

Vieira Filho, José Eustáquio Ribeiro

Working Paper

Produtividade total dos fatores e capacidade de absorção tecnológica na agropecuária paulista

Texto para Discussão, No. 2871

Provided in Cooperation with:

Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

Suggested Citation: Vieira Filho, José Eustáquio Ribeiro (2023) : Produtividade total dos fatores e capacidade de absorção tecnológica na agropecuária paulista, Texto para Discussão, No. 2871, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, <https://doi.org/10.38116/td2871-port>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/284993>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5/br/>

TEXTO PARA DISCUSSÃO

2871

**PRODUTIVIDADE TOTAL DOS
FATORES E CAPACIDADE DE
ABSORÇÃO TECNOLÓGICA NA
AGROPECUÁRIA PAULISTA**

JOSÉ EUSTÁQUIO RIBEIRO VIEIRA FILHO

ipea

**PRODUTIVIDADE TOTAL DOS
FATORES E CAPACIDADE DE
ABSORÇÃO TECNOLÓGICA NA
AGROPECUÁRIA PAULISTA¹**

JOSÉ EUSTÁQUIO RIBEIRO VIEIRA FILHO²

1. O autor agradece o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) na disponibilização dos dados e recursos necessários para a elaboração deste estudo, no âmbito do Projeto de Avaliação da Produtividade Total dos Fatores em São Paulo (Processo nº 2021/15091-8).

2. Coordenador de estudos de política agropecuária (Coepa) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea); e professor do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa (PPGEA/UFV). *E-mail*: <jose.vieira@ipea.gov.br>.

Governo Federal

Ministério do Planejamento e Orçamento

Ministra Simone Nassar Tebet

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidenta

LUCIANA MENDES SANTOS SERVO

Diretor de Desenvolvimento Institucional

FERNANDO GAIGER SILVEIRA

**Diretora de Estudos e Políticas do Estado,
das Instituições e da Democracia**

LUSENI MARIA CORDEIRO DE AQUINO

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

CLÁUDIO ROBERTO AMITRANO

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,
Urbanas e Ambientais**

ARISTIDES MONTEIRO NETO

**Diretora de Estudos e Políticas Setoriais,
de Inovação, Regulação e Infraestrutura**

FERNANDA DE NEGRI

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

CARLOS HENRIQUE LEITE CORSEUIL

Diretor de Estudos Internacionais

FÁBIO VÉRAS SOARES

Chefe de Gabinete

ALEXANDRE DOS SANTOS CUNHA

Coordenador-Geral de Imprensa e Comunicação Social

ANTONIO LASSANCE

OUVIDORIA: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2023

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais. I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos). Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: C01; O3; O4.

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2871-port>

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 METODOLOGIA	7
2.1 Produtividade Total dos Fatores (PTF)	7
2.2 Abordagem econométrica: séries temporais	9
2.3 Base de dados	11
3 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	15
3.1 Indicadores de capacidade de absorção tecnológica	15
3.2 Mensuração da produtividade no estado de São Paulo.....	18
3.3 Resposta da PTF frente a choques no fomento, na pesquisa, na capacitação e na extensão rural no estado de São Paulo	24
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS.....	39

SINOPSE

A mudança tecnológica é um fator determinante para o crescimento econômico. Desde a década de 1970, o Brasil se tornou um exemplo na promoção da pesquisa agropecuária. O resultado foi o crescimento da Produtividade Total dos Fatores (PTF). Qual seria o impacto das políticas públicas no crescimento da produtividade? Este estudo buscou decompor alguns fatores que influenciaram a PTF, principalmente no estado de São Paulo. De modo geral, os principais achados mostraram que capacitação, pesquisa, extensão e promoção, juntos, geraram a PTF. Na função impulso-resposta, houve impacto positivo na produtividade nas principais variáveis de ciência e tecnologia (C&T). Deve-se concluir que os gastos com C&T foram importantes para aumentar a produtividade.

Palavras-chave: produtividade; ciência e tecnologia; crescimento; agricultura.

ABSTRACT

Technological change is a determining factor in economic growth. Since the 1970s, Brazil has become an example in promoting agricultural research. The result was total factor productivity (TFP) growth. What would be the impact of public policies on productivity growth? The present study sought to break down some factors that influenced TFP, particularly in the state of São Paulo. Overall, the main findings showed that training, research, extension, and promotion, together, caused TFP. In the impulse-response function, there was a positive impact on productivity in the main science and technology (S&T) variables. It should be concluded that spending on S&T was important to increase productivity.

Keywords: productivity; science and technology; growth; agriculture.

1 INTRODUÇÃO

A tomada de decisão, seja no setor público, seja no setor privado, exige o detalhamento da realidade produtiva da economia por meio da avaliação de estatísticas confiáveis, que possam dimensionar os desafios e os problemas econômicos do objeto de estudo. A informação estatística econômica, quando bem tratada, busca contribuir com a formulação e a avaliação das políticas públicas, permitindo o aprofundamento das análises de oferta e demanda na atividade produtiva.

A mudança tecnológica é um fator determinante para garantir o crescimento econômico (Nelson e Winter, 1982; Dosi, 1984). Desde os anos 1970, o Brasil se tornou um exemplo no fomento da ciência e da tecnologia aplicadas ao setor agropecuário nacional (Vieira Filho, Campos e Ferreira, 2005; Vieira Filho e Silveira, 2016; Fishlow e Vieira Filho, 2020). O país tem conseguido ampliar a oferta produtiva, contribuindo assim para o abastecimento dos mercados interno e externo. No Brasil, o setor agropecuário representa mais da metade das exportações nacionais, um quarto do produto interno bruto e um quinto da geração de empregos na economia. Não há dúvidas de que esse setor é muito importante para o Brasil.

Nos últimos cinquenta anos, a produção agropecuária nacional cresceu de forma exponencial, estimulando as exportações e a abertura de novos mercados. Além de gerar divisas para o desenvolvimento econômico, propicia também a criação de empregos. Em termos regionais, o estado de São Paulo se destacou na produção agropecuária, sendo um dos estados mais relevantes. Nos últimos anos, as exportações paulistas do agronegócio representaram, aproximadamente, 17% do total nacional. Mesmo com as importações do agronegócio no estado representando cerca de 32% do total importado pelo Brasil, observou-se um superávit estadual superior a US\$ 13 bilhões no período recente.

Foram estudados 21 produtos no estado de São Paulo. Os produtos mais importantes foram: cana, soja, café, laranja, carne bovina e carne de frango. De 1974 a 2020, a participação desses produtos saltou de 62% para 82% do valor bruto da produção total do estado. Nas produções de cana e laranja, em 2020, São Paulo figurou como o principal produtor brasileiro. Em relação ao uso da terra, a área agrícola aumentou, enquanto as pastagens reduziram. A área das atividades agrícolas e das pastagens reduziu de 16,6 milhões para 15,2 milhões de hectares. A redução do uso da terra para a agropecuária foi seguida de um aumento dos rendimentos em toneladas por hectares. O rendimento do milho cresceu 2,2%, o da soja, 1,7% e o da laranja, 1,6%. Na pecuária, a taxa de lotação (cabeça por hectare) subiu de 0,9 para 1,7, enquanto a média nacional ficou em torno de 1,1, em 2020.

O objetivo deste estudo é traçar um diagnóstico do setor agropecuário do estado de São Paulo, aprofundando as análises de produtividade e de impacto da pesquisa na dinâmica produtiva. Particularmente, busca verificar como as questões de ciência e tecnologia, fundamentalmente na relação das políticas de financiamento da pesquisa, interferem na dinâmica competitiva e produtiva (Thirtle, Piesse e Schimmelpfennig, 2008; Alene, 2010; Gasques *et al.*, 2012; Collier e Dercon, 2014; Fuglie, 2018; Rada e Fuglie, 2019). Pretende-se atualizar e revisar o estudo de Araújo *et al.* (2018).¹

Este relatório é um dos produtos do estudo de avaliação de impacto da pesquisa na produtividade agrícola de São Paulo, desenvolvido no âmbito do projeto Pesquisa e Inovação: indicadores, métodos e evidências de impactos (processo Fapesp nº 21/15091-8). Para tanto, são apresentadas quatro seções, além desta breve introdução. A segunda seção apresenta a metodologia adotada: i) mensuração da produtividade; e ii) modelagem econométrica de impacto C&T na produtividade. A terceira seção analisa e discute os resultados, traçando o diagnóstico setorial e a evolução da produtividade, de um lado, e as análises de impacto da pesquisa na dinâmica produtiva, de outro lado. Por fim, apresentam-se as considerações finais.

2 METODOLOGIA

2.1 Produtividade Total dos Fatores (PTF)

Busca-se estimar a PTF para o estado de São Paulo no setor agropecuário.² Entende-se que o desempenho da produtividade pode ser estimado pelo quociente entre o crescimento do valor da quantidade produzida (Y) e o do custo total produtivo (X), ou seja, é uma medida que procura mostrar o valor produzido para cada unidade monetária investida na produção ao longo do tempo. Enquanto o produto é o somatório de todos os bens produzidos, o custo é o somatório da quantidade de cada insumo (ou fator) utilizado no processo produtivo. Assim, a PTF é dada por:

$$PTF = \frac{Y}{X} \quad (1)$$

1. Este estudo mensurou a Produtividade Total dos Fatores (PTF) na agricultura paulista e avaliou os investimentos públicos em capital humano. Os principais resultados fizeram parte do projeto de pesquisa que visava a estimar a contribuição da Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) no desenvolvimento da agricultura do estado de São Paulo.

2. No Brasil, os estudos de produtividade total dos fatores são baseados em Gasques *et al.* (2012) e Gasques *et al.* (2020).

Com o intuito de avaliar o comportamento da produção e dos fatores produtivos, pretende-se utilizar o índice translog (Tornqvist),³ que é um indicador da média geométrica ponderada de crescimento da variável em questão, usando médias aritméticas do valor de cada item da variável para dois períodos como peso. Esse indicador mostrará o crescimento da variável estudada. Ao comparar o índice de produção com o de insumos, será possível estudar o comportamento da produtividade.

Para calcular o índice translog, os dados utilizados devem conter informações de quantidades e preços em dois períodos de tempo, $(t-1)$ e (t) . Para o índice de produto, os n bens produzidos serão indexados por i . Sendo p_i o preço do bem i e q_i a quantidade produzida do bem i , o índice de quantidade produzida será calculado pela fórmula 2:

$$\frac{Y_t}{Y_{t-1}} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{q_{i,t}}{q_{i,t-1}} \right)^{\frac{1}{2} \left[\frac{p_{i,t-1}q_{i,t-1}}{\sum_{i=1}^n (p_{i,t-1}q_{i,t-1})} + \frac{p_{i,t}q_{i,t}}{\sum_{i=1}^n (p_{i,t}q_{i,t})} \right]} \quad (2)$$

Para o índice de insumos, os m fatores produtivos utilizados serão indexados por j . Nesse caso, o índice leva em consideração que o aumento da utilização de um insumo na produção diminui a participação dos demais fatores produtivos no custo total. Sendo p_j o preço do insumo j e q_j a quantidade utilizada do insumo j , o índice de quantidade utilizada de insumos será dado pela equação 3:

$$\frac{X_t}{X_{t-1}} = \prod_{j=1}^m \left(\frac{q_{j,t}}{q_{j,t-1}} \right)^{\frac{1}{2} \left[\frac{p_{j,t-1}q_{j,t-1}}{\sum_{j=1}^m (p_{j,t-1}q_{j,t-1})} + \frac{p_{j,t}q_{j,t}}{\sum_{j=1}^m (p_{j,t}q_{j,t})} \right]} \quad (3)$$

Dividindo-se o índice de produto pelo de insumos, tem-se:

$$\frac{(Y_t/Y_{t-1})}{(X_t/X_{t-1})} = \frac{Y_t}{Y_{t-1}} \cdot \frac{X_{t-1}}{X_t} = \frac{Y_t}{X_t} \cdot \frac{X_{t-1}}{Y_{t-1}} = \frac{PTF_t}{PTF_{t-1}} \quad (4)$$

3. A função de produção transcendental logarítmica (translog) é uma aproximação da função de produção Cobb-Douglas, quando a elasticidade de substituição dos fatores produtivos tende para uma constante unitária. Esta função é muito utilizada na economia devido à natureza linear de seus parâmetros. O seu uso possibilita estimar a elasticidade de cada fator, a elasticidade cruzada dos fatores produtivos, assim como a exatidão de cada fator no seu termo quadrático. A sua forma pode ser generalizada para uma função de n fatores produtivos. Na prática, o aumento de preço de um insumo pode estimular o consumo de outro mais barato, alterando a combinação existente de insumos e economizando os recursos escassos, raciocínio que vai na direção de Hayami e Ruttan (1985). Mais detalhes disponíveis em Diewert (1978).

