

Retorno Econômico dos Investimentos em P&D na Citricultura Paulista

Margarida Garcia de **Figueiredo**¹, Alexandre Lahóz Mendonça de **Barros**² e
Junia Cristina Peres Rodrigues da **Conceição**³

Resumo: O presente estudo teve como principal objetivo medir o retorno econômico dos investimentos em P&D na citricultura paulista. O Brasil é o maior exportador mundial de suco de laranja, e o estado de São Paulo responde por 98% das exportações brasileiras de suco. A metodologia utilizada foi o cálculo da produtividade total dos fatores (PTF), através do Índice de Tornqüist, para posterior comparação com os gastos em pesquisa e desenvolvimento no setor. Verificou-se que, para cada R\$ 1,00 investido na pesquisa citrícola, obtém-se aumento de R\$ 13,67 no valor da produção de laranja no estado de São Paulo.

Palavras-chaves: Pesquisa e desenvolvimento, produtividade total dos fatores, retorno econômico, citricultura.

Abstract: *The objective of this study was to assess the economic return from R&D investments in the citrus sector in São Paulo state, Brazil. Brazil accounts for 80% of the total frozen concentrate orange juice (FCOJ) traded in the international market, and São Paulo state is responsible for 98% of Brazilian FCOJ exports. The Tornqüist Index Method was used to estimate the Total Factor Productivity (TFP) for the citrus industry, in order to compare the outcomes with and without citrus R&D investments. For every 1.00 Reinvested in citrus research, there is an increase of 13.00 Reais in the values of orange production in São Paulo state.*

Key-words: *Research and Development, total factor productivity, economic return, citrus sector.*

Classificação JEL: O31.

¹ Eng. Agrônoma, professora de Economia na Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT. E-mail: margaridagf@ufmt.br

² Eng. Agrônomo, professor de Economia Agrícola na Fundação Getúlio Vargas– FGV. E-mail: almb@mbagro.com.br

³ Economista, pesquisadora do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea. E-mail: junia@ipea.gov.br

1. Introdução

Uma forma usual de se medir o crescimento econômico de um país é através de seu produto per capita. Os modelos de crescimento econômico mostram que a única forma de aumentar o produto de uma economia no longo prazo, ou seja, de promover o seu crescimento sustentado, é por meio do progresso tecnológico. Porém, a manutenção de um fluxo crescente de inovações tecnológicas requer uma forte estrutura de pesquisa e desenvolvimento, o que implica em uma série de gastos por parte de ambos os setores, público e privado. Dessa forma, as instituições de pesquisa são crescentemente cobradas quanto aos resultados dos recursos nelas investidos, tornando interessante a realização de estudos que procurem avaliar os retornos dos investimentos na pesquisa e determinar quão proveitosos estes vêm se revelando para a sociedade.

Boa parte dos estudos que procuram medir os retornos aos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) nos diversos setores econômicos utiliza o crescimento da produtividade total dos fatores (PTF) como um importante indicativo, tornando interessante uma discussão mais profunda sobre os principais determinantes do crescimento da PTF.

Segundo Barros (1999), é difícil estudar o crescimento econômico sem fazer referências a Robert Solow, uma vez que seu modelo é o ponto de partida de toda a moderna teoria do crescimento. Em seu artigo clássico, salvas as devidas pressuposições, Solow (1957) mostra que a taxa de aumento do produto por trabalhador é função do progresso tecnológico e da taxa de aumento

do capital por trabalhador, ponderado pela participação do capital no produto total. Desta forma, as variáveis explicativas do aumento no produto per capita seriam: a acumulação de capital e o progresso tecnológico. A taxa de progresso tecnológico não é mensurável, podendo ser obtida através do resíduo, o qual é conhecido também por resíduo de Solow, e representa a produtividade total dos fatores, ou seja, os aumentos na produção que não são explicados pelo aumento no uso de insumos. Barros (1999) afirma que a variação na produtividade total seria, nessa visão, uma consequência do desenvolvimento e da difusão de novas tecnologias ao longo da cadeia produtiva, fazendo com que uma dada quantidade de insumo gere maior volume de produto.

Encontram-se na literatura diversos estudos procurando identificar os componentes que afetam os ganhos de produtividade; em outras palavras, os principais condicionantes do crescimento econômico, de acordo com Stern, (1991) seriam seis:

- i) acumulação de capital;
- ii) capital humano;
- iii) pesquisa, desenvolvimento e inovação;
- iv) capacidade administrativa e organizacional;
- v) infraestrutura; e
- vi) alocação do produto diretamente para os setores produtivos.

