura paulista apresenta nítida tendência ascendente (figura 2): o ponto final da série é mais do que 2,2 vezes maior do que o ponto inicial, e o ponto de máximo (1999) é quase 2,7 vezes superior ao ponto de mínimo (1964). O movimento característico em torno da linha de tendência é determinado por diferenças no uso de fatores, na eficiência econômica e pelas condições do tempo.

Os investimentos em pesquisa e extensão rural, embora com padrões menos nítidos – exceto para a EMBRAPA – também apresentam tendência ascendente: os orçamentos de assistência técnica somados aos da defesa atingiram cerca de R\$ 124 milhões em 2000, contra R\$ 48 milhões em 1960, não obstante haverem superado a marca de R\$ 200 milhões em 1975, 1976, 1986 e 1987. No caso dos institutos de pesquisa da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, os valores saltaram de R\$ 76 milhões em 1960 também para cerca de R\$ 124 milhões em

⁶ Obtida pela soma dos coeficientes associados aos anos do horizonte de tempo considerado (SILVA, 1984).

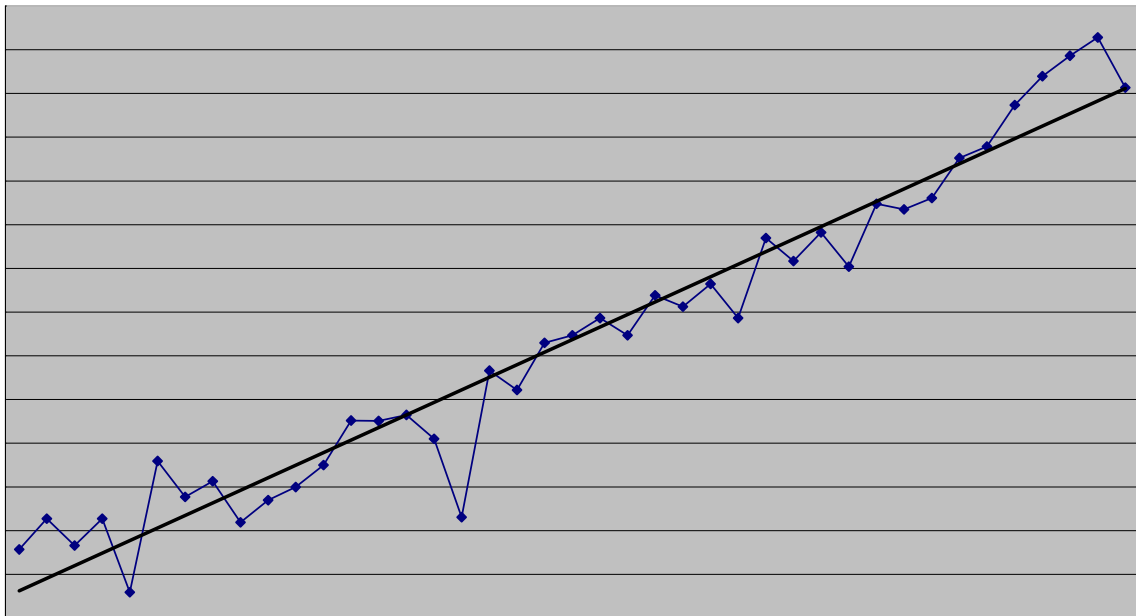


2000, incluídos os recursos de parcerias, que quase quadruplicaram entre 1960 e 2000, passando de R\$ 4,78 milhões para R\$ 15,63 milhões⁷ (figura 3).

No ajuste do modelo explicativo da produtividade total de fatores, iniciou-se o período de defasagem dos investimentos em pesquisa com um horizonte de 30 anos, reestimando-se os parâmetros até que o último ano da série aparecesse como não-significativo a 5% de probabilidade. Com esse procedimento, chegou-se à forma final do modelo, considerando-se possíveis efeitos dos investimentos em pesquisa até o vigésimo sétimo ano.