TEXTO para DISCUSSÃO

Supondo que $S_i = \frac{p_i q_i}{\sum_{i=1}^n (p_i q_i)}$ mostre a participação do valor produzido do bem i no valor total dos n bens produzidos e que $C_j = \frac{p_j q_j}{\sum_{j=1}^m (p_j q_j)}$ represente a participação do custo do insumo j no conjunto de fatores produtivos utilizados m , ao aplicar o logaritmo, a variação da PTF entre o período t e $t-1$ é dada por:

$$\ln\left(\frac{PTF_t}{PTF_{t-1}}\right) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (S_{i,t} + S_{i,t-1}) \ln\left(\frac{Y_{i,t}}{Y_{i,t-1}}\right) - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m (C_{j,t} + C_{j,t-1}) \ln\left(\frac{X_{j,t}}{X_{j,t-1}}\right) \quad (5)$$

Definindo-se o ano-base como 100, para encontrar o valor da PTF no período t em diante, basta calcular a exponencial para cada ano, ou seja, $PTF_t = e^{\ln(PTF_t/PTF_{t-1})} \cdot PTF_{t-1}$.

2.2 Abordagem econométrica: séries temporais

Busca-se estimar o modelo vetorial autorregressivo (VAR), no intuito de analisar as possíveis relações das séries temporais selecionadas, bem como o comportamento da PTF. O modelo VAR é um sistema de equações simultâneas que capturam a existência de relações de interdependência entre variáveis. Com tal modelagem, é possível avaliar o impacto de choques estocásticos sobre determinada variável do sistema.

O modelo VAR é uma extensão do modelo autorregressivo (AR), só que para mais de uma série em análise. De forma representativa, o VAR é um modelo no qual K variáveis são especificadas como funções lineares de p de suas próprias defasagens, p defasagens das outras $K-1$ variáveis, e possivelmente variáveis exógenas adicionais. Algebricamente, um modelo VAR de ordem p , que pode ser escrito como VAR(p), com variáveis exógenas x_t , é dado por:

$$y_t = v + A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + B_0 x_t + B_1 x_{t-1} + \dots + B_s x_{t-s} + u_t \quad t \in \{-\infty, \infty\} \quad (6)$$

Em que $y_t = (y_{1t}, \dots, y_{Kt})'$ é um vetor $K \times 1$; A_1 a A_p são matrizes de parâmetros $K \times K$; x_t é um vetor $M \times 1$ de variáveis exógenas; B_0 a B_s são matrizes de coeficientes $K \times M$; v é um vetor de parâmetros $K \times 1$; e u_t é assumido como sendo o ruído branco, ou termo de erro estocástico que tem média igual a zero ($E(u_t) = 0$), variância constante ($E(u_t u_t') = \Sigma$) e covariância nula ($E(u_t u_s') = 0$) para $t \neq s$.

Há $K^2 \times p + K \times (M(S+1) + 1)$ parâmetros na equação para y_t , e há $\{K \times (K+1)\}/2$ parâmetros na matriz de covariância Σ . Uma forma de reduzir o número de parâmetros é especificar um VAR incompleto, em que algumas matrizes A ou B são definidas como zero. Outra opção é especificar restrições lineares em alguns dos coeficientes do VAR.

Os parâmetros representam relações dinâmicas entre as variáveis. Todas as variáveis são endógenas e explicadas de forma dinâmica. O choque ocorre no erro e tem efeito contemporâneo sobre a variável. Em um modelo estacionário, os choques se dissipam após alguns períodos. Busca-se estimar também as funções impulso-resposta, que mostram a resposta a choques nas variáveis através de erros aleatórios. Procura-se medir o efeito dos choques no período t sobre os períodos futuros.

Com algumas hipóteses técnicas, é possível derivar outra representação do VAR. Sendo estável o VAR, y_t pode ser escrito como:

$$y_t = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} D_i x_{t-i} + \sum_{i=0}^{\infty} \Phi_i u_{t-i} \quad (7)$$

Em que μ é a média invariante $K \times 1$ do processo no tempo, e D_i e Φ_i são $K \times M$ e $K \times K$, matrizes dos parâmetros, respectivamente. A equação 7 mostra que o processo pelo qual as variáveis em y_t flutuam em torno de suas médias invariantes no tempo é completamente determinado pelos parâmetros em D_i e Φ_i , assim como pela história passada (infinita) das variáveis exógenas x_t e pelos choques independentes e identicamente distribuídos (i.i.d) nos erros. Essa é a representação vetorial de média móvel do VAR, no qual D_i representa as funções de multiplicador dinâmico, ou funções de transferência. Os coeficientes de média móvel Φ_i são conhecidos como as funções de impulso-resposta no horizonte i .

A distribuição conjunta de y_t , é determinada pelas distribuições de x_t e u_t , bem como pelos parâmetros v , A_i e B_i . A estimação dos parâmetros do VAR requer que as variáveis y_t e x_t sejam estacionárias, o que significa que seus dois primeiros momentos existem e são invariantes no tempo. Se não houver estacionariedade em nível, as variáveis serão diferenciadas até que se tornem estacionárias.

Além disso, para verificar a estacionariedade das séries, empregaram-se os testes de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) e o de Phillips e Perron (Dickey e Fuller, 1979; Phillips e Perron, 1988). No primeiro teste, o resultado da estatística t é comparado com os valores reportados por Dickey-Fuller para determinar se a hipótese nula é aceita ou rejeitada. Ela será rejeitada se o valor calculado da estatística t for maior do que o valor crítico de Dickey-Fuller, indicando que a série é estacionária; caso contrário, a série será não estacionária. O teste ADF é muito sensível à presença de valores discrepantes (*outliers*). Nesse sentido, utilizou-se o teste de Phillips e Perron, que considera a presença de quebra estrutural nas variáveis.

Com o objetivo de ordenar as variáveis de acordo com o grau de endogeneidade, recorreu-se ao teste de causalidade de Granger (Granger, 1969). É importante avaliar, então, a precedência temporal das variáveis. Se uma variável X ajuda a prever Y , então, diz-se que X causa Y .

Deve-se observar que a direção da causalidade é afetada pela inclusão adicional dos termos defasados e os erros das duas equações não devem ser correlacionados, isto é, as variáveis com maior poder de causalidade devem ser inseridas no início da sequência, e as variáveis com menor poder de causalidade, no final.

Por fim, utilizou-se a decomposição da variância dos erros de previsão, que consiste na separação da variância dos erros de previsão para cada variável em componentes que podem ser atribuídos por ela própria e pelas demais variáveis endógenas, apresentando, em termos percentuais, o resultado que um choque não antecipado sobre determinada variável tem sobre ela própria e sobre as demais variáveis pertencentes ao modelo.

2.3 Base de dados

2.3.1 Produção e insumos

Os dados avaliados nesta pesquisa foram obtidos de diversas fontes para o período de 1974 a 2020. O quadro 1 apresenta de forma resumida o conjunto dessas informações. Foram 21 produtos estudados, sendo doze de lavouras temporárias (algodão, amendoim, arroz, batata-inglesa, cana, cebola, feijão, mamona, mandioca, milho, soja e tomate), três de lavouras permanentes (banana, café e laranja) e seis produtos de origem animal (leite, ovos, casulos de seda, bem como carnes bovina, suína e de frango). As estatísticas foram oriundas da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) e da Pesquisa Trimestral de Abate de Animais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e complementadas com informações de preço de abate da Fundação Getúlio Vargas (FGV), da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) e do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

QUADRO 1

Variáveis de produção e insumo

Variável	Descrição	Unidade	Fonte	Período
Produto	Quantidade produzida	Toneladas	IBGE	1974 a 2020
	Valor bruto da produção	Valor monetário	IBGE	1974 a 2020
Terra	Área colhida	Hectares	IBGE	1974 a 2020
	Área de pastagem	Hectares	IEA	1974 a 2020
	Arrendamento	Valor monetário anual por unidade de terra	IEA	1974 a 2020
	Aluguel de pastagens	Valor monetário anual por cabeça	IEA	1974 a 2020

(Continua)

(Continuação)

Variável	Descrição	Unidade	Fonte	Período
Trabalho	Vínculos ativos (empregos) na agropecuária	Número de empregados por ano	Rais	1985 a 2020
	Remuneração do administrador	Valor monetário anual	IEA	1974 a 2020
Capital	Estoque de máquinas agrícolas (tratores de rodas, cultivadores motorizados e colheitadeiras de grãos e de cana)	Número de máquinas	Anfavea	1974 a 2020
	5% do faturamento líquido médio por máquina agrícola vendida	Valor monetário anual	Anfavea	1974 a 2020
Fertilizantes	Quantidade de NPK ¹ consumida	Toneladas	Anda	1974 a 2020
	Preço dos nutrientes NPK	Valor monetário por tonelada	IEA	1974 a 2020
Defensivos	Quantidade consumida por tipo de defensivo	Toneladas	Faostat	2000 a 2017
	Preço por tipo de defensivo	Valor monetário por tonelada	IEA	2000 a 2017

Elaboração do autor.

Nota: ¹ A sigla NPK representa um composto de fertilizantes que inclui nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

Obs.: IEA – Instituto de Economia Agrícola; Rais – Relação Anual de Informações Sociais; Anfavea – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores; Anda – Agência Nacional para Difusão de Adubos; Faostat – Food Agriculture Data.

Os insumos estudados foram divididos em cinco grupos: terra, trabalho, capital, fertilizantes e defensivos. Os dados de área colhida foram extraídos da PAM/IBGE, enquanto os dados de pastagens foram informados pelo IEA. Os valores monetários do arrendamento e do aluguel de pastagens foram obtidos junto ao IEA. Quanto ao trabalho, o número de empregados no âmbito dos vínculos formais do setor agropecuário foi extraído da Rais, enquanto o valor monetário dos salários foi informado pelo IEA. Para o emprego formal, foi preciso realizar projeções econométricas para complementar a série histórica de 1974 a 1984.

No que se refere ao capital, trabalhou-se com o estoque de máquinas agrícolas (tratores, cultivadores e colheitadeiras) informado pela Anfavea. Deve-se ressaltar que a Anfavea informa as vendas nacionais, importações e exportações. Para obter o estoque de máquinas anual, foi preciso mensurar o consumo aparente de cada ano, primeiramente, e retirar a taxa de depreciação das máquinas (em torno de 21 anos) do número encontrado⁴. O aluguel das máquinas foi estimado em uma taxa de 5% do faturamento líquido médio por unidade vendida, segundo valores informados pela Anfavea.

Quanto à quantidade consumida de fertilizantes, os dados de consumo de sulfato de amônia ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), superfosfato simples (P_2O_5) e cloreto de potássio (K_2O) foram informados pela Anda. Os preços dos nutrientes foram obtidos junto ao IEA. Ressalta-se que a série estatística utilizada

4. Mais detalhes desta estimativa estão disponíveis em Barros (1999).

englobou basicamente o consumo total de NPK, enquanto o preço foi uma média ponderada pela quantidade consumida anual de cada nutriente, definindo, assim, uma série de preço por tonelada de NPK. Quanto aos dados de uso de defensivos, os valores de quantidade foram retirados da Faostat e de preços do IEA. Infelizmente, a série de defensivos era muito curta (de 2000 a 2016) e, para isso, foi preciso realizar projeções econométricas para o restante do período.

Por fim, deve-se destacar que todas as séries de preços foram deflacionadas para o ano de 2020, exceto o valor bruto da produção em que os dados utilizados foram a preços correntes. O procedimento de correção dos preços dos insumos foi necessário para uniformizar os dados encontrados. Contudo, não há impedimento em mensurar a PTF pelo índice translog, já que o indicador trabalha apenas com os percentuais monetários de cada ano. Deve-se apenas atentar para que os valores de cada ano estejam na mesma base.

2.3.2 Gastos em capacidade de absorção tecnológica

Para fins de avaliação dos gastos em capacidade de absorção tecnológica, pretende-se estudar, mesmo que de forma inicial, o comportamento das séries de tempo dos gastos em fomento, pesquisa, capacitação e extensão rural e associá-lo à trajetória da produtividade. O nexos teórico de causalidade segue a ideia de que investimentos em capacidade de absorção tecnológica influenciam nos ganhos de produtividade e, conseqüentemente, no aumento da renda dos produtores (Evenson e Kislev, 1973; Cohen e Levinthal, 1989).

O quadro 2 descreve as variáveis analisadas, em termos de fomento, pesquisa, capacitação e extensão rural, que buscam dimensionar a capacidade de absorção tecnológica estadual de São Paulo. Procurou-se contabilizar gastos relacionados ao fomento de atividades nas áreas de ciências agrárias, de pesquisa agrícola, de capacitação de recursos humanos voltados para a economia rural, bem como na área de assistência técnica e produtiva do setor agropecuário.