Ahearn et al. (1998), por sua vez, identificaram na literatura que (i) pesquisa e desenvolvimento; (ii) extensão; (iii) infraestrutura; (iv) educação e (v) programas de governo representam as principais fontes de crescimento da produtividade na agricultura e afirmaram que o entendimento destas fontes potenciais de crescimento da produtividade

é interessante em razão da importância econômica das ligações entre tal crescimento e o nível de vida da sociedade.

Dentre os diversos estudos que procuram explicar as tendências de crescimento na produtividade agrícola, os de Huffman e Evenson (1993), Alston, Craig e Pardey (1998) e Yee et al. (2002) focam-se na importância de investimentos público e privado em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e extensão pública. Huffman e Evenson (1993), ao utilizarem um banco de dados para 42 estados norte-americanos, no período de 1950 a 1982, encontraram impactos positivos das pesquisas, pública e privada, e da extensão sobre a produtividade da agricultura. Alston, Craig e Pardey (1998), ao construir a variável “estoque de pesquisa e extensão” para 48 estados norte-americanos, entre 1949 e 1991, utilizando os gastos públicos em pesquisa na agricultura de todas as estações experimentais agrícolas estaduais, também encontraram como principais resultados efeitos positivos no crescimento da produtividade agrícola. Utilizando dados para o período entre 1960 e 1993, Yee et al. (2002) explicaram o crescimento da produtividade agrícola norte-americana com pesquisa e desenvolvimento (P&D), transbordamento da P&D (entre estados), extensão, infraestrutura de transportes e variáveis climáticas. Quando seus resultados foram sobrepostos com estudos anteriores, verificaram que atendiam largamente às expectativas. Pesquisas públicas na agricultura e estradas tiveram impactos positivos na produtividade agrícola, e a taxa de retorno social da pesquisa pública na agricultura foi alta.

Gasques et al. (2004) desenvolveram estudo objetivando estimar a produtividade total dos fatores (PTF) na agricultura brasileira, entre 1975 e 2002, e analisar os principais condicionantes dos ganhos de produtividade. Para tanto, consideraram pesquisa e crédito rural como potenciais condicionantes do crescimento da agricultura. Calcularam a PTF através de índices de Tornquist, além de analisarem o efeito dos gastos com pesquisa e do crédito rural sobre a PTF, utilizando o modelo Autorregressão Vetorial (VAR). Encontraram uma taxa média anual de crescimento para a PTF de

3,3% ao ano, entre 1975 e 2002, maiores do que as encontradas pelo United States Department of Agriculture (USDA) para a agricultura norte-americana ao longo da década de 1990, de 1,57% ao ano. Com relação aos efeitos dos condicionantes sobre os ganhos de produtividade, encontraram que cada variação de 1% nos gastos em pesquisa tem impacto imediato da ordem de 0,17% na PTF e, no caso do crédito rural, o efeito é menor, de 0,06%.

A despeito dos diversos estudos medindo a taxa de retorno dos investimentos em pesquisa na agricultura de maneira agregada, existem poucos trabalhos referentes à estimativa da taxa interna de retorno à pesquisa em setores agrícolas específicos. Assim, Araújo et al. (2002), ao estimarem os retornos da pesquisa e extensão na produtividade da agricultura paulista, deixaram a atualização das estimativas de retorno à pesquisa para café, citros e algodão como sugestão para trabalhos futuros. Considerando a importância econômica da citricultura para o estado de São Paulo, optou-se por estimar as taxas de retorno à pesquisa na citricultura paulista, o que também se justifica pelo fato de o setor demandar grande quantidade de pesquisa, especialmente no que diz respeito aos aspectos fitossanitários.

Desde a década de 1980 o Brasil ocupa a posição de primeiro produtor mundial de laranja e de principal exportador de suco de laranja concentrado e congelado. Segundo estatísticas da Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO, 2007), o país representa atualmente 28% da oferta mundial de laranja e 80% do comércio de suco. De acordo com números do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC, 2007), em 2007 foram gerados US\$ 971 milhões em divisas ao país, decorrentes das exportações de suco de laranja concentrado. Neste cenário, destaca-se o estado de São Paulo, respondendo por 80% da produção nacional da fruta e por 98% das exportações de suco. Segundo estatísticas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), a área cultivada com laranja em São Paulo corresponde a 572 mil hectares, e a produção, a 14,4 milhões de toneladas, com valor da produção na ordem de US\$ 1,83 bilhão.