O modelo ajustado apresentou coeficiente de determinação de 0,96, bastante elevado, mesmo para equações com séries temporais. O valor da estatística Durbin-Watson (DW), não significativo a 10% de probabilidade, indica ausência de autocorrelação de resíduos de primeira ordem, e pode também indicar a inexistência de erros de especificação importantes (tabela 1).

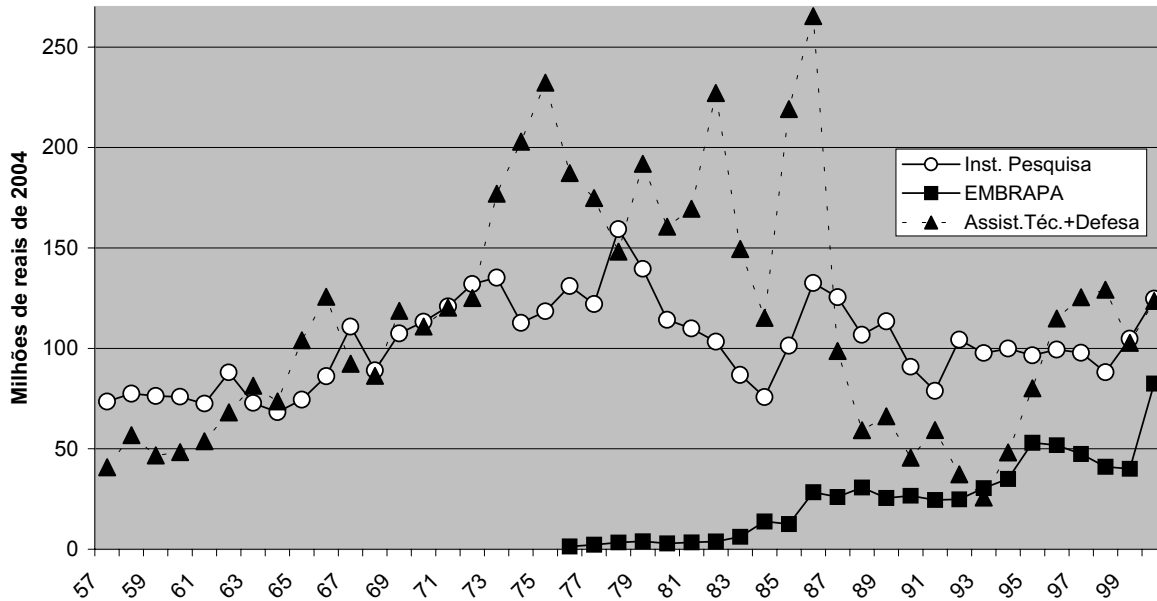
Os testes de raízes unitárias efetuados indicam que as variáveis explicativas e a variável dependente – medidas em logaritmos – são não-estacionárias em nível, visto que não se rejeita a hipótese de existência de raiz unitária em ao menos um dos testes, ao nível de 10% de probabilidade (tabela 2).



⁷ Esse esforço de captação de recursos de outras fontes continua crescendo, atingindo R\$ 23,74 milhões em 2003, 23,45% do total de recursos dos seis institutos de pesquisa coordenados pela APTA (GONÇALVES; JUNQUEIRA; BARROS F^o., 2004).



Fig. 3 - Investimentos em Pesquisa Agrícola e Extensão Rural, Estado de São Paulo, 1957-2000



Fonte: Silva (1984), Araújo et al. (2002), Gonçalves; Junqueira; Barros Fo. (2004).

Repetindo-se os testes para as primeiras diferenças, rejeitaram-se sempre as hipóteses H_0 , de existência de raízes unitárias, o que significa que as séries são estacionárias nas primeiras diferenças. Os resíduos do modelo (erros), por outro lado, são estacionários em nível, já que todos os testes rejeitam a hipótese de existência de raiz unitária (tabela 2). Dessa forma, é improvável que se trate de regressão espúria, devendo existir uma relação estável no longo prazo entre as variáveis dependente e independentes (PATTERSON, 2000).