QUADRO 2**Gastos em fomento, pesquisa, capacitação e extensão rural**

Variável	Descrição	Unidade	Fonte	Período
Fomento	Investimento estadual da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) em bolsas concedidas de mestrado, doutorado e pós-doutorado à área de Ciências Agrárias	R\$	Capes	1995 a 2014
	Investimento estadual do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) nos programas de Ciências Agrárias	R\$	CNPQ	2001 a 2020
	Valores concedidos aos projetos voltados para a agricultura e o agronegócio da Fapesp nas seguintes áreas de classificação: auxílios, bolsas regulares, inovação tecnológica e programas especiais	R\$	Fapesp	1976 a 2020
Pesquisa	Orçamento estadual da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que incorpora as unidades Embrapa Pecuária Sudeste (1976 a 2020), Embrapa Meio Ambiente (1983 a 2020), Embrapa Instrumentação Agropecuária (1985 a 2020), Embrapa Agricultura Digital (1987 a 2020), Embrapa Monitoramento por Satélite (1989 a 2020) e Embrapa Gestão Territorial (2011 a 2017)	R\$	Embrapa	1976 a 2020
	Valores de execução orçamentária do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), do Instituto de Zootecnia (IZ), do Instituto Biológico (IB), do IEA, do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) e do Instituto de Pesca (IP) vinculados à Agência Paulista de Tecnologias dos Agronegócios (Apta) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do estado de São Paulo	R\$	Apta	1974 a 2020
Capacitação	Orçamento destinado às unidades (escolas e faculdades) da Universidade de São Paulo (USP) que engloba a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), a Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) e o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Cena)	R\$	USP	1974 a 2020
	Orçamento destinado às unidades (escolas e faculdades) da Universidade Estadual Paulista (Unesp), que engloba a Faculdade de Engenharia Ilha Solteira (Feis), a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), a Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA), a FMVZ, a Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT) e a Faculdade de Medicina Veterinária (FMVA)	R\$	Unesp	1976 a 2020
	Orçamento destinado à Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)	R\$	Unicamp	1986 a 2020
	Centro Paula Souza (CPS)	R\$	CPS	2000 a 2020
Extensão	Orçamento da Coordenação de Assistência Técnica Integral (Cati)	R\$	Cati	1974 a 2020

Elaboração do autor.

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Indicadores de capacidade de absorção tecnológica

Esta seção pretende avaliar qualitativamente as informações mais recentes, comparando estatísticas dos dois últimos levantamentos censitários, de 2006 e 2017.⁵ Busca-se comparar informações do estado de São Paulo com as do Brasil como um todo. A tabela 1 organiza a quantidade de estabelecimentos produtivos subdividida por indicadores em grupos temáticos, que representam o capital, o processo produtivo, as características do produtor e o acesso à informação. Essas estatísticas descrevem o ambiente institucional da produção agropecuária em termos de capacidade de absorção tecnológica. De um modo amplo, o comparativo entre os anos de 2006 e 2017 mostrou uma tendência de redução do número de estabelecimentos agropecuários, no Brasil e também no estado de São Paulo. Contudo, verificou-se que a queda no número de estabelecimentos agropecuários foi mais intensa em São Paulo (-1,7%) do que no Brasil (-0,2%).

Em relação aos indicadores de capital, há uma melhora de todos eles no Brasil. Embora tenha ocorrido uma diminuição no número de estabelecimentos agropecuários no estado de São Paulo com o uso de energia elétrica, saindo de 185.874 para 166.090, a participação no total de estabelecimentos da região aumentou, de 81,7% para 88,1%. A área irrigada (em milhões de hectares) tem um crescimento de 3,7% no Brasil, enquanto no estado de São Paulo o crescimento foi de 3,3%. No que se refere ao número de estabelecimentos agropecuários com o uso de tratores, pelo fato de São Paulo já ser uma região bastante mecanizada, a taxa de crescimento foi menor no período analisado. Além disso, ao comparar Brasil e São Paulo, nota-se que o percentual de estabelecimentos com tratores era maior no estado do que no país nos dois anos. Em 2017, por exemplo, 44,9% dos estabelecimentos agropecuários paulistas faziam o uso de tratores, enquanto que no Brasil esse percentual era de apenas 14,5%.

5. Uma avaliação dos últimos levantamentos censitários no setor agropecuário brasileiro está disponível em Vieira Filho e Gasques (2020).

TABELA 1
Indicadores que podem acelerar ou retardar as inovações no Brasil e no estado de São Paulo (2006 e 2017)

Indicadores por grupo temático 2006 (número de estabelecimentos)	Brasil				São Paulo				
	2017 (número de estabelecimentos)	%	2006 (número de estabelecimentos)	Taxa de crescimento anual (%)	2017 (número de estabelecimentos)	%	2006 (número de estabelecimentos)	Taxa de crescimento anual (%)	
Energia elétrica	3.595.667	69,5	4.217.362	83,1	185.874	81,7	166.090	88,1	-1,0
Área irrigada (milhões de hectares)	4,5	-	6,7	3,7	0,786	-	1,1	-	3,3
Tratores	530.346	10,2	734.280	14,5	80.016	35,2	84.616	44,9	0,5
Recebeu orientação técnica	1.145.049	22,1	1.025.443	20,2	101.463	44,6	77.211	40,9	-2,5
Utilizou sistema de preparo no solo	2.212.428	42,7	2.752.277	54,2	98.578	43,3	93.640	49,6	-0,5
Fez adubação	1.695.250	32,8	2.144.693	42,3	115.977	51,0	112.579	59,7	-0,3
Área em plantio direto (milhões de hectares)	17,9	-	33,1	5,7	0,472	-	1,0	-	7,1
Plantio direto	506.667	9,8	553.382	10,9	7.471	3,3	13.376	7,1	5,4
Rotação de culturas	641.083	12,4	946.607	18,7	21.064	9,3	40.808	21,6	6,2
Proteção de encostas	296.926	5,7	204.246	4,0	19.125	8,4	15.484	8,2	-1,9
Recuperação de mata ciliar	-	-	122.507	2,4	-	-	13.172	7,0	-
Idade até 35 anos	872.310	16,9	569.425	11,2	20.738	9,1	11.365	6,0	-5,3
Não sabe ler e escrever	1.268.098	24,5	1.164.710	23,0	7.351	3,2	5.690	3,0	-2,3
Proprietário da terra	3.946.411	76,2	4.108.639	81,0	193.111	84,8	146.627	77,7	-2,5
Televisão	2.378.608	46,0	2.665.873	52,5	-	-	105.451	55,9	-
Rádio	3.623.346	70,0	1.580.691	31,2	-	-	38.685	20,5	-
Internet	75.407	1,5	615.094	12,1	-	-	58.166	30,8	-
Amostra	5.175.636	100,0	5.073.324	100,0	227.622	100,0	188.620	100,0	-1,7

Fonte: IBGE.
Elaboração do autor.

TEXTO para DISCUSSÃO

Quanto aos indicadores de processo produtivo, de modo geral, São Paulo se destaca no comparativo nacional. Em relação ao recebimento de orientação técnica na produção, embora haja uma diminuição do percentual de estabelecimentos entre os dois anos, o percentual do estado de São Paulo é quase o dobro do brasileiro, o que sinaliza a melhor capacidade do produtor paulista na compreensão do uso de novas práticas produtivas e de incorporação de tecnologias e insumos modernos na produção agropecuária. Nota-se que há um aumento da participação percentual de estabelecimentos no uso do sistema de preparo do solo, na adoção de adubos, na rotação de culturas e na prática de plantio direto. No que se refere ao plantio direto, há inclusive aumento da área em hectares plantados, com crescimento anual da área de 5,7% no Brasil e 7,1% em São Paulo. Quanto à proteção de encostas e à recuperação de matas ciliares, o percentual de estabelecimentos que adotam as práticas conservacionistas é maior no estado que no Brasil.

No que tange às características dos produtores, o número de estabelecimentos com dirigentes mais jovens é menor em São Paulo que no Brasil, o que pode indicar que, no estado, os responsáveis diretos da produção são mais experientes. Em relação à alfabetização dos produtores, os indicadores paulistas são bastante superiores às estatísticas nacionais. Ademais, há no Brasil e em São Paulo, no ano de 2017, percentual elevado de produtores que são proprietários de terra, sendo de 81% no Brasil e de 77,7% no estado. Por fim, no que diz respeito ao acesso à informação, há um aumento da participação da televisão e da internet em termos nacionais. Tem-se uma queda da importância do rádio no acesso informacional. Quanto às estatísticas paulistas, no ano de 2017, o percentual de estabelecimentos é superior ao nacional em acesso a televisão e internet.

No intuito de detalhar um pouco mais o recebimento de orientação técnica na produção, a tabela 2 apresenta os percentuais de recebimento e não recebimento por diferentes estratos de áreas em São Paulo e no Brasil. Os dados mostram dois padrões: i) quanto maior é o tamanho do estabelecimento, maior é o percentual de recebimento de orientação técnica; e ii) o estado de São Paulo, no geral, tende a obter percentuais mais elevados de recebimento de orientação técnica do que o comparativo nacional. Cerca de 76% dos estabelecimentos agropecuários no estado de São Paulo encontram-se na faixa de área de até cinquenta hectares. No contexto brasileiro, os estabelecimentos agropecuários de até cinquenta hectares representam, aproximadamente, 83% dos estabelecimentos totais. Enquanto que, no estrato de 0 a 10 hectares de área, no estado de São Paulo, 26,4% dos estabelecimentos receberam orientação técnica; o percentual, no caso brasileiro, foi de 12,6%. Nos estabelecimentos com mais de quinhentos hectares de área, 85% receberam orientação técnica no estado de São Paulo, e 54,3% receberam no Brasil.

TABELA 2

Orientação técnica recebida por estabelecimentos agropecuários¹ e por grupo de área total (2017)

Regiões	Estratos de área (em hectares)	Recebe (%)	Não recebe (%)	Total de estabelecimentos agropecuários (em 1 mil)	Participação no total – Brasil (%)
São Paulo	[0,10)	26,4	73,6	70,5	1,4
	[10,50)	42,7	57,3	77,2	1,5
	[50,100)	53,1	46,9	16,4	0,3
	[100,500)	66,7	33,3	18,9	0,4
	[500,...)	85,0	15,0	4,8	0,1
	Total		41,0	59,0	187,9
Brasil	[0,10)	12,6	87,4	2.543,7	50,9
	[10,50)	26,6	73,4	1.586,5	31,8
	[50,100)	25,9	74,1	394,2	7,9
	[100,500)	33,0	67,0	365,8	7,3
	[500,...)	54,3	45,7	106,1	2,1
	Total		20,5	79,5	4.996,3

Fonte: IBGE (2017).

Nota: ¹ Estabelecimentos com área declarada.

A orientação técnica recebida funciona como um bom indicador de capacidade de absorção de novos conhecimentos e de tecnologias mais modernas. Conforme Braga, Vieira Filho e Freitas (2019), o impacto da extensão rural (pública e privada) na renda dos produtores foi de 19%, sendo os maiores beneficiários aqueles com maior nível de escolaridade, acesso ao crédito e indicativos de entorno mais favoráveis.

3.2 Mensuração da produtividade no estado de São Paulo

O desempenho produtivo do setor agropecuário em São Paulo é muito relevante no contexto nacional. Pela tabela 3, ao analisar os dados da pesquisa, de 1974 a 2020, um período de 47 anos, verifica-se a importância da agricultura e da pecuária na produção regional. Dos 21 produtos estudados, tiveram foco os mais relevantes para o estado de São Paulo (cana, milho, soja, café, laranja, carnes bovina e de frango), em termos de valor bruto da produção e da quantidade produzida. Em 1974, São Paulo era líder na produção nacional nas culturas de cana e de laranja, assim como na produção de carne bovina. O estado ocupava também, no mesmo ano, a segunda colocação no *ranking* produtivo nas culturas de milho e de café, além da produção de carne de frango. Em 2020, o estado perdeu parte da sua relevância produtiva no contexto nacional, mas

TEXTO para DISCUSSÃO

continuou a ocupar a primeira colocação nas culturas de cana e de laranja. No cultivo de cana, o estado aumentou a sua participação na produção nacional no período analisado, passando de 41,3% para 57%. No cultivo de laranja, embora com uma desaceleração do crescimento produtivo, a participação estadual se elevou de 65% para 77,5%. A produção aumentou em quantidade entre os anos analisados.