2. Metodologia

2.1. Estimativa da PTF da citricultura paulista

Para a estimativa da PTF da citricultura paulista, utilizou-se um banco de dados referente aos fatores de produção envolvidos na citricultura paulista, entre 1970 e 2004, conforme exposto na Tabela 1. Quanto à metodologia empregada para o cálculo da PTF, utilizou-se um índice geométrico, que corresponde a um método não paramétrico.

A partir do trabalho de Diewert (1976), diz-se que um índice é exato quando ele representa perfeitamente uma dada forma funcional. Segundo Dias (1998), os índices geométricos são exatos para a função de produção Cobb-Douglas. De acordo com Selvanathan e Rao (1994), o formato geral de um índice geométrico seria dado por:

$$\frac{PTF_t}{PTF_{t-1}} = \frac{\prod_{i=1}^n \left[\frac{Y_{it}}{Y_{it-1}} \right]^{w_i}}{\prod_{j=1}^p \left[\frac{X_{jt}}{X_{jt-1}} \right]^{m_j}} \quad [1]$$

Em que:

Y_{it} é a quantidade do i -ésimo produto; X_{jt} é a quantidade do j -ésimo insumo; w_i é a participação do produto i no valor do produto total; e m_j é a participação do insumo j no total dos insumos.

A principal diferença entre os diferentes tipos de índices geométricos é a forma de cálculo das ponderações (w_i e m_j). Admitindo-se na eq. (01) que:

$$w_i = \frac{(w_{it} + w_{it-1})}{2} \quad \text{e} \quad m_j = \frac{(m_{jt} + m_{jt-1})}{2} \quad [2]$$

chega-se ao índice conhecido pelo nome de Tornq̄uist. Esse índice, desde que foi recomendado por Christensen (1975), vem sendo amplamente utilizado em pesquisas de mensuração da PTF na agricultura. No Brasil, por exemplo, Gasques e Conceição (1997), Gasques e Conceição (2000), Gasques et al. (2004), Dias e Bacha (1998) e Arnade (1992) fizeram uso dessa formulação para cômputo da produtividade total dos fatores.

Uma vantagem de se usar um índice geométrico é que as ponderações são móveis ao longo do período. Essa característica faz com que o índice consiga captar as flutuações nos preços dos

produtos e dos fatores, o que é especialmente importante nos mercados agrícolas, nos quais o ajuste no curto prazo se dá através de fortes variações nos preços.

O Índice de Tornq̄uist guarda correlação direta com a equação fundamental do crescimento, do método da contabilidade. Substituindo a eq. (02) na eq. (01) e extraindo-se o logaritmo neperiano da mesma, chega-se a:

$$\ln\left(\frac{PTF_t}{PTF_{t-1}}\right) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (w_{it} + w_{it-1}) \ln\left[\frac{Y_{it}}{Y_{it-1}}\right] - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^p (m_{jt} + m_{jt-1}) \ln\left[\frac{X_{jt}}{X_{jt-1}}\right] \quad [3]$$

que é a formulação geral de Tornq̄uist utilizada para os cálculos deste estudo.

A Equação Fundamental do Crescimento⁴ (ou resíduo de Solow), do método da contabilidade do crescimento, na sua forma de tempo contínuo, é escrita da seguinte maneira:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y} - W_K \frac{\dot{K}}{K} - W_L \frac{\dot{L}}{L} \quad [4]$$

Em que:

$\frac{\dot{A}}{A}$ é a taxa de crescimento do progresso tecnológico entre dois períodos; $\frac{\dot{Y}}{Y}$ é a taxa de crescimento da produção entre dois períodos; $\frac{\dot{K}}{K}$ é a taxa de crescimento do uso de capital entre dois períodos; $\frac{\dot{L}}{L}$ é a taxa de crescimento do uso de trabalho entre dois períodos; W_K é a participação do capital na renda; e W_L é a participação do trabalho na renda.

Ao substituir-se W_K e W_L , respectivamente, por $\frac{1}{2}(W_{Kt} - W_{Kt-1})$ e $\frac{1}{2}(W_{Lt} - W_{Lt-1})$ e, notando que, em tempo discreto

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \ln Y_t - \ln Y_{t-1} \quad [5]$$

é possível reescrever a eq. (04) como

$$\ln\left[\frac{At}{A_{t-1}}\right] = \ln\left[\frac{Y_t}{Y_{t-1}}\right] - \frac{1}{2}(W_{Kt} + W_{Kt-1}) \ln\left[\frac{K_t}{K_{t-1}}\right] - \frac{1}{2}(W_{Lt} + W_{Lt-1}) \ln\left[\frac{L_t}{L_{t-1}}\right] \quad [6]$$

⁴ Consultar Solow (1956).