Inicialmente, destaca-se entre os resultados do modelo, a suscetibilidade da agricultura moderna e altamente produtiva – e, portanto, mais exigente em água – às deficiências hídricas: o coeficiente estimado para essa variável foi significativo a 2%, e indica que aumentos de 1% nos níveis de *stress* hídrico levariam a quedas de quase 0,05% no índice de produtividade total de fatores. Isso significa que níveis de deficiência hídrica acumulada no período setembro a abril, próximos do máximo da série (174 mm), refletir-se-iam em quedas nos índices de produtividade da ordem de 11%⁸. Da mesma forma, em anos posteriores aos de ocorrência de geadas fortes e abrangentes, o índice de produtividade total de fatores partiria, em média, de patamares de queda de cerca de 6%.

Os coeficientes estimados para os efeitos dos investimentos em extensão rural foram não-significativos a 5%, exceto para o próprio ano em que foram feitos os investimentos, cujo parâmetro estimado apareceu como significativo a 1% de probabilidade (tabela 1). Como a série desses investimentos é certamente menos confiável do que a de investimentos em pesquisa, esse é um ponto a ser mais bem estudado, embora os resultados sejam consistentes com os obtidos por Silva (1984).

⁸ Isso representaria, no ano de 2000, um total de perdas de R\$ 2,8 bilhões, corrigindo-se pela média do IPCA para 2004.



Para a pesquisa, os coeficientes passaram a apresentar significância estatística (a 5% de probabilidade) a partir do 3º. ano subsequente aos investimentos, entendendo-se até o 26º. ano. Os maiores impactos ocorriam entre o 8º. e o 21º. anos, representando o período de maturidade desses investimentos, associados aos maiores níveis de adoção e realização plena do potencial das inovações (tabela 1).

O valor do produto marginal do estoque de pesquisa – utilizando-se somente os coeficientes significativos (do 3º. ao 26º. ano) e a soma dos investimentos em pesquisa durante os 27 anos correspondentes - foi calculado entre 13,1 e 18,7, com média igual a 15,3 para o período 1995 a 2000. Portanto, cada real investido nos Institutos de Pesquisa da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, e nos Centros da EMBRAPA, refletiu-se em elevação entre R\$ 13,1 e R\$ 18,7 no valor da produção da agropecuária paulista. Esses valores são bem menores do que os estimados por Silva (1984) para o período 1956 a 1980, que ficaram entre 59,6 e 101,7, dependendo do horizonte de defasagem utilizado. Entretanto, são substancialmente mais elevados do que os calculados por Araújo et al. (2002) que variaram de 10 a 12 para o período 1960 a 1999⁹.

Tabela 1: Resultados do Modelo de Regressão com Variáveis Explicativas da Produtividade, Estado de São Paulo, 1960 – 2000.

Variáveis	Coefficiente	t	Valor P
Intercepto	-2.1954	-5.59	<.0001
Deficiência Hídrica	-0.0464	-2.49	0.0186
Geda	-0.0803	-3.30	0.0026
Ext. Rural no ano: t	0.082386	2.85	0.0079
t-1	-0.011111	-0.57	0.5713
t-2	-0.031578	-1.54	0.1355
t-3	0.020983	0.72	0.4802
Pesquisa no ano: t	0.017127	0.79	0.4332
t-1	0.024304	1.30	0.2042
t-2	0.030973	1.92	0.0641
t-3	0.037134	2.71	0.0112
t-4	0.042786	3.70	0.0009
t-5	0.047930	4.95	<.0001
t-6	0.052566	6.49	<.0001
t-7	0.056693	8.22	<.0001
t-8	0.060312	9.91	<.0001
t-9	0.063422	11.11	<.0001
t-10	0.066024	11.57	<.0001
t-11	0.068118	11.41	<.0001
t-12	0.069703	10.92	<.0001
t-13	0.070780	10.32	<.0001
t-14	0.071348	9.72	<.0001