TABELA 3

Desempenho produtivo do estado de São Paulo e do Brasil para produtos selecionados (1974-2020)

Variáveis	Anos	Cana	Milho	Soja	Café	Laranja	Carne bovina	Carne de frango
São Paulo (mil toneladas)	1974	39.472	2.628	522	1.160	3.658	270	66
	2020	431.526	4.504	3.890	345	12.955	866	1.585
Brasil (mil toneladas)	1974	95.624	16.273	7.877	3.231	5.623	1.791	373
	2020	757.117	103.964	121.798	3.700	16.708	7.825	13.787
Participação de São Paulo no Brasil (%)	1974	41,3	16,1	6,6	35,9	65,0	15,1	17,8
	2020	57,0	4,3	3,2	9,3	77,5	11,1	11,5
Rendimento de São Paulo (toneladas por hectare)	1974	54,8	2,0	1,6	1,8	17,2	-	-
	2020	78,3	5,6	3,4	1,7	35,7	-	-
	Crescimento 74-20 (%)	0,8	2,2	1,7	-0,1	1,6	-	-
Ranking dos estados	1974	1 ^o	2 ^o	3 ^o	2 ^o	1 ^o	1 ^o	2 ^o
	2020	1 ^o	6 ^o	7 ^o	3 ^o	1 ^o	3 ^o	4 ^o

Fonte: IBGE.

Elaboração do autor.

No que se refere à participação produtiva no contexto nacional, os demais produtos (milho, soja, café, carnes bovina e de frango) diminuíram a sua representação. Em termos produtivos, o café foi o cultivo mais impactado, sofrendo uma queda da produção em quantidade, assim como uma expressiva diminuição na participação nacional, saindo de 35,9%, em 1974, para apenas 9,3%, em 2020. A produção de grãos e de carnes, mesmo aumentando em quantidade, perderam posições no contexto nacional. Em termos de rendimento (produção por hectare), destacou-se o cultivo de milho e de soja. É importante retratar que, ao longo dos últimos cinquenta anos, o Brasil se transformou em termos produtivos. Nesse sentido, outras regiões foram incorporadas à produção, notadamente com a ocupação do Cerrado, via investimento em pesquisa e tecnologia (Garcia e Vieira Filho, 2021). Por esse motivo, o comportamento do estado de São Paulo não evoluiu de forma a manter a liderança produtiva no setor agropecuário. São Paulo é também o maior centro financeiro e industrial do país, aumentando a concorrência setorial.

TABELA 4

Participação no valor bruto total da produção dos 21 produtos estudados no estado de São Paulo

(Em %)

Ano	Cana	Milho	Soja	Café	Laranja	Carne bovina	Carne de frango	Σ	Demais produtos
1974	10,4	8,4	3,6	17,8	7,5	11,8	2,5	62,1	37,9
1980	19,5	5,7	3,7	13,6	8,5	10,7	3,2	64,8	35,2
1990	31,2	5,2	2,1	5,5	13,9	10,2	4,3	72,5	27,5
2000	33,1	6,5	3,4	3,5	6,3	13,5	9,1	75,2	24,8
2010	42,3	3,7	2,5	3,0	12,2	12,6	8,2	84,5	15,5
2020	35,8	4,8	7,5	3,2	8,7	13,5	8,9	82,3	17,7
Δ%	242,6	-43,3	107,9	-82,1	16,0	14,5	260,1	32,6	-53,4

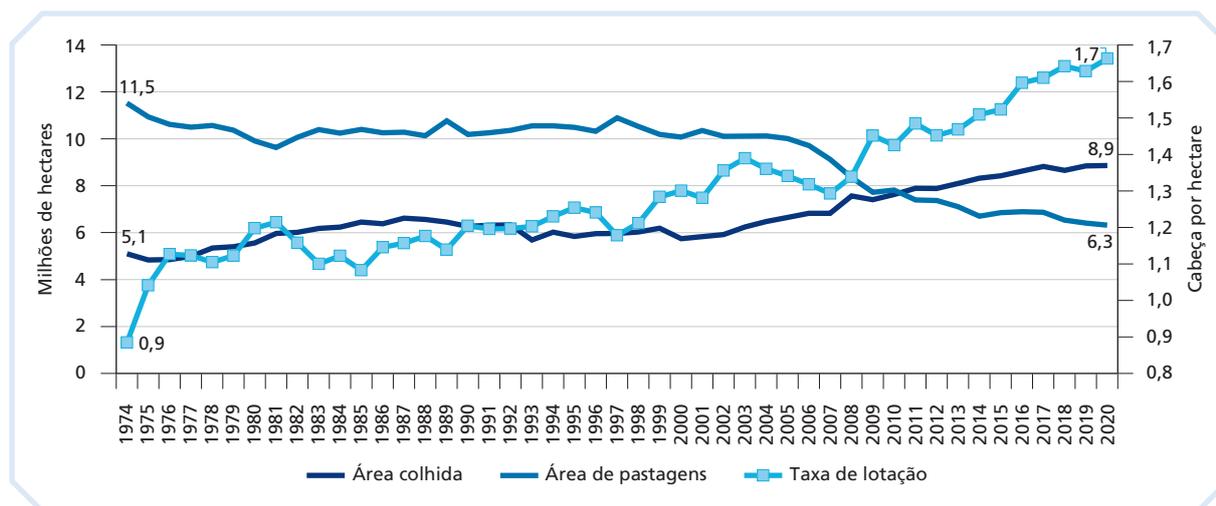
Elaboração do autor.

A tabela 4 apresenta a participação do valor bruto da produção dos produtos em destaque em relação ao grupo de produtos estudados. Os sete produtos representavam, em 1974, cerca de 62,1% do valor bruto total. Em 2020, a concentração desses produtos aumentou para algo em torno de 82,3%, o que representou uma variação percentual no período de 32,6%. Carne de frango, cana, soja, laranja e carne bovina ampliaram, nessa ordem, a sua participação no valor bruto total pesquisado. Não obstante, café e milho diminuíram a sua participação no valor bruto total.

Ao investigar o conjunto de fatores produtivos da agropecuária paulista, o gráfico 1 apresenta o uso da terra no estado. De um lado, há uma redução da área de pastagens. De outro, observa-se um aumento da área colhida com uso agrícola. De 1974 a 2020, a área colhida expandiu a uma taxa anual de crescimento de 1,2%. Em relação à área de pastagens, tem-se um decréscimo anual de 1,3% no mesmo período. Porém, ao dividir todo o período em dois momentos, de 1974 a 1990, a taxa de decréscimo da área de pastagens ficou em torno de 0,8%, enquanto que, de 1990 a 2020, o indicador acentuou a queda para 1,6%. Ao longo do período analisado, a taxa de lotação saiu de 0,9 para 1,7 cabeças por hectare, sinalizando forte intensificação da pecuária bovina no estado de São Paulo. Para um comparativo, a taxa de lotação média do Brasil está em torno de 1,1 cabeças por hectare. A tendência de aumentar a área destinada para plantio e, simultaneamente, de substituir por área de pastagens também foi observada no contexto nacional; porém, no âmbito regional, devido à capacidade de incorporar novas tecnologias e processos produtivos, essa dinâmica estadual foi mais intensa.

GRÁFICO 1

Área colhida e área de pastagens no estado de São Paulo (1974-2020)
(Em milhões de hectares)



Elaboração do autor.

No que tange ao contexto do estoque de capital, os tratores agrícolas se apresentam como uma boa referência de indicador setorial. Segundo os dados censitários de vários anos (tabela 5), a mecanização vem se elevando no Brasil e no estado de São Paulo. Contudo, as taxas de crescimento do Brasil foram muito mais elevadas que em São Paulo, nos dois períodos analisados (de 1970 a 1985 e de 1985 a 2017). No passado, São Paulo se mostrava como a principal região mecanizada do país, participando com quase a metade (40,5%) da frota nacional de tratores. No período mais recente, essa participação caiu, chegando a 14,3% do total de tratores agrícolas existentes no Brasil. Entre 1970 e 1985, houve um crescimento anual da frota de São Paulo de 5,9%. Entretanto, de 1985 a 2017, a taxa se reduziu drasticamente, ficando em torno de 0,3%. Os números censitários são indicativos do comportamento da frota estimada de máquinas agrícolas, como se observará em seguida.

TABELA 5**Tratores agrícolas no Brasil e no estado de São Paulo (1970-2017)**

Região		Brasil	São Paulo	Participação estadual (%)
Ano	1970	165.870	67.213	40,5
	1975	323.113	101.359	31,4
	1980	545.205	138.739	25,4
	1985	665.280	159.625	24,0
	1995	803.742	170.573	21,2
	2006	820.718	145.346	17,7
	2017	1.229.907	175.459	14,3
Taxa de crescimento (%)	70-85	9,7	5,9	-3,4
	85-17	1,9	0,3	-1,6

Fonte: IBGE.

Elaboração do autor.

A tabela 6 apresenta a evolução do trabalho formal, das máquinas agrícolas, do consumo de fertilizantes e do uso de defensivos na produção agropecuária do estado de São Paulo. Nota-se que, ao avaliar o crescimento dessas variáveis em dois períodos distintos (1974 a 1990 e 1990 a 2020), o número de trabalhadores, o consumo de fertilizantes e o uso de defensivos apresentaram crescimento no segundo período. Apenas as máquinas agrícolas diminuíram nesse intervalo de tempo mais recente, seguindo a tendência de queda da participação de tratores nas informações censitárias já apresentadas. Cabe ressaltar que as séries históricas de trabalho (1985-2020) e de defensivos (2000-2017) foram estimadas e projetadas para todo o período estudado (1974-2020) por modelos de previsão econométrica. Por esse motivo, e por se tratar de longos períodos, é preciso avaliar esse comportamento com parcimônia.

TABELA 6**Evolução de insumos produtivos no estado de São Paulo (1974-2020)**

Insumo produtivo		Trabalho (em 1 mil)	Máquinas (em 1 mil)	Fertilizantes (em 1 mil toneladas)	Defensivos (em 1 mil toneladas)
Ano	1974	170,6	63,7	472,1	92,4
	1980	150,1	110,6	610,0	80,5
	1990	129,7	118,5	936,7	49,7
	2000	312,9	89,5	1194,2	129,3
	2010	331,4	72,3	1389,7	311,6
	2020	313,3	79,1	1942,8	337,2
Taxa de Crescimento (%)	74-90	-1,7	3,9	4,4	-3,8
	90-20	3,0	-1,3	2,5	6,6

Elaboração do autor.

TEXTO para DISCUSSÃO

A tabela 7 mostra a participação percentual de cada insumo no custo total. Pelo observado, terra e trabalho são os fatores produtivos mais caros. No que se refere ao fator terra, a participação da área colhida vem aumentando a sua representatividade em detrimento da queda da parcela de custo relacionada às pastagens. Em relação ao fator trabalho, há um ligeiro aumento da participação de custo. Enquanto o fertilizante se manteve com praticamente a mesma participação nos custos (algo em torno de 10,1% no período), capital e defensivos aumentaram a sua relevância no custo total ao longo do tempo. Em 1974, capital representava menos de 1% do custo total e defensivos apenas 3%. Em 2020, capital já representava 8,8%, enquanto defensivos 12,3%.

TABELA 7

Participação do custo do insumo no custo total de produção no estado de São Paulo (1974-2020)
(Em %)

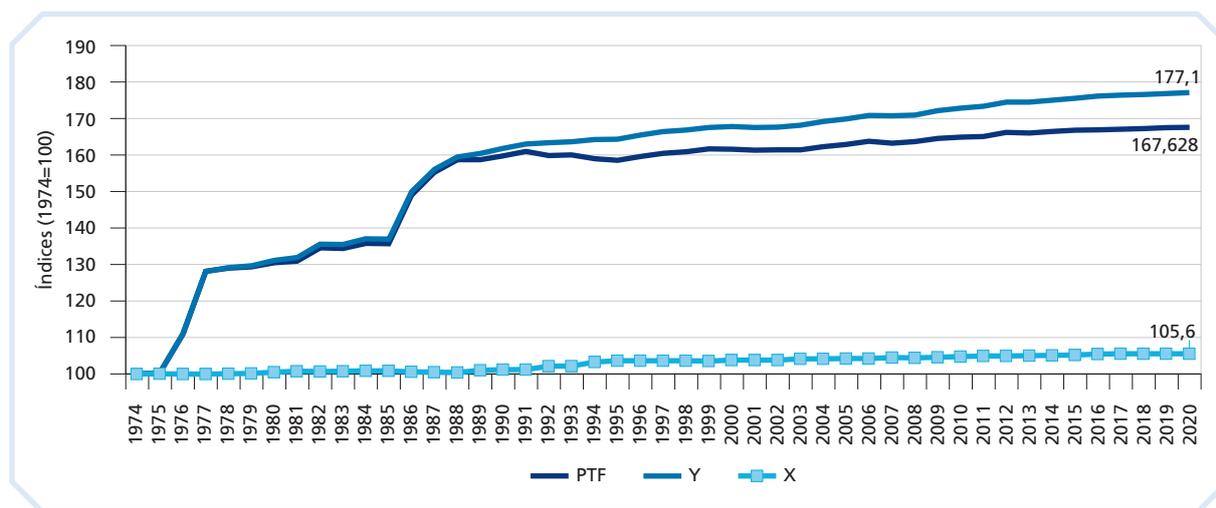
Ano	Terra	Pasto	Trabalho	Capital	Fertilizantes	Defensivos	
1974	29,7	33,9	23,1	0,4	10,0	3,0	100,0
1980	30,7	35,6	21,5	0,5	9,4	2,3	100,0
1990	33,7	35,6	16,3	1,4	11,4	1,6	100,0
2000	20,1	21,2	36,5	8,4	10,9	2,9	100,0
2010	23,8	16,2	33,5	6,4	9,9	10,2	100,0
2020	31,1	12,7	26,1	8,8	9,0	12,3	100,0
Média	28,2	25,8	26,2	4,3	10,1	5,4	100,0

Elaboração do autor.