Nota-se que a eq. (06) guarda correlação direta com a eq. (03).

Após estimar-se a PTF na citricultura paulista ao longo do período considerado no estudo, o próximo passo foi estimar os gastos realizados com pesquisa no setor citrícola para, posteriormente, estimarem-se os retornos dos investimen-

tos em P&D, medidos através de uma regressão entre o crescimento anual da PTF e os gastos anuais com investimentos em pesquisa. O método empregado foi o mesmo utilizado por Evenson, Pray e Rosegrant (1999), aos estudarem os retornos dos investimentos na pesquisa e o crescimento da produtividade na Índia.

Tabela 1. Fatores de produção envolvidos na citricultura paulista, entre 1970 e 2004.

| Ano | Área* | Tratores** | Fertilizantes*** | Defensivos**** | Mão de obra***** |
|------|---------|------------|------------------|----------------|------------------|
| 1970 | 112.058 | 974 | 52.212 | 1.513 | 110 |
| 1971 | 231.000 | 1.995 | 58.905 | 1.513 | 96 |
| 1972 | 251.000 | 2.732 | 67.206 | 1.513 | 94 |
| 1973 | 328.789 | 3.519 | 81.664 | 1.849 | 90 |
| 1974 | 213.000 | 2.536 | 101.210 | 2.362 | 79 |
| 1975 | 272.440 | 3.671 | 101.478 | 3.089 | 68 |
| 1976 | 282.330 | 4.367 | 109.778 | 4.106 | 100 |
| 1977 | 286.405 | 4.707 | 106.766 | 5.121 | 128 |
| 1978 | 326.340 | 5.552 | 119.871 | 5.724 | 129 |
| 1979 | 331.176 | 5.910 | 138.253 | 7.394 | 132 |
| 1980 | 427.450 | 7.830 | 142.685 | 7.734 | 114 |
| 1981 | 431.058 | 8.089 | 142.230 | 8.075 | 176 |
| 1982 | 440.849 | 8.396 | 144.023 | 8.416 | 177 |
| 1983 | 472.250 | 9.059 | 149.175 | 8.757 | 177 |
| 1984 | 474.219 | 9.423 | 157.027 | 9.098 | 178 |
| 1985 | 503.656 | 10.397 | 175.071 | 9.438 | 178 |
| 1986 | 541.855 | 11.976 | 206.692 | 9.779 | 152 |
| 1987 | 562.948 | 12.828 | 225.005 | 10.120 | 158 |
| 1988 | 640.350 | 14.812 | 271.816 | 10.461 | 168 |
| 1989 | 698.580 | 16.383 | 311.841 | 10.802 | 164 |
| 1990 | 722.850 | 16.994 | 291.358 | 11.142 | 157 |
| 1991 | 789.329 | 18.413 | 232.768 | 11.483 | 142 |
| 1992 | 783.674 | 17.951 | 253.572 | 11.824 | 151 |
| 1993 | 584.627 | 13.220 | 219.561 | 12.101 | 137 |
| 1994 | 668.461 | 15.095 | 263.418 | 16.502 | 129 |
| 1995 | 620.770 | 13.472 | 253.407 | 17.562 | 96 |
| 1996 | 732.500 | 14.920 | 287.792 | 21.271 | 163 |
| 1997 | 736.770 | 14.029 | 303.648 | 18.379 | 151 |
| 1998 | 766.640 | 13.959 | 306.705 | 20.099 | 152 |
| 1999 | 776.690 | 13.648 | 303.927 | 18.214 | 151 |
| 2000 | 609.440 | 12.391 | 240.660 | 16.161 | 147 |
| 2001 | 581.487 | 11.299 | 240.052 | 18.067 | 123 |
| 2002 | 588.058 | 11.402 | 257.660 | 19.656 | 129 |
| 2003 | 585.993 | 11.453 | 289.614 | 19.441 | 109 |
| 2004 | 586.852 | 11.575 | 281.793 | 19.402 | 109 |

*Área cultivada com laranja em São Paulo (em hectares). **Estoque de tratores utilizados na citricultura paulista (em número de tratores). ***Consumo de fertilizantes na citricultura paulista (em toneladas). **** Consumo de defensivos para a citricultura paulista (em toneladas). *****Mão de obra empregada na citricultura paulista (em mil trabalhadores).

Fonte: IEA (2006)/Anfavea (2006)/Anda (2004)/Sindag (2006)/Figueiredo (2008).