⁹ Como citado anteriormente, acredita-se que a série de investimentos nos Institutos de Pesquisa da APTA utilizados no presente estudo seja melhor do que a empregada por Araújo et al. (2002).



t-15	0.071408	9.15	<.0001
t-16	0.070960	8.61	<.0001
t-17	0.070003	8.09	<.0001
t-18	0.068538	7.56	<.0001
t-19	0.066565	7.01	<.0001
t-20	0.064083	6.41	<.0001
t-21	0.061093	5.77	<.0001
t-22	0.057594	5.09	<.0001
t-23	0.053587	4.39	0.0001
t-24	0.049072	3.70	0.0009
t-25	0.044048	3.02	0.0052
t-26	0.038516	2.39	0.0235
t-27	0.032475	1.82	0.0795
R ²	0.9598		
DW	1.9198		0.1504

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela 2. – Resultados dos Testes de Raízes Unitárias (¹)

Tipo	Variável									
	Def. Hídrica	Sig (²)	Pesquisa	Sig.	Ext. Rural	Sig.	Produtividade	Sig.	Erros (³)	Sig.
Em nível										
Lag	0		1		1		2		0	
τ_{μ} (⁴)	-5,49984	1	-1,02047	ns	-2,43806	ns	0,52888	ns	-5,69586	1
τ_{τ}	-5,64284	1	-3,56747	10	-2,50990	ns	-2,85327	ns	-5,61347	1
τ	-0,38879	ns	0,85961	ns	0,10830	ns	1,60900	ns	-5,77649	1
Primeiras Diferenças										
Lag	0		1		1		2			
τ_{μ}	-8,47719	1	-6,18337	1	-5,61191	1	-5,52796	1		
τ_{τ}	-8,47959	1	-6,19190	1	-5,55195	1	-5,44565	1		
τ	-8,60105	1	-6,10185	1	-5,66250	1	-4,15277	1		

(¹) Testes ADF (Dickey-Fuller aumentado) efetuados nos logaritmos das variáveis.

(²) Nível de significância: 1 = 1%; 10 = 10%; ns = não-significativo.

(³) Resíduos do modelo explicativo da produtividade total de fatores (tabela 1).

(⁴) τ_{μ} testa a existência de modelo somente com constante, τ_{τ} a de modelo com constante e com tendência, e τ a de modelo sem constante e sem tendência.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Essas diferenças de valores dos produtos marginais estão presentes também quando se compara estudos internacionais de autores consagrados, devido a variações nos períodos analisados ou nos dados utilizados. Evenson (1967) encontrou um valor de US\$ 40 por dólar adicional, enquanto Griliches (1975) obteve um valor de US\$ 13 para cada dólar investido no sistema de pesquisa agrícola norte-americano. Evenson e Jha (1973) estimaram um produto



marginal de Rs 8 a Rs 11 por rúpia adicional para os investimentos em pesquisa agrícola na Índia, enquanto Evenson; Pray; Rosegrant (1999) encontraram valores entre 5 e 6.

Embora essas estimativas possam apresentar algum grau de superestimação, os resultados sugerem retornos muito elevados para os investimentos públicos em pesquisa no Estado de São Paulo.

4. Conclusões e Considerações Finais

O modelo explicativo da produtividade total de fatores da agricultura do Estado de São Paulo foi considerado adequado de acordo com os indicadores de consistência econométrica escolhidos.

Foram encontrados impactos significativos dos investimentos efetuados nos Institutos de Pesquisa da Secretaria de Agricultura e Abastecimento e nos Centros da EMBRAPA, sobre os índices de produtividade, do 3º. ao 26º. anos subseqüentes aos investimentos.

O valor do produto marginal do estoque de pesquisa, em um horizonte de 27 anos, foi estimado entre 13,1 e 18,7, com média de 15,3 para o período 1995 a 2000.

Constatou-se também elevada sensibilidade da produtividade agrícola paulista às condições do tempo, representadas por deficiências hídricas do período setembro-abril e pela ocorrência de geadas fortes e abrangentes.