Diante da organização de todas as bases estatísticas de produção e de insumos, foi possível mensurar o índice translog da produtividade, que buscou verificar o comportamento da relação entre o índice de produto e o de insumos. O gráfico 2 apresenta a evolução da PTF para o setor agropecuário paulista de 1974 a 2020. De um lado, o índice de produto cresceu 77,1%. De outro, o índice de insumos expandiu somente 5,6%. Essa discrepância entre crescimento de produto e de insumos proporcionou um crescimento da produtividade de 67,6%, que é estimado de forma residual, ou seja, que não se explica pelo crescimento dos insumos, mas é explicado pela tecnologia. Deve-se observar que o formato parabólico com concavidade para baixo condiz com a realidade econômica do estado de São Paulo. Em última análise, a PTF analisa a relação entre a renda bruta (produção) e os custos totais (insumos). No limite, em um ambiente competitivo, a renda líquida dentro desse sistema tenderá a zero e, assim, com o passar do tempo, a taxa de crescimento da PTF se tornará cada vez menor.

GRÁFICO 2

Evolução dos índices de produtividade, produção e insumos no estado de São Paulo (1974-2020)



Elaboração do autor.

3.3 Resposta da PTF frente a choques no fomento, na pesquisa, na capacitação e na extensão rural no estado de São Paulo

Esta seção pretende analisar a resposta da PTF em relação a choques nas variáveis de fomento, pesquisa, capacitação e extensão rural, todas as séries relacionadas ao campo das ciências agrárias e da economia rural. O fomento inclui os investimentos realizados na Capes, no CNPq e na Fapesp, em especial nesta última instituição. A pesquisa inclui o orçamento das instituições de pesquisa, que são as unidades da Embrapa no estado de São Paulo e a Apta. A capacitação inclui o orçamento destinado às faculdades e escolas ligadas às ciências agrárias da USP, da UNESP e da UNICAMP, bem como do CPS. Por fim, a extensão rural basicamente incorpora o orçamento da Cati. Construiu-se também uma variável de C&T, que engloba os gastos do fomento, da pesquisa e da capacitação.

No gráfico 3, observa-se que os gastos da Fapesp, em particular, representaram uma fatia significativa dos gastos totais em C&T. O orçamento da Fapesp relacionado às ciências agrárias se inicia no ano de 1976. De 1976 a 1994, a participação dos gastos da Fapesp saltou de pouco menos de 1% para 15%. O pico da série histórica se deu em 1999, quando os gastos da Fapesp representaram mais da metade dos gastos em C&T. De 1976 a 2020, a média da participação dos gastos da Fapesp no conjunto dos gastos de C&T ficou em 22%. Não há dúvidas de que a Fapesp se mostra como instituição-chave na promoção da C&T no estado de São Paulo. De 1976 até

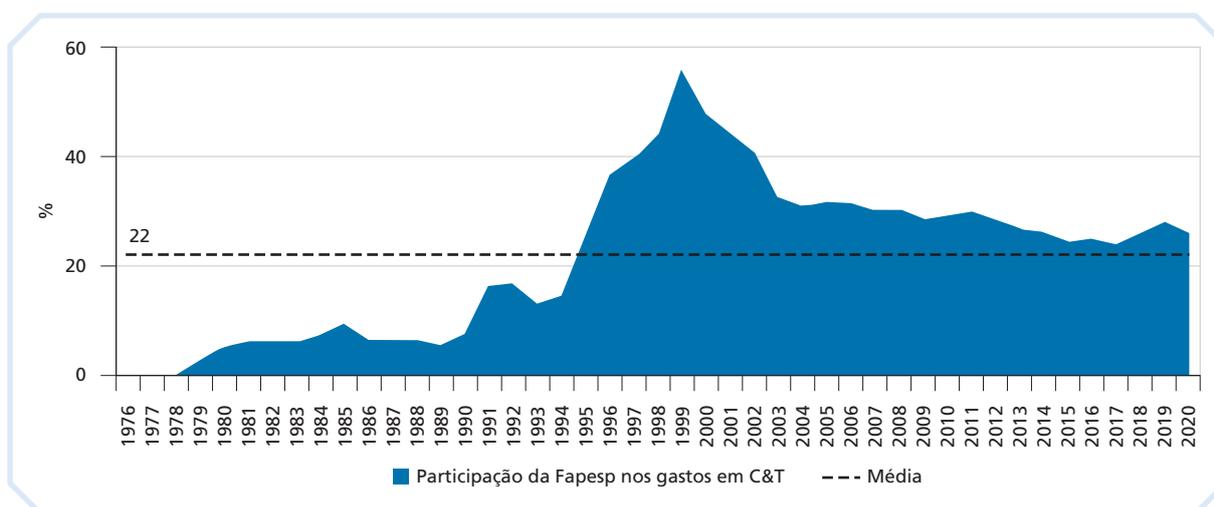
TEXTO para DISCUSSÃO

meados da década de 1990, a Fapesp era praticamente a única instituição de fomento no estado. O gasto da Fapesp no conjunto dos gastos de fomento ficou, em média, no período analisado, em torno de 95%. Portanto, os gastos da Fapesp são centrais na dinâmica da promoção de C&T no estado de São Paulo.

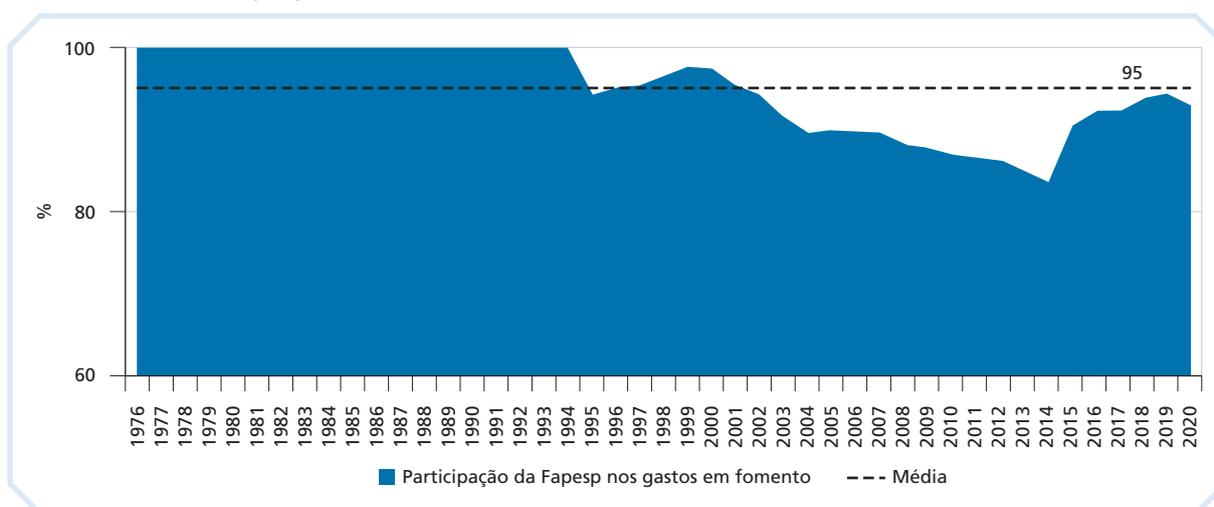
GRÁFICO 3

Participação dos gastos da Fapesp na área de ciências agrárias no total de gastos em C&T no estado de São Paulo (1976-2020)

3A – Gastos Fapesp em C&T



3B – Gastos Fapesp em fomento



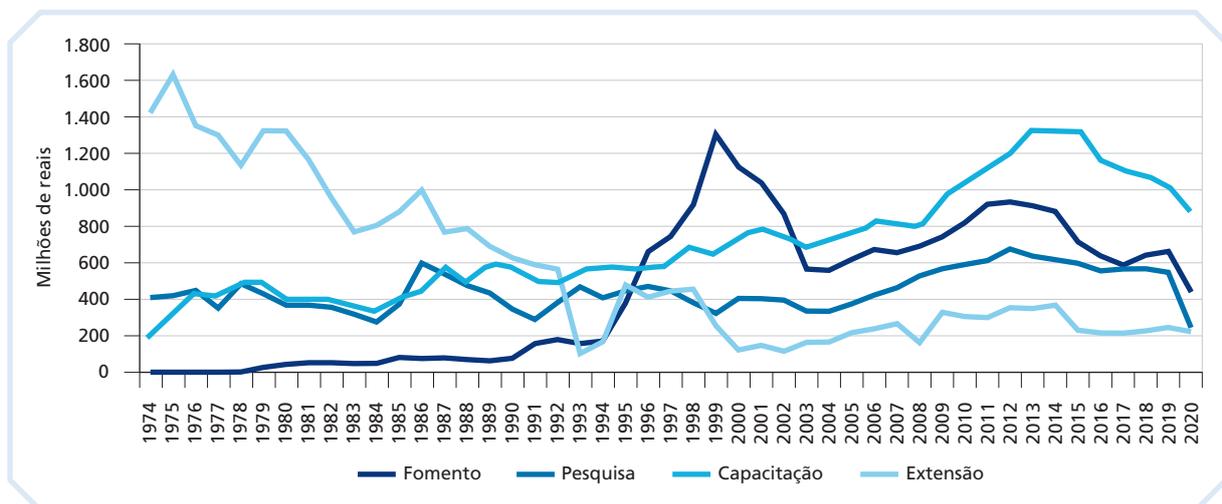
Elaboração do autor.

No gráfico 4, observa-se o comportamento de todas as séries de tempo (variáveis da pesquisa) em valores constantes de 2020. Nota-se que, provavelmente, as séries analisadas não são

estacionárias, possuindo alguma tendência estocástica, assim como a existência de possíveis quebras estruturais. A extensão tem uma queda drástica da década de 1970 até o início dos anos 1990. Posteriormente, os gastos em extensão seguem de forma mais estável. A pesquisa tem oscilações grandes ao longo de todo o período. O fomento tem um crescimento paulatino desde os anos 1980, expandindo-se a partir de 1994. Por fim, os gastos em educação e capacitação seguem um comportamento crescente no tempo, com uma queda a partir de 2015.

GRÁFICO 4

Gastos em capacidade de absorção no estado de São Paulo (1974-2020)
(Em R\$ milhões)



Elaboração do autor.

Antes de iniciar qualquer tipo de análise, é importante mencionar as limitações dos dados, o que prejudica a observação do modelo a ser estimado. Por se tratar de séries de tempo, englobando um longo período, a conjuntura macroeconômica é muito variável. Por exemplo, na década de 1970, o ambiente político e econômico era muito distinto da última década. Além disso, ao longo de todo o período, houve vários governos, com diferentes planos econômicos e diversos eventos domésticos e internacionais.

Na década de 1970, o mundo passou por dois choques de petróleo. No início dos anos 1980, o governo passou por uma crise de financiamento externo e, depois, por sucessivos planos monetários de estabilização da moeda. No início da década de 1990, transformações institucionais significativas foram incorporadas, culminando na implantação do Plano Real, em 1994. Em seguida, vieram as crises do México, da Rússia e dos países asiáticos. Na primeira década do novo milênio, ocorreram os atentados do 11 de setembro e, em seguida, o crescimento chinês e o aumento do preço das *commodities*. Em 2008, a economia norte-americana passou por uma

crise financeira, que influenciou diversos países. Finalmente, na última década, o Brasil passou por uma forte crise política e econômica. Em 2020, veio a pandemia, que impactou toda a economia mundial.

Considerando tantas transformações, avaliar um período tão extenso é muito complicado. Nesse sentido, as análises a serem extraídas do estudo econométrico serão de curto prazo, visando a avaliar o impacto dos gastos em capacidade de absorção na produtividade por meio da função impulso-resposta e da decomposição da variância do erro, isto é, não recorrendo ao teste de cointegração, da mesma forma que acontece na análise de longo prazo.

Em relação ao período mencionado, foram analisadas séries temporais de 1974 a 2020, totalizando 46 observações, devido à disponibilidade das fontes pesquisadas. Contudo, em alguns casos, por filtros necessários, o número de observações se reduziu. De qualquer forma, mesmo compreendendo as limitações, estimaram-se três modelos para verificar a interação das variáveis selecionadas com a PTF, bem como o comportamento da produtividade em questão.