2.2. Estimativa dos gastos com pesquisa na citricultura paulista

Os gastos públicos com pesquisa na agricultura paulista foram obtidos em estudo desenvolvido por Araújo et al. (2002), até 1999. Os valores até 2004 foram atualizados a partir dos dados divulgados em um artigo publicado por Gonçalves, Junqueira e Filho (2004), no qual os autores levantaram o investimento público em pesquisa agrícola por parte de todos os institutos da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (Apta), desde 1957 até 2003. Posteriormente, baseado nos relatórios plurianuais da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, os mesmos autores fizeram um levantamento do número de trabalhos realizados sobre a agricultura e especificamente sobre a laranja, ao longo do período considerado. Com isto, foi possível calcular a participação da laranja sobre a pesquisa na agricultura e, a partir destes coeficientes, estimou-se o gasto público com pesquisa na laranja em São Paulo.

2.3. Estimativa do retorno econômico dos investimentos em P&D na citricultura paulista

Em geral, os estudos agregados procuram associar a produtividade total dos fatores aos investimentos em pesquisa, ensino, extensão e à infraestrutura presente na economia. Evenson, Pray e Rosegrant (1999), em seu estudo referente à pesquisa e ao crescimento da produtividade na Índia, argumentam que, embora seja difícil identificar todos os fatores que explicam a PTF pelo fato de ela ser um resíduo, é possível estabelecer uma relação entre a mesma e os dispêndios em pesquisa, ensino, extensão e infraestrutura. Matematicamente, seria o mesmo que dizer que:

$$PTF = F(R, EXT, EDU, INFRA) \quad [7]$$

Em que:

PTF é a produtividade total dos fatores; *R* é odispêndio em pesquisa; *EXT* é odispêndio em extensão; *EDU* é odispêndio em educação; e *INFRA* é odispêndio em infraestrutura.

De acordo com os mesmos autores, os efeitos da pesquisa sobre os ganhos de produtividade só são sentidos após alguns anos do lançamento da inovação e, portanto, afirmam que qualquer nova tecnologia apresenta três fases distintas no que se refere aos efeitos sobre a função de produção, a saber: a primeira, na qual a inovação ainda não é suficientemente conhecida, testada e disseminada; a segunda, correspondente à fase de maturidade da tecnologia, quando a mesma passa a ser amplamente utilizada pelos agricultores, permitindo ganhos expressivos de produtividade; e a fase final caracteriza o processo de obsolescência da tecnologia. Em vista destas características, a construção do estoque de pesquisa deve incorporar essas três fases distintas e é desta forma que alguma estrutura de ponderação deve ser adotada para agregar os investimentos anuais em pesquisa.

O presente estudo testou quatro estruturas de ponderação para agregar os investimentos anuais realizados na pesquisa, considerando período de 15 anos de defasagem. Uma das estruturas testadas foi a mesma adotada por Araújo et al. (2002) ao estimarem os retornos da pesquisa na agricultura paulista entre as décadas de 1960 e 1990, tomando-se por base que nos três primeiros anos, após lançada a inovação, não haveria efeito algum sobre o nível de produtividade agregado. A partir do quarto ano, a ponderação adotada foi de 0,2 para esse ano, 0,4 para o quinto, 0,6 para o sexto, 0,8 para o sétimo e, a partir do oitavo ano, a ponderação teria 1 ponto por mais quatro anos, quando então haveria uma regressão na ponderação (na sequência inversa àquela adotada no primeiro período). Diversos estudos encontrados na literatura apontam que a pesquisa na agricultura é longa e apresenta certa arbitrariedade, tornando interessante tanto a utilização de pelo menos 15 anos para serem captados os efeitos da defasagem quanto o uso de mais de uma estrutura de ponderação.

O modelo foi estimado nos logaritmos, seguindo o mesmo procedimento adotado por Evenson, Pray e Rosegrant (1999), utilizando-se como variável independente os gastos anuais do estado com pesquisa no setor citrícola (já ponderados) e

como variável dependente a variação anual da PTF na citricultura paulista. A vantagem de se utilizar a forma logarítmica é que ela garante que os coeficientes estimados sejam as elasticidades da respectiva variável independente. O software utilizado para estimativa da regressão foi o SAS.

$$\ln(PTF) = \ln a + b_r \ln(R) \quad [8]$$

Em que:

a e b_r são os coeficientes estimados na regressão; e R é o gasto estadual em P&D no setor citrícola (já ponderados).