Os investimentos em extensão rural apareceram como capazes de afetar significativamente a produtividade somente no próprio ano em que foram realizados. Entretanto, aperfeiçoamentos na série de recursos destinados à assistência técnica e defesa agropecuária deverão esclarecer melhor o papel desses investimentos como determinantes da produtividade.

Os resultados referentes aos retornos dos investimentos em pesquisa comprovam, uma vez mais, que embora bastante elevados, materializam-se no longo prazo. É preciso que os formuladores de políticas públicas tenham conhecimento de que a produtividade agrícola atual, que leva a sucessivos recordes de produção e garante os superávits da balança comercial brasileira, resulta dos investimentos em pesquisa efetuados décadas atrás. A capacidade de geração de renda e emprego da pesquisa pública é enorme: descuidar desses investimentos é negar o que deu certo no passado e continua bem sucedido no presente, e comprometer o futuro da nação.

Em desenvolvimentos posteriores, seria interessante tentar separar os investimentos em pesquisa em algumas categorias, como despesas com pessoal, investimentos em capital físico e despesas correntes, além de mensurar os impactos de recursos de parcerias isoladamente. Naturalmente, o desafio de modelagem econométrica adequada é substancialmente maior para tais desdobramentos, tendo em vista a necessidade de séries mais longas devido ao elevado número de parâmetros a serem estimados.



Referências Bibliográficas

- ALVES, E.R.A. *A produtividade agrícola*. Brasília, s.c.p., 1979.
- ARAÚJO, P.F.C. et al. *O crescimento da agricultura paulista e as instituições de ensino, pesquisa e extensão numa perspectiva de longo prazo*. São Paulo: FAPESP, dez. 2002.
- ÁVILA, A.F.D.; EVENSON, R.E. Total factor productivity growth in the Brazilian agriculture and the role of agricultural research. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 33. Curitiba, PR, 31 de julho a 03 de agosto de 1995. *Anais*. Brasília: SOBER, 1995. p. 631-657.
- AYER, H. W.; SCHUH, G. E. Taxas de retorno social e outros aspectos da pesquisa agrícola com algodão em São Paulo, Brasil. *Agricultura em São Paulo*, v. 21, n.3, 1974.
- CHRISTENSEN, L.R. Concepts and measurement of agricultural productivity. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 57, n. 5, p. 910-915, dec. 1975.
- DIEWERT, W.E. Exact and superlative index numbers. *Journal of Econometrics*, v. 4, n. 2, p.115-145, may 1976.
- DIEWERT, W.E. Superlative index numbers and consistency in aggregation. *Econometrica*, v. 46, n. 4, p. 883-900, jul. 1978.
- EVENSON, R.E. The contribution of agricultural research to production. *Journal of Farm Economics*, v. 49, n. 5, p. 1415-1425, dec. 1967
- EVENSON, R.E.; JHA, D. The contribution of agricultural research system to agricultural production in India. *Indian Journal of Agricultural Economics*, v. 28, n. 4, p. 212-230, oct./dec. 1973
- EVENSON, R.E.; PRAY, C.E.; ROSEGRANT; M.W. *Agricultural research and productivity in India*. Washington: IFPRI, 1999.
- FISHER, I. *The making of index numbers*. Boston, Houghton Mifflin Co., 1922.
- FONSECA, M. A. S. *Retorno social aos investimentos em pesquisa na cultura do café*. Piracicaba: ESALQ/ USP, 1976.
- GONCALVES, J.S.; JUNQUEIRA, J.R.C.M.; BARROS FILHO, S. Conhecimento para o desenvolvimento - uma análise da evolução dos investimentos na pesquisa publica paulista para os agronegócios 1957-2003. *Informações Econômicas*, v. 34, n. 7, p. 57-90, jul. 2004.
- GONCALVES, J. S.; RESENDE, J. V.; SOUZA, S. A. M.; Pesquisa e produção de alimentos - o caso do arroz em São Paulo. *Agricultura em São Paulo*, v.36, n. 2, 1989.
- GREENE, W.H. *Econometric analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 1997. (3rd. ed.)
- GRILICHES, Z. Despesas em pesquisa e educação na função de produção agrícola agregada. In: ARAÚJO, P.F.C.; SCHUH, G.E. *Desenvolvimento da agricultura*. São Paulo: Pioneira, 1975. v.2
- HILL, R.C.; GRIFFITHS, W.E.; JUDGE, G.G. *Econometria*. São Paulo: Saraiva, 1999.
- JUDGE, G.G. et al. *Introduction to the theory and practice of econometrics*. New York: John Wiley & Sons, 1988. (2nd. ed.)
- MARGARIDO, M.; ANEFALOS, L.C. Testes de raiz unitária e o software SAS. *Agricultura em São Paulo*, v. 46, n. 2, p. 19-45, 1999.
- MORICCHI, L. *Pesquisa e assistência técnica na citricultura - custos e retornos sociais*. Piracicaba: ESALQ/USP, 1980.



- NADIRI, M.I. Some approaches to the theory and measurement of total factor productivity: a survey. *Journal of Economic Literature*, n.8, v. 4, p.1137-1177, oct. 1970.
- ORTOLANI, A.A. et al. *Parâmetros climáticos e a cafeicultura*. Rio de Janeiro: IBC, 1970.
- PATTERSON, K. *An introduction to applied econometrics: a time series approach*. New York: St. Martin's, 2000.
- SANTOS, Z.A.P.S.; CARVALHO, M.A.; SILVA, C.R.L. Algodão: pesquisa agrícola e produtividade no Estado de São Paulo. *Agricultura em São Paulo*, v. 38, n. 3, p. 85-100, 1991.
- SILVA, G.L.S.P. *Produtividade agrícola, pesquisa e extensão rural*. São Paulo: IPE/USP, 1984.
- SILVA, G.L.S.P.; CARMO, H.C.E. Como medir a produtividade agrícola: conceitos, métodos e aplicações no caso de São Paulo. *Agricultura em São Paulo*, v. 33, n.1/2, p. 139-170, 1986.
- SILVA, G.L.S.P.; VICENTE, J.R.; CASER, D.V. Mudança tecnológica e produtividade do milho e da soja no Brasil. *Revista Brasileira de Economia*, v. 47, n. 2, p. 281-303, abr./jun. 1993.
- TSUNECHIRO, A. Valor da produção agropecuária brasileira em 2002. *Informações Econômicas*, v. 34, n. 2, p. 36-51, fev. 2004.
- VERA Fº, F. & TOLLINI, H. Progresso tecnológico e desenvolvimento agrícola. In: VEIGA, A. (coord.) *Ensaio sobre Política Agrícola Brasileira*. São Paulo: Secretaria de Agricultura, 1979. p. 876-136.
- VICENTE, J.R. *Pesquisa, adoção de tecnologia e eficiência na produção agrícola*. São Paulo: APTA, 2002.
- VICENTE, J.R.; MARTINS, R. Produtividade, eficiência econômica e relações de troca da agricultura paulista, 1995-2002. *Informações Econômicas*, v. 34, n. 1, p. 66-75, jan. 2004.
- VICENTE, J.R.; ANEFALOS, L.C.; CASER, D.V. Produtividade agrícola no Brasil, 1970-95. *Agricultura em São Paulo*, v. 48, n. 2, p. 33-55, 2001.
- VICENTE, J. R. et al. Impactos da geração de tecnologia pela pesquisa paulista: o caso do feijão carioca. *Agricultura em São Paulo*, v. 47, n. 2, 2000.
- VICENTE, J.R. et al. *Balança comercial do agronegócio paulista em 2004*. São Paulo: IEA/APTA, jan. 2005. Disponível em: <www.iea.sp.gov.br>. Acesso em: 25 mai.2005.