O primeiro modelo avaliou a resposta da PTF em relação ao choque nas quatro variáveis – fomento, pesquisa, capacitação e extensão. O segundo modelo se restringiu à resposta da PTF em três variáveis – pesquisa, capacitação e extensão. Por fim, o terceiro modelo estudou a resposta da PTF frente ao choque em duas variáveis apenas – ciência e tecnologia (que seria a soma de fomento, pesquisa e capacitação) e extensão rural.

Antes da avaliação individual de cada modelo, a investigação empírica verificou as propriedades de cada uma das séries temporais quanto à presença de tendências estocásticas ou mesmo com a inclusão de ruídos em suas trajetórias. Para tanto, foram utilizados os testes tradicionais de raiz unitária (Dickey e Fuller, 1979; Phillips e Perron, 1988). As hipóteses nulas dos dois testes mencionados dizem respeito à presença de raiz unitária, ou seja, a série é não estacionária. Haverá evidências sobre a estacionariedade de uma série apenas quando se rejeita a hipótese nula de um dos testes. Para que uma série seja admitida como integrada de ordem 1, os testes devem indicar a não rejeição da hipótese nula para a série em nível e a rejeição para a série em primeiras diferenças.

Em relação às séries estudadas, empregaram-se os testes de ADF e Phillips e Perron, e os resultados são apresentados na tabela 8. Vale ressaltar que o teste ADF é muito sensível à presença de valores atípicos. Por essa razão, fez-se necessária a estimação dos testes de raiz unitária com presença de quebras, ou de Phillips e Perron. A estatística τ corresponde a equações com constante e com tendência; $\tau\mu$, com constante e sem tendência; e τ , sem constante e sem tendência.

TABELA 8**Testes para as séries log-transformadas (1974 a 2020)**

	ADF			Phillips e Perron		
	$t\tau$	$t\mu$	τ	Com Tendência (τ)	Sem Constante (τ)	Defasagens
LPTF	-5,14*	-5,31*	1,48	-3,44**	2,12**	1
LPESQUISA	-2,74	-2,76 ***	-0,52	-2,52	-0,10	1
LCAPACITAÇÃO	-3,08	-1,79	0,89	-3,91**	1,42	1
LEXTENSÃO	-2,66	-2,01	-1,07	-2,80	-0,98	1
LFOMENTO	-4,30*	-4,57*	-0,07	-4,16*	0,15	1
LC&T	-1,60	-1,68	0,40	-1,41	0,89	1

Elaboração do autor.

Obs.: 1. Para os testes ADF, os valores críticos para o modelo com constante e com tendência aos níveis de 1%, 5%, e 10% são, respectivamente -4,20, -3,52 e -3,20. Para o modelo com constante e sem tendência, os valores críticos são, aos níveis de 1%, 5% e 10%, -3,61, -2,94 e -2,61 respectivamente. E, para o modelo sem constante e sem tendência, os valores críticos são, ao nível de 1%, 5% e 10%, -2,63, -1,95 e -1,61 respectivamente.

Já para o teste de Phillips e Perron, os valores críticos para o modelo com tendência são -3,19, -3,52 e -3,19 aos níveis de 1%, 5% e 10% respectivamente. Para o modelo sem constante, são, aos níveis de 1%, 5% e 10%, respectivamente -2,63, -1,95 e -1,61.

2. Nível de significância da hipótese nula: (* = 1%; ** = 5%; *** = 10%).

Os resultados sinalizaram que PTF e fomento foram estacionárias em nível, enquanto as demais (pesquisa, capacitação e extensão rural) são não estacionárias. Para PTF e fomento, os valores calculados não foram menores em módulo que seus respectivos valores críticos de 1%, 5% e 10%, em todos os modelos analisados, ou seja, a hipótese nula de raiz unitária não pode ser rejeitada para essas séries consideradas. Os resultados dos testes de estacionariedade formulados para quebra estrutural mostraram que todas as séries analisadas são não estacionárias em nível, exceto PTF, fomento e capacitação com tendência, já que a hipótese nula que contém raiz unitária foi aceita.

Com base na tabela 9, as séries são estacionárias em primeira diferença, tanto pelo ADF quanto pelo teste de Phillips e Perron com quebra estrutural. Os resultados mostraram que as séries possuem diferentes ordens de integração. Enquanto a PTF e o fomento se mostraram estacionárias em nível, as demais séries estudadas apresentaram raiz unitária. No entanto, em primeira diferença, a tendência estocástica das séries foi eliminada. Nesse sentido, todas as séries foram admitidas como integradas de ordem 1 ou estacionárias nas primeiras diferenças. Os testes de raiz unitária foram repetidos em primeira diferença; porém, não se rejeitou a hipótese nula aos níveis usuais de significância. Como as séries possuem diferentes ordens de integração, não se realizará o teste de cointegração. Apesar da existência de relações de longo prazo entre

TEXTO para DISCUSSÃO

as variáveis, o modelo de vetor de correção de erros (VEC) não pode ser aplicado. Portanto, para avaliar as relações de curto prazo, estima-se o modelo VAR nas diferenças e suas respectivas funções impulso-resposta.

TABELA 9

Teste para as séries log-transformadas em primeira diferença (1974- 2020)

	ADF			Phillips e Perron		
	τ	$\tau\mu$	τ	Com Tendência (τ)	Sem Constante (τ)	Defasagens
LPESQUISA	-4,33*	-4,41*	-4,48*	-4,68*	-4,79*	1
LCAPACITAÇÃO	-5,50*	-5,64*	-5,72*	-6,18*	-6,17*	1
LEXTENSÃO	-2,66***	-6,09*	-6,02*	-7,31*	-7,32*	1
LC&T	-4,20*	-4,10*	-4,18*	-4,68*	-4,57*	1

Elaboração do autor.

Obs.: 1. Para os testes ADF, os valores críticos para o modelo com constante e com tendência aos níveis de 1%, 5%, e 10% são, respectivamente, -4,20, -3,52 e -3,20. Para o modelo com constante e sem tendência, os valores críticos são, aos níveis de 1%, 5% e 10%, -3,61, -2,94 e -2,61. E, para o modelo sem constante e sem tendência, os valores críticos são, aos mesmos níveis, -2,63, -1,95 e -1,61 respectivamente.

Já para o teste de Phillips e Perron, os valores críticos para o modelo com tendência são, aos níveis de 1%, 5% e 10%, -4,19, -3,52 e -3,19 respectivamente. Para o modelo sem constante, são -2,63, -1,95 e -1,61 aos níveis de 1%, 5% e 10%.

2. Nível de significância da hipótese nula: (* = 1%; ** = 5%; *** = 10%).

3.3.1 Primeiro modelo

O primeiro modelo tinha como objetivo avaliar a resposta do fomento, da pesquisa, da capacitação e da extensão rural na PTF. Assim, procurou-se avaliar o conceito de causalidade introduzido em Granger (1969), o qual melhora a previsão dos valores futuros de umavariável, quando se consideram informações sobre os valores presente e passado de outra variável. Testa-se, então, a precedência temporal das variáveis.

Os resultados mostrados na tabela 10 apontam que fomento, pesquisa, capacitação e extensão rural, no conjunto, causam a PTF. Ademais, individualmente, a capacitação é estatisticamente significativa na causalidade da PTF e, para essa variável apenas, existe bicausalidade no conjunto das demais variáveis. Em resumo, o teste de exogeneidade em bloco de Granger (*Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests*) permitiu classificar o grau de exogeneidade das variáveis, de forma a ordená-las na função impulso-resposta e na decomposição da variância de maneira mais consistente. A sugestão de ordenamento das variáveis das mais exógenas para as mais endógenas ficou definida como segue: PTF, pesquisa, capacitação, extensão e fomento.

TABELA 10**Teste de Wald para causalidade de Granger nas séries estudadas**

Equação	Excluído	chi2	df	Prob > chi2
lnptf	diflnpesquisa	0,808	1	0,369
lnptf	difln Capacitacao	17,952	1	0
lnptf	diflnextensao	0,958	1	0,328
lnptf	Infomento	0,100	1	0,751
lnptf	Todas	27,464	4	0
diflnpesquisa	lnptf	0,366	1	0,545
diflnpesquisa	difln Capacitacao	1,244	1	0,265
diflnpesquisa	diflnextensao	0,571	1	0,45
diflnpesquisa	Infomento	0,135	1	0,713
diflnpesquisa	Todas	2,423	4	0,659
difln Capacitacao	lnptf	0,448	1	0,504
difln Capacitacao	diflnpesquisa	10,172	1	0,001
difln Capacitacao	diflnextensao	0,152	1	0,696
difln Capacitacao	Infomento	0,615	1	0,433
difln Capacitacao	Todas	10,385	4	0,034
diflnextensao	lnptf	0,006	1	0,938
diflnextensao	diflnpesquisa	0,68	1	0,41
diflnextensao	difln Capacitacao	1,023	1	0,312
diflnextensao	Infomento	0,004	1	0,948
diflnextensao	Todas	1,246	4	0,87
Infomento	lnptf	2,921	1	0,087
Infomento	diflnpesquisa	1,646	1	0,2
Infomento	difln Capacitacao	0,017	1	0,896
Infomento	diflnextensao	2,019	1	0,155
Infomento	Todas	6,443	4	0,168

Elaboração do autor.

Antes de apresentar o impacto das variáveis, é necessário determinar o número de defasagens (*lags*) a serem utilizados. Assim, visando a definir o número de defasagens (p) do modelo VAR, recorreu-se aos critérios apresentados na tabela 11. A decisão se baseou no número de defasagens (p) que minimizou os critérios de informação de Hannan-Quinn (HQ). Nesse caso específico, a escolha foi baseada em uma defasagem.

TABELA 11
Escolha ótima dos lags

Lag	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0		2.7e-07	-.943656	-.738865	-.868135
1	255.07	2.3e-09*	-5.71267	-4.48392*	-5.25954*
2	51.468*	2.3e-09	-5.7468*	-3.4941	-4.91607

Elaboração do autor.

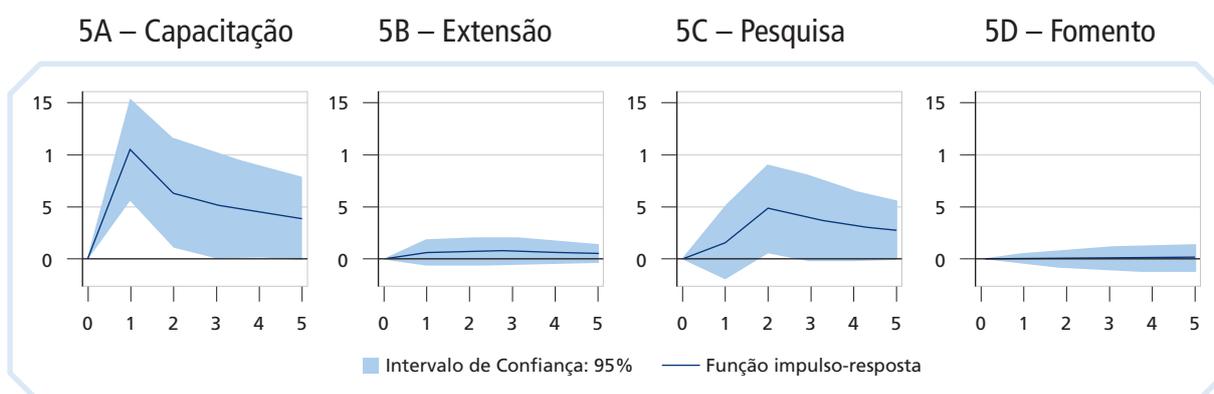
Obs.: (*) representa o menor valor da estatística de teste para cada um dos critérios de informação.

Constatou-se que a condição de estabilidade foi satisfeita, uma vez que as raízes inversas do polinômio característico se encontram dentro do círculo unitário. Também foi testada a normalidade dos resíduos. Observou-se que a hipótese nula de que os resíduos seguem uma distribuição normal foi aceita. Então, estimou-se o modelo VAR. Uma das principais vantagens desse modelo é a de estimar as funções de impulso-resposta e a decomposição da variância do erro. Em um modelo estacionário, os choques se dissipam no tempo.

O gráfico 5 apresenta a resposta da PTF aos choques no fomento, na pesquisa, na capacitação e na extensão rural. No que tange à pesquisa, observa-se uma resposta positiva da PTF, principalmente no segundo e no terceiro períodos após o choque, estabilizando posteriormente. O intervalo de confiança nesse caso é ligeiramente superior a zero no dado momento. Em relação à capacitação, há uma resposta positiva da PTF no primeiro período, diminuindo no segundo e estabilizando em seguida. O intervalo de confiança é superior a zero nos três primeiros períodos. O fomento e a extensão rural praticamente não tiveram impacto na PTF.