Tomando-se a derivada parcial do logaritmo da produtividade total dos fatores com relação à pesquisa, tem-se

$$\delta \ln(PTF) / \delta \ln(R) = b_r \quad [9]$$

Em que:

b_r é a elasticidade da PTF com relação ao estoque de pesquisa.

Para se obter o valor marginal de uma unidade monetária acumulada no estoque de pesquisa faz-se necessário multiplicar o coeficiente estimado b_r pelo valor do produto físico médio do estoque de pesquisa, ou seja,

$$VPM_g(R) = (\delta PTF / \delta R)(V/R) = b_r = (V/R) \quad [10]$$

Em que:

$VPM_g(R)$ é o valor do produto marginal do estoque de pesquisa e V é o valor da produção.

3. Resultados e discussão

A PTF é uma medida do crescimento da produção (entre diferentes períodos) não explicado pelo aumento no uso de insumos, ou seja, explicado apenas pela inovação tecnológica no setor. A PTF da citricultura paulista apresentou crescimento anual de 0,68% entre 1970 e 2004. Essa taxa é inferior àquelas encontradas para a agricultura paulista, por Araújo et al. (2002), entre 1960 e 1999; e por Gasques e Conceição (2000), entre 1970 e 1995; de 1,71% ao ano e 1,99% ao ano, respectivamente. Também é inferior às taxas encontradas por Barros (1999) e Bonelli et al. (1998)

para a agricultura brasileira, entre 1975 e 1995, de 1,3% ao ano e 0,87% ao ano, respectivamente.

O baixo crescimento anual da PTF da citricultura paulista possivelmente está associado à intensificação no uso de insumos que vem acontecendo na atividade ao longo das últimas décadas. Além da mecanização, notam-se expressivos aumentos no uso de fertilizantes e defensivos. Vale ressaltar que, juntamente com a expansão da área cultivada, desde a década de 1980 vem acontecendo um processo de adensamento no plantio de laranja no estado de São Paulo, aumentando o número de árvores por hectare e, consequentemente, o volume de produção por hectare. Isso tudo resulta num significativo aumento da produção, mas ao descontarem-se os aumentos no uso de insumos (inclusive o aumento na produtividade da terra), nota-se que os ganhos de produtividade explicados pelo progresso tecnológico não foram tão elevados.

O índice de variação da PTF (índice de Tornqüist) foi regredido em função do valor dos investimentos em pesquisa no setor, de modo a estimar-se o valor do produto marginal dos investimentos em pesquisa na citricultura, ou seja, para cada R\$ 1,00 investido na pesquisa citrícola, qual é o valor dos ganhos de produtividade e, consequentemente, do aumento no valor da produção, obtidos pelo estado de São Paulo.

Devido à defasagem dos efeitos da pesquisa sobre os ganhos de produtividade, foram testadas quatro diferentes estruturas de ponderação dos gastos, considerando-se um período de 15 anos. Pelo fato de os coeficientes encontrados para cada estrutura de ponderação não diferirem entre si, considerou-se apenas a estrutura de ponderação equivalente àquela adotada no estudo de Araújo et al. (2002).

A regressão foi estimada nos logaritmos, de modo que o parâmetro estimado b representa a elasticidade da PTF em relação aos gastos com pesquisa, ou seja, qual o aumento percentual da PTF quando os gastos com pesquisa aumentarem em 1%. O valor do parâmetro estimado foi $b = 0,3911$ (cujo valor $t = 2,1329$ indica que o mesmo seja estatisticamente significativo a 5%).

Tabela 2. Médias de aumento no valor da produção de laranja em função do aumento nos investimentos na pesquisa, observados em cada década.

| | Valor do produto marginal dos gastos com pesquisa, em R\$ 2004 (média das décadas) | Desvio Padrão |
|----------------|---|---------------|
| Década de 1970 | 9,84 | 3,27 |
| Década de 1980 | 16,60 | 3,07 |
| Década de 1990 | 12,75 | 2,08 |

Ao multiplicar-se o valor de b pelo valor do produto físico médio da pesquisa, obtém-se o valor do produto marginal dos gastos com pesquisa. Verificou-se que, para cada R\$ 1,00 gasto na pesquisa citrícola, o retorno médio ao longo do período, em termos de aumento no valor da produção, foi de R\$ 13,67, o que significa que os investimentos na pesquisa realmente vêm se revelando importantes para o setor e, conseqüentemente, para o estado como um todo. Esse retorno é semelhante àqueles encontrados por Araújo et al. (2002) para a pesquisa na agricultura paulista e por Griliches (1975) para a pesquisa na agricultura norte-americana, de valores entre R\$ 10 e R\$ 12, e US\$ 13, respectivamente. Evenson, Pray e Rosegrant (1999) encontraram valores entre US\$ 5 e US\$ 6 para a pesquisa agrícola na Índia, valores bem menores do que os aqui estimados. Vale ressaltar que estes autores contavam com dados acerca dos investimentos em pesquisa no setor privado, além de considerar os efeitos da irrigação, o que não foi possível incorporar no presente estudo.

Pelo fato de não terem sido exploradas todas as fontes de financiamento da pesquisa na citricultura paulista, é provável que a taxa de retorno de R\$ 13,67 seja, em parte, explicada por investimentos em pesquisa não contabilizados nos gastos aqui considerados. Mesmo assim, os resultados sugerem a grande importância econômica dos investimentos em pesquisa pública na citricultura em São Paulo, especialmente considerando que as perdas de produtividade da laranja, evitadas graças ao controle das doenças, não são captadas pela estimativa da PTF.

A Tabela 2 resume os ganhos médios em termos de aumento no valor da produção decorrentes dos investimentos em pesquisa, para cada

década separadamente. Verifica-se que, na década de 1980, os aumentos na produção associados à inovação tecnológica, ao invés do aumento no uso de insumos, foram maiores em relação aos outros subperíodos. Isto pode estar associado ao fato de que, nesse período, houve redução significativa do crédito agrícola por parte do tesouro, forçando a agricultura a tornar-se mais eficiente, ou seja, a aumentar a produtividade sem aumentar demasiadamente o uso de fatores de produção.

4. Conclusões

A taxa anual de crescimento da PTF estimada para citricultura paulista nos últimos 35 anos foi inferior quando comparada com as taxas de crescimento encontradas para a agricultura paulista por outros autores. O baixo crescimento da PTF da citricultura paulista possivelmente esteja associado à intensificação no uso de insumos que vem acontecendo na atividade ao longo das últimas décadas.

Com relação ao retorno dos investimentos em pesquisa no setor, encontrou-se uma taxa média de retorno de R\$ 13,67 para cada R\$ 1,00 investido na pesquisa, que é semelhante àquelas encontradas por outros autores. Pelo fato de não ter sido possível medir devidamente todos os investimentos em pesquisa na citricultura paulista, parte do retorno estimado possivelmente seja explicado por fontes de financiamento não contempladas no levantamento dos gastos e, portanto, o resultado pode eventualmente estar superestimado. Ainda assim, os resultados sugerem a importância de tais investimentos para o desenvolvimento do setor e, conseqüentemente, do estado de São Paulo.

Devido ao fato da tecnologia ser um bem público e o sistema de patente não funcionar de modo preciso, especialmente no caso da agricultura, em que existe certa dificuldade em se apropriar privadamente dos resultados da pesquisa, acaba havendo pouco interesse (especialmente por parte da iniciativa privada) em tais investimentos. O fato de os investimentos estarem abaixo do ótimo faz com que as taxas de retorno à pesquisa em setores agrícolas sejam maiores e, como o setor privado não apresenta tanto interesse neste tipo de investimento, as políticas públicas são muito importantes para o desenvolvimento do setor agrícola.

Embora a estimativa da PTF seja amplamente utilizada na literatura para medida dos retornos econômicos advindos dos investimentos em P&D, ela não capta as perdas de produtividade evitadas pela descoberta e pelo controle das doenças. Esta perda de produtividade evitada representa um importante benefício da pesquisa para a citricultura paulista, uma vez que a atividade vem sendo fortemente ameaçada por uma série de pragas e doenças desde o seu surgimento. Por este motivo, associado ao fato de boa parte dos investimentos em pesquisa na citricultura paulista destinarem-se aos aspectos fitossanitários, fica como sugestão para estudos futuros a estimativa dos danos econômicos evitados pela descoberta e pelo controle das principais doenças nos pomares do estado.

Finalmente, os resultados do estudo corroboraram a importância dos investimentos em P&D na citricultura paulista e a importância do setor público para tal finalidade, sugerindo que o aumento dos investimentos em pesquisa agrícola (e particularmente em pesquisa citrícola) seria importante política pública a ser adotada para promover o crescimento econômico do país.

5. Referências bibliográficas

AHEARN, M.; YEE, J.; BALL, E. e NEHRING, R. Agricultural productivity in the United States. Washington: USDA, *Economic Research Service - ERS*, p. 167, 1998. (Agricultural Information Bulletin, 740 DC 20036-5831).

ALSTON, J. L.; CRAIG, B. J. e PARDEY, P. G. *Dynamics in the creation and depreciation of knowledge, and the returns to research*. Washington: IFPRI, p. 51. (Discussion Paper, 35). 1998.

ARAÚJO, P. F. C.; SCHUH, G. E.; BARROS, A. L. M. B.; SHIROTA, R. e NICOLELLA, A. C. *O crescimento da agricultura paulista e as instituições de ensino, pesquisa e extensão numa perspectiva de longo prazo*. São Paulo: FAPESP, p. 172, 2002.

ARNADE, C. A. Productivity and technical change in Brazilian agriculture. Washington: USDA, *Economic Research Service - ERS*, p. 182, 1992. (Technical Bulletin, 1811).

BARROS, A. L. M. *Capital, produtividade e crescimento da agricultura: o Brasil de 1970 a 1995*. 1999. p. 220. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

BONELLI, R. e FONSECA, R. *Ganhos de produtividade e de eficiência: novos resultados para a economia brasileira*. Brasília: IPEA, p. 433, 1998. (Texto para discussão, 557).

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretaria de Comércio Exterior. *ALLCEWEB: banco de dados estatísticos das exportações e importações brasileiras*. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2007.

CHRISTENSEN, L. R. Concepts and measurements of agricultural productivity. *American Journal of Agricultural Economics*, Milwaukee, v. 57, n. 5, p. 910-915, nov.1975.

DIAS, R. S. Mudança técnica e viés de produção na agropecuária brasileira: 1970-1985. p. 128, 1998. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1998.

DIAS, R. S. e BACHA, C. J. C. Produtividade e progresso tecnológico na agricultura brasileira: 1970-1985. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 36., 1998, Poços de Caldas. *Anais ...* Brasília: SOBER, 1998. p. 211-221.

DI EWERT, W. E. Exact and superlative index numbers. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, v. 4, n. 2, p. 115-145, 1976.

EVENSON, R. E.; PRAY, C. E. e ROSEGRANT, M. W. *Agricultural research and productivity in India*. Washington: IFPRI, p. 213, 1999. (Research Report, 109).

FAO. The Statistics Division. *FAOSTAT: core production data*. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>> . Acesso em: 12 nov. 2007.

- FIGUEIREDO, M. G. *Retorno econômico dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) na citricultura paulista*. p. 153, 2008. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. P. R. e CONCEIÇÃO J. C. P. R. *Condicionantes da produtividade da agropecuária brasileira*. Brasília: IPEA, p. 33, 2004. (Texto para discussão, 1017).
- GASQUES, J. G. e CONCEIÇÃO, J. C. P. R. *Crescimento e produtividade da agricultura brasileira*. Brasília: IPEA, p. 28, 1997. (Texto para discussão, 502).
- GASQUES, J. G. e CONCEIÇÃO, J. C. P. R. *Transformações estruturais da agricultura e produtividade total dos fatores*. Brasília: IPEA, p. 62, 2000. (Texto para discussão, 768).
- GONÇALVES, J. S.; JUNQUEIRA, J. R. C. M. e BARROS FILHO, S. Conhecimento para o desenvolvimento: uma análise da evolução dos investimentos na pesquisa pública paulista para os agronegócios 1957-2003. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 34, n. 7, p. 57-90, jul. 2004.
- GRILICHES, Z. Despesas em pesquisa e educação na função de produção agrícola agregada. In: ARAÚJO, P. F. C. e SCHUH, G. E. (Ed.). *Desenvolvimento da agricultura*. São Paulo: Pioneira, cap. 2, p. 101-116, 1975.
- HUFFMAN, W. E. e EVENSON, R. E. *Science for agriculture*. Ames: Iowa State University Press, p. 314, 1993.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. SIDRA: produção agrícola municipal. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 2 dez. 2007.
- SELVANATHAN, E. A. e RAO, D. S. P. *Index numbers: a stochastic approach*. London: McMillan, p. 241, 1994.
- SOLOW, R. Technical change and the aggregate production function. *Review of Economics and Statistics*, Massachusetts, v. 39, n. 3, p. 312-320, aug.1957.
- STERN, N. The determinants of growth. *The Economic Journal*, Cambridge, v. 101, n. 404, p. 122-133, jan.1991.
- YEE, J.; HUFFMAN, W. E.; AHEARN, M. e NEWTON, D. Sources of agricultural productivity growth at the state level, 1960-1993. In: BALL, V. E. e NORTON, G. W. (Ed.). *Agricultural productivity: measurement and sources of growth*. Norwell: Kluwer, 2002. p. 184-212.