GRÁFICO 5

Funções impulso-resposta para choques no fomento, na pesquisa, na capacitação e na extensão rural com efeito na PTF em cinco períodos



Elaboração do autor.

A tabela 12 e o gráfico 6 consideram a variância do erro e explicam a resposta ao choque, praticamente, já no quinto período, pela própria PTF (62%), pela pesquisa (26%), pela capacitação (9%), pela extensão (2%) e por muito pouco pelo fomento.

TABELA 12

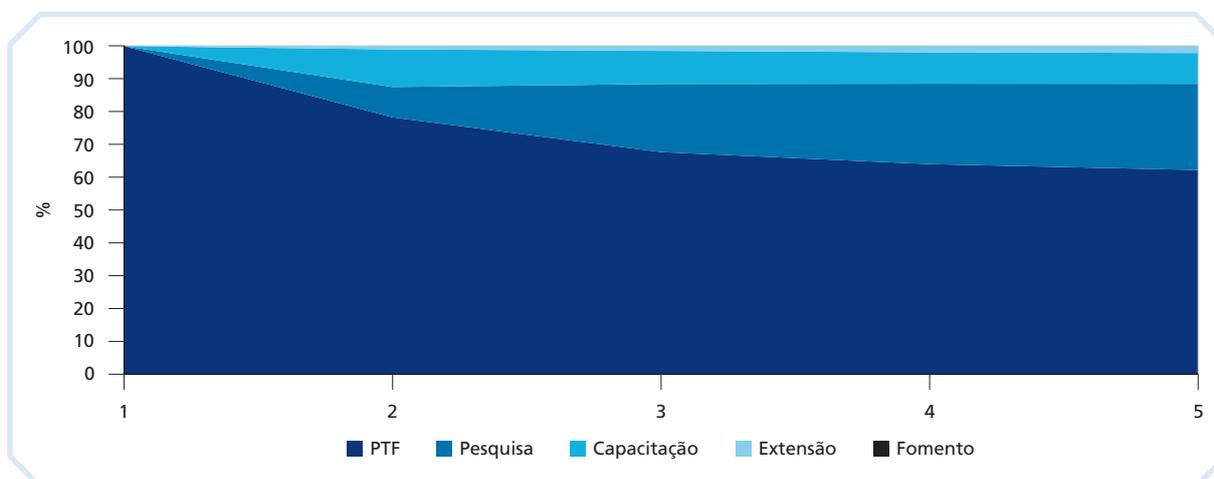
Decomposição da variância do erro: resposta ao choque nas respectivas variáveis

Período	PTF	Pesquisa	Capacitação	Extensão	Fomento
1	1	0	0	0	0
2	0,78	0,09	0,11	0,01	0,0001
3	0,68	0,21	0,10	0,01	0,0001
4	0,64	0,24	0,10	0,02	0,0001
5	0,62	0,26	0,09	0,02	0,0002

Elaboração do autor.

GRÁFICO 6

Decomposição da variância do erro: fomento, pesquisa e extensão rural (Em %)



Elaboração do autor.

3.3.2 Segundo modelo

O segundo modelo buscou avaliar a resposta da pesquisa, da capacitação e da extensão rural na PTF. Essa estratégia foi adotada pois a série de fomento se inicia em 1976, o que faz com que o modelo tenha apenas 44 observações. Com os filtros para ajuste das séries, o número de observações cai para 43, o que, em parte, prejudica as especificações do modelo.

TEXTO para DISCUSSÃO

Seguiram-se os mesmos procedimentos realizados no modelo 1. Na tabela 13, a escolha ótima dos *lags* é 1. As condições de estabilidade foram adequadas. A condição de normalidade não foi atendida. Deve-se ressaltar que a hipótese de normalidade para dados econômicos associados à economia brasileira raramente é aceita, possivelmente devido à volatilidade característica presente em inúmeras séries. No entanto, o modelo será estimado mesmo na ocorrência de rejeição da hipótese nula.

TABELA 13
Escolha ótima dos *lags*

Lag	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0		4.0e-07	-3.37624	-3.21404	-3.31609
1	159.13*	2.2e-08*	-6.26552*	-5.45453*	-5.96477*
2	25.097	2.7e-08	-6.10863	-4.64884	-5.56727

Elaboração do autor.

Obs.: (*) representa o menor valor da estatística de teste para cada um dos critérios de informação.

Pela tabela 14, os resultados mostraram que pesquisa, capacitação e extensão rural, em conjunto, causam a PTF. Ademais, de maneira individual, a capacitação é mais uma vez estatisticamente significativa na causalidade da PTF e, para esta variável apenas, existe bicausalidade no conjunto das demais variáveis. O teste de exogeneidade em bloco de Granger permitiu classificar o grau de exogeneidade das variáveis, de forma a ordená-las na função impulso-resposta e na decomposição da variância de maneira mais consistente. A sugestão de ordenamento das variáveis das mais exógenas para as mais endógenas ficou definida como segue: PTF, pesquisa, capacitação e extensão.

TABELA 14
Teste de Wald para causalidade de Granger nas séries estudadas no modelo 2

Equação	Excluído	chi2	df	Prob > chi2
Inptf	diflnpesquisa	1,037	1	0,309
Inptf	diflncapitacao	19,674	1	0
Inptf	diflnextensao	0,954	1	0,329
Inptf	Todas	29,289	3	0
diflnpesquisa	Inptf	0,805	1	0,37
diflnpesquisa	diflncapitacao	1,236	1	0,266
diflnpesquisa	diflnextensao	0,706	1	0,401
diflnpesquisa	Todas	2,195	3	0,533
diflncapitacao	Inptf	2,666	1	0,103

(Continua)

(Continuação)

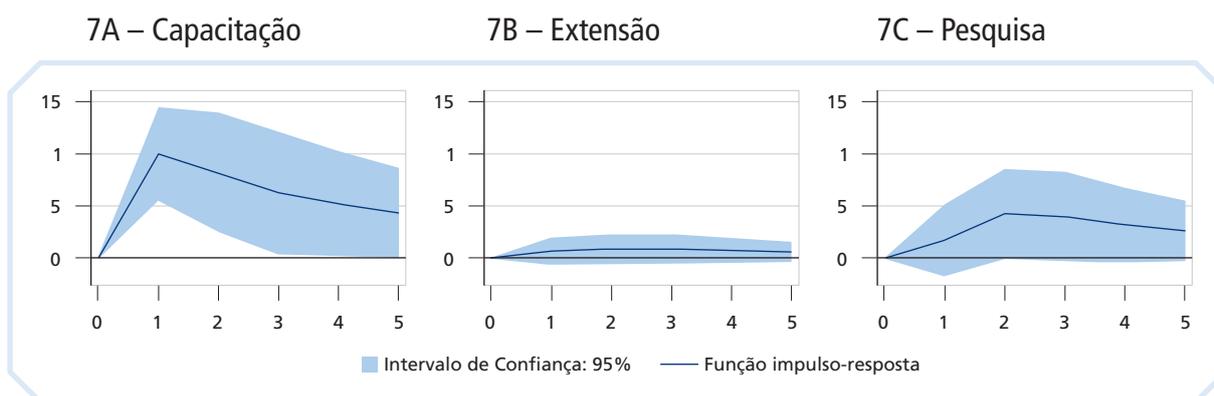
Equação	Excluído	chi2	df	Prob > chi2
diflncapitacao	diflnpesquisa	5,234	1	0,022
diflncapitacao	diflnextensao	0,355	1	0,551
diflncapitacao	Todas	7,064	3	0,07
diflnextensao	lnptf	0,335	1	0,563
diflnextensao	diflnpesquisa	0,584	1	0,445
diflnextensao	diflncapitacao	0,774	1	0,379
diflnextensao	Todas	1,033	3	0,793

Elaboração do autor.

O gráfico 7 apresenta o segundo modelo. As respostas da PTF aos choques na capacitação e na pesquisa apresentaram evidências de impacto. No caso da capacitação, essa evidência foi estatisticamente significativa pelo fato de seu intervalo de confiança se mostrar acima de zero. No caso da pesquisa, o limite inferior do intervalo de confiança é ligeiramente tangente ao valor zero, notadamente no segundo período. A extensão rural praticamente não impactou a PTF.

GRÁFICO 7

Funções impulso-resposta para choques no fomento, na pesquisa, na capacitação e na extensão rural com efeito na PTF em cinco períodos



Elaboração do autor.

Em relação à decomposição da variância do erro (tabela 15 e gráfico 8), a resposta ao choque foi explicada, praticamente, já no quarto período, pela própria PTF (57%), pela pesquisa (25%), pela capacitação (14%) e pela extensão rural (2%). É importante observar que a causalidade das variáveis seguiu os pressupostos esperados, além das tendências positivas de crescimento. Vale ressaltar, mais uma vez, que o modelo estimado foi possível apesar das dificuldades dos dados e informações disponibilizados.

TABELA 15

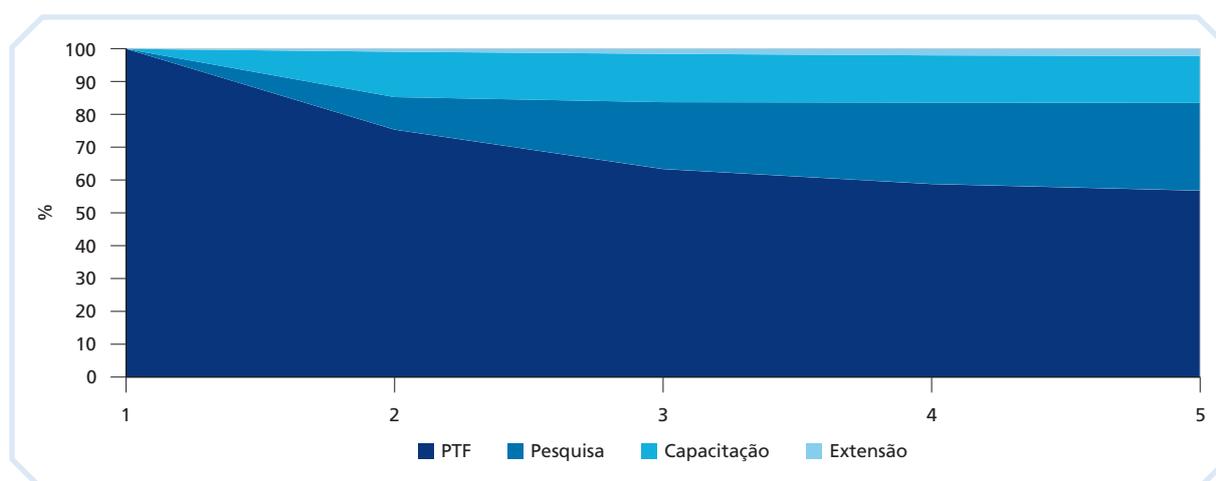
Decomposição da variância do erro: resposta ao choque nas respectivas variáveis

Período	PTF	Pesquisa	Capacitação	Extensão
1	1	0	0	0
2	0,75	0,10	0,14	0,01
3	0,63	0,20	0,15	0,015
4	0,59	0,25	0,14	0,02
5	0,57	0,27	0,14	0,022

Elaboração do autor.

GRÁFICO 8

Decomposição da variância do erro: pesquisa, capacitação e extensão rural (Em %)



Elaboração do autor.

3.3.3 Terceiro modelo

Por fim, buscou-se estimar o terceiro modelo, que focou na resposta da C&T (como somatório das variáveis fomento, pesquisa e capacitação) e da extensão rural na PTF. Seguiram-se os mesmos procedimentos dos modelos 1 e 2. Na tabela 16, a escolha ótima dos *lags* foi 1. Novamente, as condições de estabilidade foram adequadas. Entretanto, a condição de normalidade não passou no teste, o que não impediu as estimações realizadas.

TABELA 16
Escolha ótima dos lags

Lag	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0		.00002	-2.31812	-2.19647	-2.27301
1	146.86*	1.1e-06*	-5.24678*	-4.76019*	-5.06633*
2	8.9509	1.3e-06	-5.04112	-4.18958	-4.72533

Elaboração do autor.

Obs.: (*) representa o menor valor da estatística de teste para cada um dos critérios de informação.

Pela tabela 17, os resultados mostraram que C&T e extensão rural, no conjunto, causam a PTF. Ademais, individualmente, C&T é estatisticamente significativa na causalidade da PTF e, para essa variável, existe bicausalidade no conjunto das demais variáveis. O teste permitiu classificar o grau de exogeneidade das variáveis, de forma a ordená-las na função impulso-resposta e na decomposição da variância do erro. A sugestão de ordenamento das variáveis das mais exógenas para as mais endógenas ficou definida como segue: PTF, C&T e extensão.

TABELA 17
Teste de Wald para causalidade de Granger nas séries estudadas no modelo 2

Equation	Excluded	chi2	df	Prob > chi2
lnptf	diflnC&T	15,653	1	0
lnptf	diflnextensao	0,264	1	0,607
lnptf	Todas	15,986	2	0
diflnC&T	lnptf	0,546	1	0,46
diflnC&T	diflnextensao	4,318	1	0,038
diflnC&T	Todas	4,877	2	0,087
diflnextensao	lnptf	0,012	1	0,912
diflnextensao	diflnC&T	0,453	1	0,501
diflnextensao	Todas	0,508	2	0,776

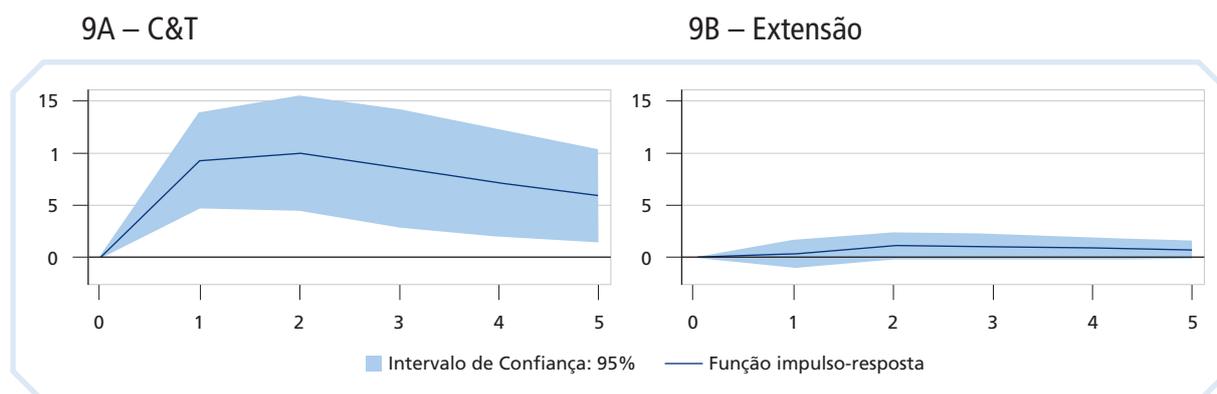
Elaboração do autor.

O gráfico apresenta o terceiro modelo. As respostas da PTF aos choques na C&T e na extensão apresentaram evidências de impacto. No caso da C&T, essa evidência foi estatisticamente significativa porque seu intervalo de confiança se mostrou acima de zero para os cinco períodos avaliados. No caso da extensão rural, há resposta positiva entre o primeiro e o quinto períodos; porém, o intervalo de confiança incluiu o valor zero.

TEXTO para DISCUSSÃO

GRÁFICO 9

Funções impulso-respostas para choques na C&T e na extensão rural com efeito na PTF em cinco períodos



Elaboração do autor.

Na tabela 18 e no gráfico 10, vê-se a decomposição da variância do erro frente à resposta aos choques. Pode-se mostrar que, praticamente, o choque já no quinto período foi explicado pela própria PTF (62%), pela C&T (34%) e pela extensão rural (apenas 4%). É importante observar que a causalidade das variáveis seguiu os pressupostos esperados, além das tendências positivas de crescimento, similar ao encontrado nos modelos anteriores.

TABELA 18

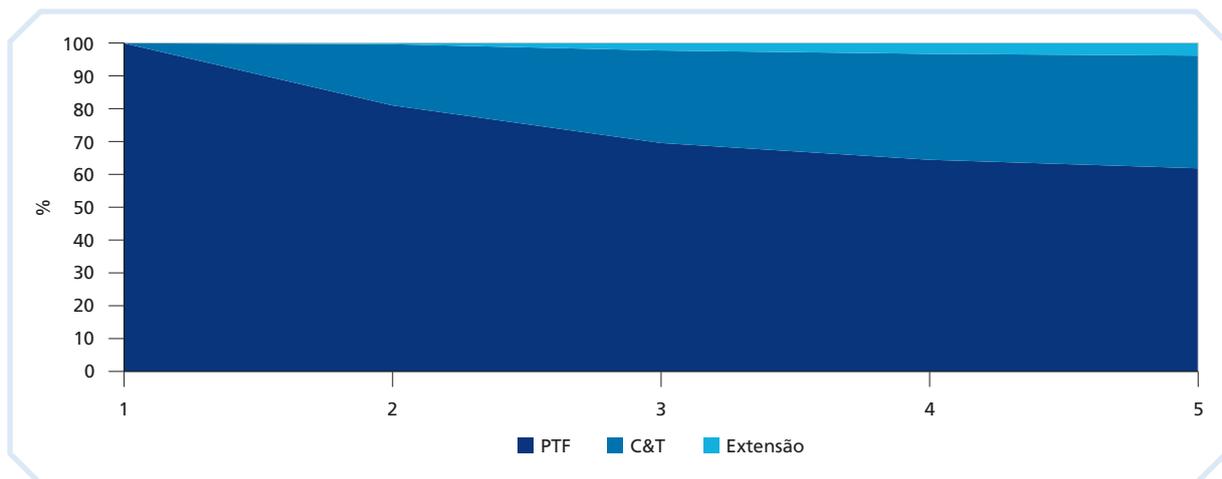
Decomposição da variância do erro: resposta ao choque nas respectivas variáveis

Período	PTF	C&T	Extensão
1	1	0	0
2	0,81	0,19	0,003
3	0,70	0,28	0,02
4	0,64	0,32	0,03
5	0,62	0,34	0,04

Elaboração do autor.

GRÁFICO 10

Decomposição da variância do erro: C&T e extensão rural
(Em %)



Elaboração do autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo é uma tentativa de desmembrar alguns fatores que influenciam a mudança da PTF no estado de São Paulo. São diversas variáveis que podem interferir na produtividade, como a pesquisa básica e aplicada, os efeitos de transbordamentos (*spillovers*) dos investimentos domésticos e estrangeiros, a extensão rural e a assistência técnica privada, a capacitação humana, as questões de escala produtiva, o comércio externo, as condições climáticas e geográficas, entre outras. Não é surpreendente que estimativas confiáveis sejam difíceis de obter, considerando as transformações ocorridas ao longo do tempo e a complexidade da evolução das diferentes variáveis envolvidas.

O estudo avaliou a relação do conjunto dos investimentos realizados em pesquisa, fomento, capacitação e extensão rural na agropecuária paulista. O relatório foi composto por três seções. A seção 2 teve caráter teórico-metodológico, detalhando os pressupostos, procedimentos e fontes de dados. Em segundo lugar, buscou-se mensurar a PTF da agropecuária no estado de São Paulo. Por fim, avaliou-se o impacto da C&T na dinâmica da PTF, analisando os resultados de diferentes modelos econométricos.

Os gastos da Fapesp representaram cerca de 94% de todo o gasto em fomento e, aproximadamente, 22% dos gastos totais de C&T. Em geral, os resultados mostraram que capacitação, pesquisa, extensão e fomento, no conjunto, geram a PTF. Na função impulso-resposta, tem-se a

resposta da PTF aos choques nas variáveis estudadas. Embora não se analisem as elasticidades do modelo VAR, por entender que esses parâmetros estimados são viesados, a participação dos gastos da Fapesp no conjunto dos gastos em C&T e dos dispêndios em fomento é muito elevada, ou seja, o impacto dessas variáveis na PTF seria significativo, podendo, *ceteris paribus*, com todas as ressalvas feitas, relacionar-se aos gastos da Fapesp, algo em torno de 20% a 25%.

De todos os modelos, o modelo 3, que incorpora o somatório das variáveis de fomento, pesquisa e capacitação (C&T), foi o que melhor se ajustou aos resultados. Foi possível apresentar um impacto positivo nos gastos em C&T. Nos modelos 1 e 2, observou-se resposta da PTF aos choques na capacitação e na pesquisa. Fica claro que a separação das variáveis interfere na dinâmica das estimações. No geral, há impacto positivo na produtividade nas principais variáveis de C&T, assim como causalidade esperada entre as variáveis.

REFERÊNCIAS

- ALENE, A. D. Productivity growth and the effects of R&D in African agriculture. **Agricultural Economics**, v. 41, n. 3-4, p. 223-238, 2010.
- ARAÚJO, P. F. C. *et al.* Produtividade total dos fatores de produção na agricultura paulista e os investimentos públicos em capital humano. *In*: ARAÚJO, P. F. C.; NICOLELLA, A. C. (Org.). **Contribuição da Fapesp ao desenvolvimento da agricultura do estado de São Paulo**. São Paulo: Fapesp, 2018. cap. 8, p. 357-395.
- BARROS, A. L. M. **Capital, produtividade e crescimento da agricultura**: o Brasil de 1970 a 1995. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- BRAGA, M. J.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; FREITAS, C. O. Impactos da extensão rural na renda produtiva. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R. (Org.). **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Brasília: Ipea, 2019. cap. 5, p. 137-160.
- COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Innovation and learning: the two faces of R&D. **The Economic Journal**, v. 99, n. 397, p. 569-596, 1989.
- COLLIER, P.; DERCON, S. African agriculture in 50 years: smallholders in a rapidly changing world? **World Development**, v. 63, p. 92-101, 2014.
- DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, v. 74, n. 366a, p. 427-431, 1979.

DI EWERT, W. E. Superlative index numbers and consistency in aggregation. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, v. 46, n. 4, p. 883-900, 1978.

DOSI, G. **Technical change and industrial transformation**. New York: St. Martin's Press, 1984.

EVENSON, R. E.; KISLEV, Y. Research and productivity in wheat and maize. **Journal of Political Economy**, v. 81, n. 6, p. 1309-1329, 1973.

FISHL OW, A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Agriculture and industry in Brazil: innovation and competitiveness**. New York: Columbia Press, 2020.

FUGLIE, K. R&D capital, R&D spillovers, and productivity growth in world agriculture. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 40, n. 3, p. 421-444, 2018.

GARCIA, J. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. A nova geografia da agropecuária brasileira e os desafios logísticos. **Confin**s, n. 50, p. 1-14, 2021.

GASQUES, J. G. *et al.* Crescimento e produtividade da agricultura brasileira. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos de censo agropecuário**. Brasília: Ipea, 2021. cap.7, p.107-120.

GASQUES, J. G. *et al.* Total factor productivity in Brazilian agriculture. *In*: FUGLIE, K. O.; WANG, S. L.; BALL, V. E. (Ed.). **Productivity growth in agriculture: an international perspective**. Oxfordshire: CAB International, 2012. cap. 7, p. 145-162.

GRANGER, C. W. J. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, v. 37, n. 3, p. 424-438, 1969.

HAYAMI, Y.; RUTTAN, V.W. **Agricultural development: an international perspective**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1985.

NELSON, R.; WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. Massachusetts: Harvard University Press, 1982.

PHILLIPS, P. C. B; PERRON, P. Testing for a unit root in time series regression. **Biometrika**, v. 75, n. 2, p. 335-346, 1988.

RADA, N. E.; FUGLIE, K. O. New perspectives on farm size and productivity. **Food Policy**, v. 84, p. 147-152, 2019.

THIRTLE, C.; PIESSE, J.; SCHIMMELPFENNIG, D. Modeling the length and shape of the R&D lag: an application to UK agricultural productivity. **Agricultural Economics**, v. 39, n. 1, p. 73-85, 2008.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; CAMPOS, A. C.; FERREIRA, C. M. C. Abordagem alternativa do crescimento agrícola: um modelo de dinâmica evolucionária. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 4, n. 2, p. 425-476, jul./dez. 2005.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos de censo agropecuário**. Brasília: Ipea, 2020.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. Competências organizacionais, trajetória tecnológica e aprendizado local na agricultura: o paradoxo de Prebisch. **Revista Economia e Sociedade**, v. 25, n. 3, p. 599-629, 2016.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

JOHANSEN, S. Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. **Econometrica**: Journal of the Econometric Society, v. 59, n. 6, p. 1551-1580, 1991.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G.; RONSOM, S. Inovação e expansão agropecuária brasileira. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos de censo agropecuário**. Brasília: Ipea, 2020. cap. 8, p.121-134.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação

Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Coordenação

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Supervisão

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Revisão

Bruna Neves de Souza da Cruz

Bruna Oliveira Ranquine da Rocha

Carlos Eduardo Gonçalves de Melo

Elaine Oliveira Couto

Laize Santos de Oliveira

Luciana Bastos Dias

Rebeca Raimundo Cardoso dos Santos

Vivian Barros Volotão Santos

Débora Mello Lopes (estagiária)

Maria Eduarda Mendes Laguardia (estagiária)

Editoração

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Mayana Mendes de Mattos

Mayara Barros da Mota

Capa

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Projeto Gráfico

Aline Cristine Torres da Silva Martins

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Missão do Ipea
Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DO
PLANEJAMENTO
E ORÇAMENTO

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO