

ISSN 1415-4765

TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 1017

CONDICIONANTES DA PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

José Garcia Gasques
Eliana Teles Bastos
Mirian P. R. Bacchi
Júnia C. P. R. da Conceição

Brasília, abril de 2004



TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 1017

CONDICIONANTES DA PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA *

José Garcia Gasques**

Eliana Teles Bastos***

Mirian P. R. Bacchi****

Júnia C. P. R. da Conceição**

Brasília, abril de 2004

* Este trabalho é o resultado da Pesquisa "Condicionantes da Produtividade da Agropecuária Brasileira", financiada com recursos do Programa Rede-Ipea. Agradecemos aos Professores Rodolfo Hoffmann e Geraldo S. C. Barros a leitura e as sugestões.

** Técnicos de Planejamento e Pesquisa do Ipea.

*** Auxiliar de Pesquisa.

**** Professora da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queirós"/Universidade de São Paulo (Esalq/USP).

Governo Federal

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão

Ministro – Guido Mantega

Secretário-Executivo – Nelson Machado



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

Presidente

Glauco Arbix

Diretor de Administração e Finanças

Celso dos Santos Fonseca

Diretor de Cooperação e Desenvolvimento

Luiz Henrique Proença Soares

Diretor de Estudos Macroeconômicos

Paulo Mansur Levy

Diretor de Estudos Regionais e Urbanos

Marcelo Piancastelli de Siqueira

Diretor de Estudos Setoriais

Mário Sergio Salerno

Diretora de Estudos Sociais

Anna Maria T. Medeiros Peliano

Assessor-Chefe de Comunicação

Murilo Lôbo

TEXTO PARA DISCUSSÃO

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pelo Ipea, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e de inteira responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou o do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.

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

Esta publicação contou com o apoio financeiro do Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID, via Programa Rede de Pesquisa e Desenvolvimento de Políticas Públicas - Rede-Ipea, o qual é operacionalizado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – Pnud, por meio do Projeto BRA/97/013/31A/1P.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO 7

2 METODOLOGIA E DADOS 7

3 RESULTADOS 18

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 27

SINOPSE

Este trabalho tem por objetivo obter estimativas da Produtividade Total dos Fatores (PTF) na agropecuária brasileira em um período longo de tempo, no qual várias transformações ocorreram, e que certamente afetaram o desempenho dos indicadores estimados. Para esta análise, o período considerado foi de 1975 a 2002. Outro objetivo do estudo é analisar os condicionantes do crescimento da produtividade. Serão analisadas variáveis como pesquisa, crédito rural e relação de trocas, que supostamente tiveram efeitos sobre os atuais padrões de crescimento da agropecuária no país. As estimativas da Produtividade Total dos Fatores são obtidas pela agregação dos produtos e insumos por meio do índice de Tornqvist, freqüentemente usado em estudos semelhantes. A análise dos fatores condicionantes da produtividade é feita utilizando-se modelo de Auto-Regressão Vetorial (VAR), mediante o qual se estimaram os efeitos que os gastos em pesquisa, crédito rural e relação de trocas tiveram sobre a Produtividade Total dos Fatores.

ABSTRACT

The main objective of this paper is to obtain estimates of Total Factor Productivity in Brazilian Agriculture during 1975-2002. In this period, many transformations occurred and undoubtedly affected the performance of the indicators shown here. Another objective of this study is to analyze the factors that influenced the growth rate of Total Factor Productivity. The variables examined here are public expenditure in research, rural credit and exchange relations. These are likely to be the factors determining the current growth patterns of agriculture in Brazil. The estimates of Total Factor Productivity are obtained by the aggregation of products and inputs with the utilization of Tornqvist index, commonly used in these types of studies. To analyze factors that affect Total Factor Productivity, we use a Vector Autoregressive (VAR) model to estimate the effects of public expenditures with research, rural credit and exchange relations upon Total Factor Productivity.

1 INTRODUÇÃO

Em pesquisas anteriores, mostrou-se que no Brasil tem sido grande o interesse por trabalhos utilizando a abordagem da produtividade parcial ao analisar a agricultura brasileira. Talvez um dos motivos dessa escolha seja a dificuldade de se trabalhar com indicadores mais abrangentes como a Produtividade Total dos Fatores (PTF). De fato, o uso de tal indicador encontra barreira de limitação ou ausência de informações, especialmente em relação aos insumos, embora dificuldades também existam na mensuração do produto. Apesar disso, vários trabalhos têm sido feitos, trazendo bons esclarecimentos a respeito do crescimento da agricultura brasileira como os de Ávila e Evenson (1995), Vicente, Neves e Vicente (1990) e Gasques e Conceição (1997; 2001).

O presente trabalho tem por objetivo obter estimativas da Produtividade Total dos Fatores na agricultura brasileira, em um período de tempo, no qual várias transformações ocorreram, as quais certamente afetaram o desempenho dos indicadores estimados. Para esta análise, o período considerado foi de 1975 a 2002. Outro objetivo do estudo é analisar os condicionantes do crescimento da produtividade. Serão analisadas variáveis como pesquisa, crédito rural e relação de trocas, que supostamente tiveram efeitos sobre os atuais padrões de crescimento da agropecuária no país.

A contribuição deste tipo de trabalho situa-se em pelo menos dois pontos: suprir lacunas no conhecimento da dinâmica de crescimento desse importante setor que é a agropecuária; e utilizar os resultados para políticas, uma vez que o trabalho trata de instrumentos que são da maior relevância em política agropecuária.

2 METODOLOGIA E DADOS

2.1 MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE PARCIAL

A Produtividade Parcial dos Fatores (PPF) é expressa pela relação entre o produto e um único fator de produção. Ela mede como o produto por unidade de insumo varia no tempo, ignorando a contribuição de outros fatores (Wen, 1993). A PPF mais abrangente, usada para a economia como um todo, é o índice de produtividade do trabalho definida como produção por trabalhador. A produção pode ser medida em termos de um único produto, podendo ser expressa em quantidade ou como um agregado de produtos, indicando, neste último caso, quais preços devem ser usados para a agregação. Para fazer comparações ao longo do tempo, os preços usados devem ser reais ou constantes (FAO, 2000). O índice de PPF mais usado na agricultura é a produção por unidade de área ou produtividade da terra.

A principal limitação da PPF é que tal indicador pode ser afetado por mudanças de outros fatores, além do fator usado na construção do índice (FAO, 2000). Por exemplo: aumentos nas aplicações de fertilizantes por unidade de área elevarão a produtividade, mas não se pode inferir que aumento na produtividade de lavouras seja resultado do melhoramento genético ou da redução nos custos de transação, a menos que seja usado algum controle (estatístico ou experimental) para o uso do outro fator. A despeito dessa limitação, os índices de produtividade parcial são indicadores muito usados para medir mudanças da produtividade, uma vez que são disponíveis para lavouras específicas, possibilitando comparações por cultura (FAO, 2000).

Apesar da contribuição que os estudos sobre produtividades parciais têm trazido, existem evidências de que as medidas de produtividades parciais são insuficientes (Christensen, 1975; Alves, 1979). Christensen inicia artigo clássico sobre conceitos e medidas de produtividade mostrando preocupação nesse sentido, embora sua perplexidade se devesse à falta de aprimoramento metodológico sobre tal assunto, especialmente quanto à mensuração dos índices de Produtividade Total dos Fatores (PTF). O autor menciona que o Serviço de Estatísticas do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos utiliza a Produtividade Total de Fatores desde 1947, e ele não acredita que tenha de convencer alguém sobre a importância desse conceito. Acreditamos que atualmente esse problema de mensuração da PTF esteja superado, pois muito se avançou nos últimos anos no aprimoramento de técnicas de estimação dos índices (abordagem não-paramétrica), principalmente no cuidado quanto à mensuração dos insumos, embora essa preocupação tenha sido um dos traços marcantes dos trabalhos de Griliches (1960).

2.2 MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES (PTF)

A Produtividade Total dos Fatores (PTF) é uma relação entre todos os produtos, expressos por meio de índice, e os insumos totais, também expressos na forma de índice.

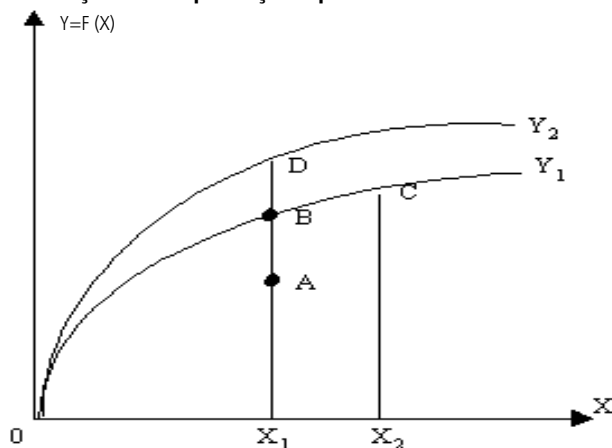
Se a relação entre o total de produto e de insumos totais é crescente, então a relação pode ser interpretada como que mais produto pode ser obtido para um dado nível de insumos (Ahearn *et alii*, 1998). A taxa de crescimento da PTF é a de crescimento do produto menos a de crescimento do índice agregado de insumos. O crescimento da PTF capta o crescimento do produto que é devido ao uso mais eficiente dos fatores de produção, proporcionado pela melhoria tecnológica. Diferenças na PTF da agropecuária ao longo do tempo podem resultar de vários fatores. Estes incluem (Ahearn *et alii*, 1998):

- diferenças na eficiência (menos que o máximo de produto é produzido a partir de uma cesta de insumos em determinados períodos de tempo);
- variação na escala ou no nível de produção ao longo do tempo, quando o produto por unidade de insumo varia com a escala de produção; ou
- mudança tecnológica.

Uma representação gráfica da função de produção esclarece o que uma medida de produtividade pode captar (Ahearn *op. cit.*). No caso mais simples, um único produto (Y) é produzido com um único insumo (X). Na figura 1, qualquer ponto ao longo da curva Y_1 indica o máximo de Y que pode ser obtido para um dado nível de X. Qualquer combinação X, Y, abaixo da curva (ponto A), representa uma produção tecnicamente ineficiente uma vez que mais Y poderia ser produzido com a mesma quantidade de X.

A curvatura da função de produção na figura 1 representa tecnologia de produção com retornos decrescentes à escala. À medida que cresce a quantidade do insumo X, são necessários acréscimos cada vez maiores em X para obter uma unidade adicional de Y. Se, ao longo do tempo, os produtores elevarem sua produção, tendo em vista a curvatura de Y, eles irão obter menor produção por unidade de insumo (Ahearn, *op. cit.*).

FIGURA 1

Relações entre produção e produtividade

Fonte: Ahearn *et alii*, 1998.

Obs.: Mudanças da produtividade resultam de diferenças em eficiência, escala de produção ou mudança tecnológica.

Mais unidades de Y podem ser obtidas para um dado nível de X mediante da inovação técnica. Mudança da tecnologia de produção pode ser representada na figura 1 como um deslocamento da superfície de produção de Y_1 para Y_2 . A cada escala de produção, mais produto é produzido com a nova tecnologia representada em Y_2 , do que com a tecnologia original Y_1 . Por exemplo: quando a tecnologia de produção é representada por Y_1 , um nível de insumo X_1 resultará um produto no ponto B. Contudo, após a mudança representada por Y_2 , a mesma quantidade de insumo, X_1 , proporciona produção maior (ponto D). A mudança tecnológica está geralmente embutida na melhoria da qualidade humana e do capital físico. Como vimos, essa fonte de crescimento pode ser medida pelo movimento do ponto B para o ponto D. Tal aumento do produto é captado pela PTF ao longo do tempo. Esse deslocamento do ponto B para D, no qual mais produto pode ser obtido com mesma quantidade de insumos, pode ser motivado também, segundo Wen (1993), por inovação institucional. O produto pode crescer até mesmo quando certas restrições institucionais na alocação de recursos são eliminadas.

2.3 CONDICIONANTES DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES (PTF)

Existem vários fatores que podem afetar a produtividade agrícola (Ahearn *et alii*, 1998; Rosegrant e Evenson, 1992; Prescott, 1997). As pressões sobre os preços relativos de insumos são usualmente citadas como fonte de inovação técnica na agricultura, denominada como conceito de inovação induzida. Os agricultores são sensíveis a mudanças nos preços relativos dos insumos. Se o salário da mão-de-obra eleva-se em relação ao preço do capital, os agricultores tentarão usar mais capital em lugar de trabalho. Essa mudança dos preços relativos também pode induzir as firmas privadas (por exemplo, as companhias de máquinas agrícolas) a desenvolver novas tecnologias que poupam trabalho em relação ao insumo mais dispendioso (Ahearn, *op. cit.*).

O crescimento do produto, como vimos, pode resultar do aumento do uso dos insumos ou do aumento da produtividade. Tendo em vista que a produtividade residual é calculada como a diferença entre a taxa de crescimento do produto e a de cres-

cimento dos insumos, a produtividade é o resultado de mudança tecnológica e de muitos outros fatores. As medidas de produtividade, segundo Ahearn *et alii*, (1998), não oferecem qualquer informação acerca do papel em separado de cada um desses fatores. Contudo, eles argumentam que o entendimento das fontes de crescimento da produtividade é de interesse em razão da importância econômica das ligações entre crescimento da produtividade e nível de vida da sociedade.

Rosegrant e Evenson (1992), ao analisar as fontes de crescimento da produtividade de lavouras no sul da Ásia, utilizaram diversas variáveis, como salário real, educação, pesquisa, extensão e preços relativos, entre outras. Ávila e Evenson (1995) analisaram os efeitos de pesquisa e desenvolvimento sobre a Produtividade Total dos Fatores na agropecuária brasileira em uma das escassas experiências sobre esse tipo de trabalho no país. Mais recentemente, Ahearn *et alii*, (1998) mostram que diversas fontes têm sido identificadas na literatura como as mais importantes para a mudança da produtividade na agricultura:

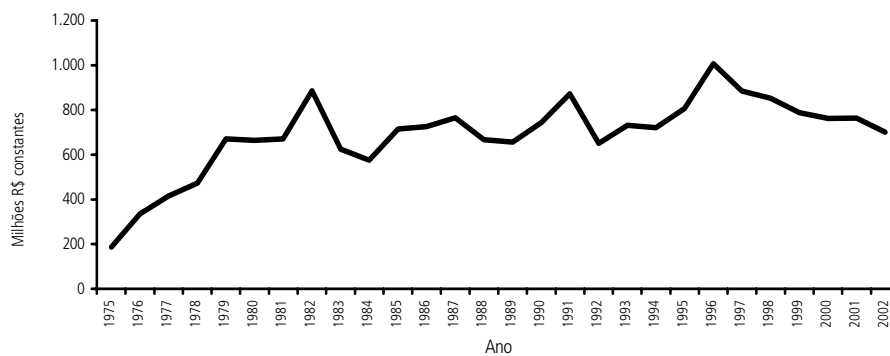
- pesquisa e desenvolvimento;
- extensão;
- educação;
- infra-estrutura; e
- programas de governo.

Finalmente, um estudo da FAO (2000) aponta, como condicionantes do crescimento da Produtividade Total dos Fatores (PTF), os dispêndios em pesquisa, extensão, escolaridade e infra-estrutura.

Neste trabalho, serão analisados os seguintes condicionantes do crescimento da Produtividade Total dos Fatores: dispêndios realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) em pesquisa e desenvolvimento; desembolso em crédito rural; e relação de trocas da agropecuária. O comportamento dessas três variáveis ao longo do tempo pode ser visto nas figuras que se seguem nas quais constam a evolução dos gastos com pesquisa e desenvolvimento realizados pela Embrapa e os desembolsos do crédito rural no período de 1975 a 2002, bem como a evolução da relação de trocas no período de 1986 a 2002.

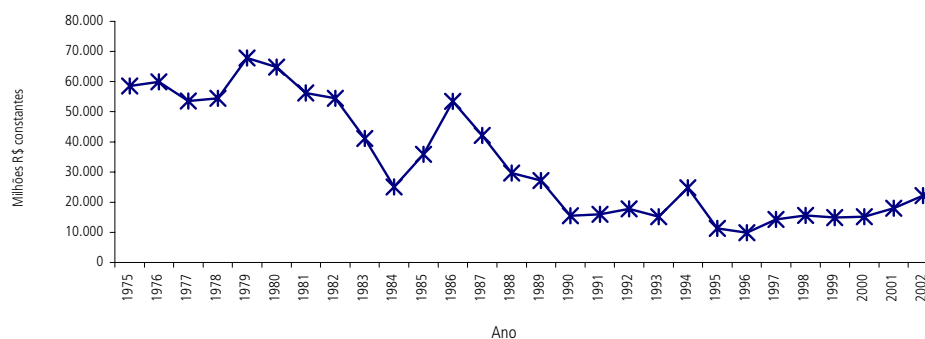
O comportamento dessas variáveis no período utilizado nesta pesquisa foi o seguinte:

GRÁFICO 1
Gasto com pesquisa e desenvolvimento pela Embrapa



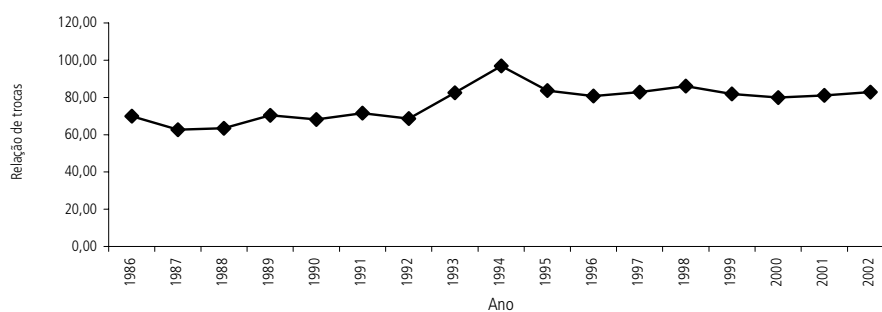
Fonte: Embrapa.

GRÁFICO 2
Crédito rural – desembolsos a produtores, cooperativas e Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf)



Fonte: Banco Central do Brasil (Bacen).

GRÁFICO 3
Relação de trocas – relação entre preços recebidos pelos agricultores e preços pagos pelos insumos adquiridos



Fonte: Fundação Getúlio Vargas (FGV).

2.4 ESTIMAÇÃO DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES (PTF)

A mensuração do índice de PTF basear-se-á na metodologia usada por Christensen e Jorgenson (1970). Será utilizada a fórmula de Tornqvist, tendo em vista a sua superioridade em relação aos tradicionais índices de Laspeyres e Paache. A principal diferença entre os índices de Laspeyres e Tornqvist é que aquele mantém os preços fixados no nível de um período base, enquanto o índice de Tornqvist usa os preços tanto para o período base como para o período de comparação. Em Tornqvist, os preços variam ano a ano em todo o período analisado – e isso pode, em certos casos, ser tomado como desvantagem em decorrência da não disponibilidade dos dados de preços para produtos e insumos para todos os anos. O índice de Tornqvist é preferível ao de Laspeyres porque não requer a suposição irrealista de que todos os insumos são substitutos perfeitos na produção (Ahearn *et alii*, 1998 e Christensen, 1975).

O índice de Tornqvist é considerado superior aos demais por corresponder a uma função de produção mais flexível como a translog, conforme foi demonstrado por Diewert (1976). Segundo Christensen (1975), a característica de ser flexível de uma função de produção indica que ela pode aproximar estruturas de produção com arbitrarias possibilidades de substituição. O aprofundamento sobre a função translog pode ser encontrado em Christensen, Jorgenson e Lau (1971). As propriedades do índice de Tornqvist são detalhadamente discutidas em Nadiri (1970) e Hulten (1973).

Essa abordagem, chamada de abordagem do número-índice ou não-paramétrica tem tido utilização em diversas áreas, como agricultura, indústria e infra-estrutura (Gasques e Conceição, 2001). Outra maneira de estimar a produtividade total é mediante o uso de econometria: calcula-se a variação da produtividade total a partir da mensuração do deslocamento de funções de produção e de custo (Veeman, 1995, p. 523).

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (United States Department of Agriculture – USDA) utiliza o índice de Tornqvist para acompanhar a evolução da PTF da economia americana (Ahearn *et alii*, 1998) e possui uma série de Produtividade Total dos Fatores desde 1947 (Ball *et alii*, 1997).

A definição do índice de Tornqvist é a seguinte:

$$PTF_t / PTF_{t-1} = \frac{\pi_{i=1}^n \left(\frac{Y_{it}}{Y_{it-1}} \right)^{\frac{S_i + S_{i-1}}{2}}}{\pi_{j=1}^m \left(\frac{X_{jt}}{X_{jt-1}} \right)^{\frac{C_j + C_{j-1}}{2}}} \quad (1)$$

Nessa expressão, Y_i e X_j são, respectivamente, as quantidades dos produtos e dos insumos; S_i e C_j são, respectivamente, as participações do produto i no valor agregado dos produtos e dos insumos j no custo total dos insumos.

Aplicando-se logaritmo à expressão acima, chega-se à seguinte formulação geral de Tornqvist:

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

O lado esquerdo da expressão (2) define a variação da Produtividade Total dos Fatores entre dois períodos sucessivos de tempo.

O primeiro termo no segundo membro da expressão (2) é o somatório dos logaritmos da razão das quantidades de produto em dois períodos de tempo sucessivos, ponderados pela participação de cada produto no valor total da produção. O segundo termo é o logaritmo da razão de quantidades de insumos em dois períodos de tempo sucessivos, ponderados pela participação de cada insumo no custo total. Verifica-se, portanto, que a construção do índice de Tornqvist requer a disponibilidade de preços e quantidades para todos os produtos e os insumos utilizados (Gasques e Conceição, 2001).

A partir da expressão (2), o índice de Produtividade Total dos Fatores é obtido da seguinte forma: inicialmente, alcançado o resultado da expressão, calcula-se o exponencial desse resultado para cada ano que se está analisando; feito isso, para se obter o índice de PTF, considera-se um ano base como 100 e encadeiam-se os índices dos anos subseqüentes, por meio da seguinte expressão:

$$PTF_t^e = PTF_t \cdot PTF_{t-1}^e,$$

onde os valores sem o sobrescrito *e* referem-se aos índices antes do encadeamento e os valores com o sobrescrito *e* são os índices previamente encadeados. Como se vê, cada índice de PTF é calculado em relação ao período imediatamente anterior e não em relação a um único ano-base. Esse processo de encadeamento é explicado por Thirtle e Bottomley (1992) e também por Hoffmann (1988).

Uma vez estimado o índice de PTF, outro passo consistirá em analisar os principais condicionantes da produtividade agrícola. Tal assunto tem sido tratado, especialmente, na literatura internacional, e usualmente as variáveis incluídas são: educação, extensão rural, pesquisa e crédito rural. Conforme mencionado anteriormente, neste trabalho as variáveis utilizadas como condicionantes da Produtividade Total dos Fatores são pesquisa agropecuária, crédito rural e relação de trocas.

2.5 A UTILIZAÇÃO DO MODELO AUTO-REGRESSÃO VETORIAL (VAR) NA ANÁLISE DOS CONDICIONANTES DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES (PTF)

No presente estudo, utilizou-se a metodologia de Auto-Regressão Vetorial (VAR) com identificação pelo processo de Bernanke (1986) para analisar os efeitos das variáveis gastos com pesquisa e crédito rural sobre a Produtividade Total dos Fatores. O uso de tal metodologia possibilita que sejam obtidas as elasticidades de impulso para *k* períodos à frente, as quais proporcionam a avaliação do comportamento das variáveis em resposta a choques individuais em cada um dos componentes do modelo, podendo-se, assim, analisar, por meio de simulação, efeitos de eventos que tenham alguma probabilidade de ocorrer.¹ A metodologia VAR possibilita, também, a decomposição histórica da vari-

1. A simulação com base na função impulso-resposta do VAR prevê mecanismo para estimar respostas a choques sem manter a pressuposição de condições *ceteris paribus* para as outras variáveis do modelo.

ância dos erros de previsão, k períodos à frente, em porcentagens a ser atribuídas a cada variável componente do modelo, permitindo avaliar o poder explicativo de uma variável sobre as demais. Essa metodologia tem como limitação o fato de ter estrutura recursiva para as relações contemporâneas entre as variáveis. O modelo conhecido como VAR estruturado, desenvolvido por Bernanke, supera tal restrição e permite estabelecer relações contemporâneas entre as variáveis (Harvey, 1990 e Hamilton, 1994).

Um modelo VAR estruturado pode ser representado por:

$$\mathbf{B}_0 \mathbf{y}_t = \mathbf{B}_1 \mathbf{y}_{t-1} + \mathbf{B}_2 \mathbf{y}_{t-2} + \dots + \mathbf{B}_p \mathbf{y}_{t-p} + \mathbf{e}_t, \quad (1)$$

onde \mathbf{y}_t é um vetor com variáveis de interesse; \mathbf{B}_j são matrizes ($n \times n$) para qualquer j , com \mathbf{B}_0 é a matriz de relações contemporâneas e \mathbf{e}_t é um vetor $n \times 1$ de choques ortogonais. Além de se considerar que os componentes de \mathbf{e}_t são não correlacionados serialmente, adota-se a suposição de que eles não têm causa comum, tratando-os como mutuamente não-correlacionados, de tal forma que $E(\mathbf{e}_t \mathbf{e}_t') = \mathbf{D}$. A equação (1) pode ser escrita como:

$$\mathbf{B}(L) \mathbf{y}_t = \mathbf{e}_t, \quad (2)$$

onde $\mathbf{B}(L)$ é um polinômio em L ($\mathbf{B}_0 + \mathbf{B}_1 L + \mathbf{B}_2 L^2 + \dots + \mathbf{B}_p L^p$), com L sendo o operador de defasagem tal que $L^j \mathbf{y}_t = \mathbf{y}_{t-j}$ para j inteiro.

Para a estimação do modelo, pré-multiplica-se (2) por \mathbf{B}_0^{-1} e obtém-se a forma reduzida:

$$\mathbf{A}(L) \mathbf{y}_t = \mathbf{u}_t, \quad (3)$$

na qual $\mathbf{A}(L) = \mathbf{B}_0^{-1} \mathbf{B}(L)$, $\mathbf{A}_0 = \mathbf{I}_n$ e $\mathbf{u}_t = \mathbf{B}_0^{-1} \mathbf{e}_t$. A equação (3) pode ser estimada por Mínimos Quadrados Ordinários, e com o uso do procedimento de Bernanke pode-se estimar, por meio da maximização da função de verossimilhança, os coeficientes de \mathbf{B}_0 e \mathbf{D} .

Se o processo é estacionário, a equação (3) pode ser escrita na forma de média móvel (Lütkepohl, 1991):

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{C}(L) \mathbf{u}_t, \quad (4)$$

na qual $\mathbf{C}(L)$, que é estimado conhecendo-se $\mathbf{A}(L)$, é um polinômio de ordem infinita de matrizes \mathbf{C}_j . Escrevendo a equação (4) em termos de \mathbf{e}_t tem-se:

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{C}(L) \mathbf{B}_0^{-1} \mathbf{e}_t \quad (5)$$

Essa equação pode ser usada para analisar os efeitos dos choques e a decomposição da variância do erro de previsão. O modelo, conforme descrito, requer o uso de séries estacionárias ou séries que se tornam estacionárias após a diferenciação, para se evitar a obtenção de relacionamento espúrio entre as variáveis. Para testar a estacionariedade das séries, utilizaram-se os testes de Dickey-Fuller. Se as séries são integradas de mesma ordem e co-integradas, um termo de correção de erro deve ser incluído no modelo, sem o que ocorre erro de especificação – ver Engle e Granger (1987) e Johansen e Juselius (1990).

Diversos estudos tratam de estabelecer procedimentos para verificar a ordem de integração de uma série temporal. Entre os procedimentos existentes, os de Fuller (1976), complementados pelos de Dickey e Fuller (1979 e 1981), têm sido bastante utilizados. Pressupondo que a série é gerada por processo auto-regressivo de ordem p [AR(p)], o seguinte modelo pode ser utilizado para testar raiz unitária:

$$\Delta x_t = \alpha + \beta T + \eta x_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \theta_i \Delta x_{t-1} + e_t, \quad (6)$$

sendo: $\eta = \sum_{i=1}^p \rho_i - 1$; $\theta_i = - \sum_{j=i+1}^p \rho_j$; e T = tendência determinista do modelo.

Os testes de AIC (Akaike Information Criterion) e SC (Schwarz Criterion) em uma versão uni-equacional podem ser utilizados para a determinação do valor de p , de forma que se obtenha resíduos não-correlacionados, ou seja, ruído branco (Lütkepohl, 1991). O teste Q de Ljung Box, por sua vez, dá indicação da existência ou não de autocorrelação serial, podendo ser utilizado como procedimento auxiliar na determinação do valor de p .

Os testes de Dickey e Fuller consistem na utilização das estatísticas $\tau_{\beta\tau}$ e $\tau_{\alpha\mu}$ que avaliam a significância dos coeficientes da variável tendência (β) do modelo que inclui essa variável e da constante no modelo no qual a tendência é excluída. São utilizadas as estatísticas τ_τ , τ_μ e τ , as quais correspondem respectivamente aos coeficientes da variável defasada (η) do modelo com constante e tendência; apenas constante; e sem constante e tendência.

O teste é repetido, quando necessário, fazendo-se diferenças sucessivas da série. O número de raízes unitárias (ordem de integração) é dado pelo número de vezes que a série deve ser diferenciada para se tornar estacionária.

Se as variáveis são integradas de mesma ordem, o próximo passo seria testar a existência de **co-integração** entre elas. Tal conceito refere-se à relação de equilíbrio no longo prazo entre as variáveis. O procedimento de Johansen (1988) é indicado para testar **co-integração** quando se trata de modelo multi-equacional.

2.6 OS DADOS

Pela definição de Produtividade Total dos Fatores como medida representada pela relação entre índice agregado de produto total e índice agregado de insumo total, serão apresentadas inicialmente as informações para obtenção do índice de produto e, em seguida, as referentes à construção dos índices de insumos.

Para a estimação do índice agregado de produto no período de 1975 a 2002, foram utilizadas as informações que seguem.

O índice de produto foi construído agregando, por meio de seus respectivos preços, 66 produtos das lavouras permanentes e temporárias cujas informações são publicadas pelo IBGE na pesquisa Produção Agrícola Municipal (PAM) e no Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA). Os preços utilizados para obtenção do valor de produção e para agregar as diferentes lavouras são os preços médios anuais recebidos

pelos agricultores, divulgados pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). A obtenção do valor da produção é um passo necessário na construção do índice de Tornqvist para se obter as participações de cada produto no valor total da produção.

Não é necessário trabalhar com valores deflacionados, pois, como foi visto, o índice de Tornqvist é estimado a partir das participações de cada produto, o que dispensa a atualização da moeda.

No caso da pecuária, por meio de procedimento análogo ao das lavouras, foi também possível obter as participações de cada produto animal no valor da produção.

A produção da pecuária utilizada neste trabalho é formada por dois subgrupos de produtos. O primeiro é formado por bovinos, suínos e aves, no qual as quantidades são expressas em peso de carcaças. A fonte dessas informações é o IBGE, e se encontra no Anuário Estatístico do Brasil. As informações dos últimos quatro a cinco anos que não se encontravam nessa publicação foram-nos fornecidas pelo Departamento de Agropecuária/Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Deagro/IBGE). Os preços referentes a esses produtos são os recebidos pelos produtores e publicados pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). O outro subgrupo que compõe a pecuária é formado por: leite, lã, ovos de galinha, ovos de codorna, ovos de outras aves, mel de abelha, cera de abelha e casulos do bicho da seda. As quantidades e o valor desses produtos foram obtidos no IBGE e são publicados em **Produção da Pecuária Municipal** (IBGE, vários anos).

O índice agregado de insumos foi estimado utilizando os seguintes fatores: terra, pessoal ocupado, máquinas agrícolas automotrizes, fertilizantes (nitrogenados, fosfatos e potássicos) e defensivos agrícolas (inseticidas, acaricidas, formicidas, herbicidas e outros). As fontes e as definições de quantidades e valores desses fatores são as seguintes:

a) Terra

É a área colhida com lavouras temporárias, permanentes e com pastagens, naturais e plantadas. Essas informações são do IBGE. O custo das terras de lavouras foi obtido multiplicando-se as áreas ocupadas em cada ano com lavouras pelo preço médio anual dos arrendamentos em dinheiro de terras de lavouras, publicados pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Do mesmo modo, o custo da utilização das áreas de pastagens foi calculado multiplicando-se o preço médio anual do arrendamento das terras para explorações animais da FGV pela área ocupada por pastagens.

Nesse cálculo, a série de dados anuais de área foi obtida a partir das informações dos anos censitários: 1975, 1980, 1985 e 1995/1996. Foi calculada nesses anos a relação entre área ocupada e efetivo de bovinos. A relação obtida foi multiplicada, nos anos entre censos, pelo efetivo de bovinos, que é informação publicada anualmente pelo IBGE no Anuário Estatístico do Brasil. O resultado dessa multiplicação indica a área de pastagens. Desse modo, a partir dos quatro pontos dos anos de censo, obtiveram-se as informações sobre a área com pastagem no período de 1975 a 2002.

b) Pessoal Ocupado

A fonte de informações para Pessoal Ocupado é a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad) do IBGE, por ser a única que publica dados anuais de pes-

soal ocupado e rendimentos do trabalho segundo ramos de atividades. A quantidade de mão-de-obra refere-se ao total de pessoas de dez anos de idade ou mais que estão ocupadas na atividade agrícola como trabalho principal.

A série de dados utilizada considerou mudanças na metodologia da Pnad ocorridas em 1992. A partir desse ano, foram computadas as pessoas que estavam na agricultura, mesmo que não estivessem desenvolvendo trabalhos agrícolas, como as ocupadas na produção para o próprio consumo; em atividade de construção para o próprio uso; e as não-remuneradas que trabalhavam menos de 14 horas por semana. Isso acarretaria superestimação do pessoal ocupado comparativamente ao período anterior a 1992, que não considerava esse tipo de informação. Por essa razão, para os anos de 1992, 1993 e 1995, uma vez que em 1994 não foi feita a Pnad, utilizou-se uma tabulação cedida pelo IBGE, também usada em trabalho anterior (Gasques e Conceição, 1997). Essa série, de 1975 a 1995, foi atualizada até 2001 com as informações fornecidas por Mauro Del Grossi, as quais eram compatíveis com a série anterior por serem também da Pnad. Para estimar o custo da mão-de-obra em cada ano, multiplicou-se o ponto médio de cada classe de rendimento da Pnad, que é expresso em número de salários mínimos, pelo número de pessoas ocupadas por classe de rendimento. Esse produto gerou um montante em salários mínimos, que foi transformado em moeda corrente mediante o valor do salário mínimo médio do ano.

c) Máquinas Agrícolas Automotrizes

A obtenção das informações referentes ao capital sob a forma de máquinas e equipamentos também apresentou dificuldades em decorrência da ausência de informações sobre seus serviços. Entretanto, o uso do estoque de capital, e não de seus serviços, também é procedimento usual na literatura (Christensen e Jorgenson, 1970, p. 47). Embora haja boa discussão sobre obtenção do estoque de tratores em Barros (1999) as séries por ele estimadas infelizmente, chegam apenas a 1997.

Utilizou-se no presente trabalho procedimento semelhante ao usado por Gasques e Conceição (1997). Como estimativas de valor para obtenção das participações de máquinas e equipamentos no custo total, utilizou-se o faturamento líquido, definido pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea), como a soma das vendas de máquinas e peças de reposição. A quantidade de máquinas, por sua vez, refere-se ao número de unidades de máquinas agrícolas automotrizes vendidas anualmente (produção interna e importação), obtida também na Anfavea. Para obter o estoque de máquinas, foi adotado o seguinte procedimento: o número de unidades vendidas anualmente foi acumulado ano a ano, até 2002; a partir de 2002, subtraiu-se a cada 16 anos o número de unidades adquiridas, pois supôs-se depreciação linear anual de seis por cento (ver Barros, 1999). Por exemplo: o estoque em 2002 foi obtido subtraindo-se do número de vendas de máquinas acumuladas nesse ano (1.417.341) o número de unidades vendidas até 1987 (990.023); o estoque em 2002 foi obtido pela subtração da quantidade de vendas acumuladas até esse ano pelo número de unidades vendidas até 1986, e assim sucessivamente.

d) Fertilizantes e Defensivos Agrícolas

Quanto aos fertilizantes, as informações coletadas referem-se ao consumo aparente de nutrientes de nitrogenados, fosfatados e potássicos. O Anuário Estatístico do

Brasil do IBGE publica apenas as informações sobre consumo aparente, de modo que os preços médios de fertilizantes são os da Fundação Getúlio Vargas (FGV). Como as informações sobre o consumo aparente de fertilizantes estavam disponíveis somente até o ano de 1999, a atualização até o ano de 2002 foi feita por meio de projeção pela taxa geométrica de crescimento a partir dos anos anteriores, desde 1975.

Na categoria de defensivos agrícolas são incluídos inseticidas, acaricidas, formicidas, herbicidas e outros. As informações de quantidade e de valor referem-se ao consumo aparente do princípio ativo, sendo a fonte o Anuário Estatístico do Brasil do IBGE. Como as informações sobre esses insumos foram publicadas até 1998, a série até 2002 foi obtida por meio de projeções de quantidades e de valores obtidas por taxas geométricas de crescimento.

Considerando que as características de produtos químicos, especialmente defensivos e fertilizantes, mudam com o tempo, alguns trabalhos têm utilizado uma técnica de regressão que considera a mudança de qualidade dos insumos. Para isso são construídos índices de preço de fertilizantes e agrotóxicos usando a técnica de *hedonic regression*, na qual o coeficiente associado a uma variável *dummy* pode ser interpretado como índice de preço ajustado para mudança de qualidade (Ahearn *et alii*, 1998, p. 18).

3 RESULTADOS

3.1 ESTIMATIVAS DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES (PTF)

As estimativas da PTF, índice do produto e índice de insumos, obtidas por meio do índice de Tornqvist, são apresentadas na tabela 1. Verifica-se que, partindo-se de 100, em 1975, o crescimento do índice de produto foi muito superior ao índice de insumos, o que revela crescimento em decorrência da produtividade. No período de 1975 a 2002, o produto agropecuário cresceu a uma taxa média anual de 3,28%, enquanto o índice agregado de insumos cresceu a uma taxa negativa. Tal crescimento negativo no uso de fatores de produção deveu-se, como se nota na tabela 1, aos sinais negativos das taxas de crescimento do índices de mão-de-obra e terra.

A Produtividade Total dos Fatores (PTF) cresceu no período de 1975 a 2002 a uma taxa média anual de 3,30%. Embora essa taxa possa ser considerada elevada, as taxas obtidas a partir dos anos 1990, revelam estimativas também elevadas para o crescimento da PTF. Na década de 1990, a taxa média anual de crescimento da PTF foi de 4,88% e, no início dos anos 2000, de 6,04% (tabela 1).

A tabela 1 apresenta também as estimativas dos índices de produto, insumos e também para os índices desagregados de mão-de-obra, terra e capital. Outra evidência direta do crescimento da agropecuária com base nos acréscimos da PTF pode ser notada nessa tabela ao observar que entre 1975 e 2002, enquanto o índice de produto cresceu 160,66%, o índice de insumos aumentou 21,12%. Esse resultado pode ser mais bem qualificado pela taxa anual de crescimento, que é negativa para o agregado de insumos e para o índice de mão-de-obra e de terra. Apenas o índice de capital evidenciou taxa anual de crescimento positiva entre 1975 e 2002. Esses resultados mostram que o crescimento anual médio de 3,28% no período de 1975 a 2002, do índice de produto, vem se dando com redução do uso de insumos e do emprego de mão-de-obra. A com-

paração do índice de produto e do índice de insumos, como ilustra o gráfico 4, mostra que o produto agropecuário vem crescendo por efeitos dos acréscimos da Produtividade Total dos Fatores (PTF). Esse comportamento irregular da PTF no início da série deve-se a uma grande variação nos dados de área de pastagens nos anos de 1975 a 1977. Como foi visto, as pastagens representam o insumo de maior valor na construção do índice de insumos e suas variações têm efeito no comportamento da PTF.

TABELA 1

Índices de Tornqvist para PTF, Produto e Insumos

Ano	Índice produto	Índice insumos	PTF	Índice mão-de-obra	Índice terra	Índice capital
1975	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1976	99,04	143,66	68,94	100,00	187,62	110,01
1977	113,64	176,70	64,31	100,40	271,95	114,35
1978	111,42	113,08	98,53	99,75	109,00	117,61
1979	116,75	116,86	99,90	99,63	112,49	121,85
1980	125,22	114,94	108,94	97,43	112,17	120,90
1981	133,80	115,95	115,39	98,25	114,60	119,41
1982	133,09	118,41	112,40	99,23	118,31	119,42
1983	133,24	117,89	113,02	98,02	114,67	123,64
1984	139,77	123,19	113,46	100,13	121,72	124,51
1985	158,00	123,93	127,50	100,34	117,32	130,47
1986	142,77	127,42	112,04	99,54	122,51	133,14
1987	158,11	129,79	121,82	99,36	126,07	134,49
1988	164,45	132,41	124,20	99,44	131,56	134,02
1989	171,96	133,92	128,41	99,31	136,62	132,19
1990	165,28	133,40	123,89	99,43	136,09	131,53
1991	170,18	135,20	125,87	98,10	142,21	131,03
1992	180,50	137,07	131,69	99,48	145,14	130,12
1993	177,87	135,88	130,90	99,32	142,30	130,63
1994	191,85	139,79	137,24	99,03	150,71	130,93
1995	196,55	120,87	162,62	99,33	113,99	129,02
1996	193,37	117,05	165,21	97,91	108,03	129,54
1997	200,28	119,62	167,43	98,02	111,75	130,62
1998	206,85	119,35	173,30	97,20	112,53	130,24
1999	223,19	121,36	183,90	98,26	115,34	129,96
2000	232,46	121,46	191,40	97,39	117,43	128,99
2001	251,36	121,26	207,30	96,59	118,84	128,09
2002	260,66	121,12	215,21	96,36	120,05	126,81

Taxas anuais de crescimento						
Período	Índice produto	PTF	Índice insumos	Índice mão-de-obra	Índice terra	Índice capital
1975-2002	3,28	3,30	-0,02	-0,09	-0,52	0,57
1975-1979	4,37	3,62	0,73	-0,10	-3,03	4,73
1980-1989	3,38	1,52	1,84	0,19	1,97	1,51
1990-1999	2,99	4,88	-1,80	-0,17	-3,30	-0,10
2000-2002	5,89	6,04	-0,14	-0,53	1,11	-0,85

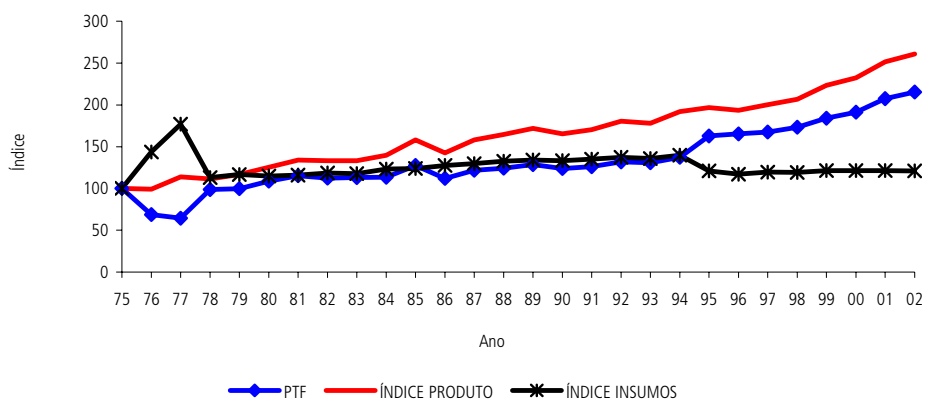
Fonte: Dados da Pesquisa.

Obs.: Para obtenção da taxa de crescimento, foi feita regressão do logaritmo do índice contra a variável tendência. A taxa anual de crescimento foi obtida subtraindo-se 1 do expoente do coeficiente da variável tendência.

Ao longo do período analisado (1975-2002), a produtividade da terra foi o principal componente associado ao acréscimo da PTF. Como se sabe, a produtividade da

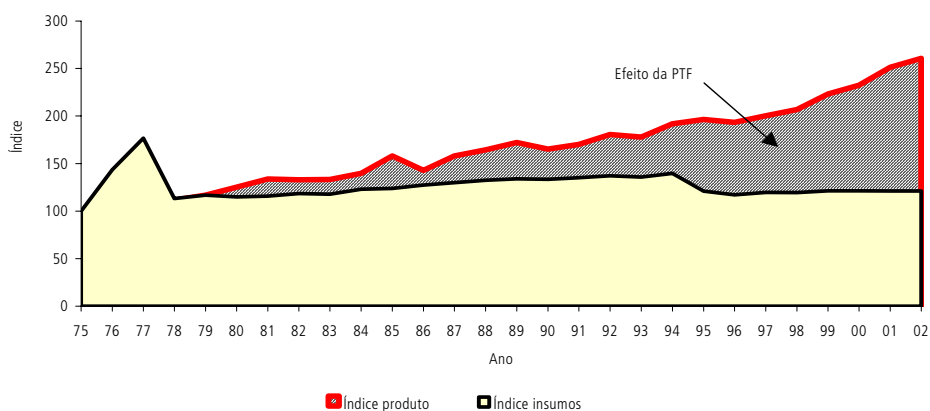
terra é influenciada principalmente por Pesquisa e Desenvolvimento, a cargo de instituições públicas como Embrapa e instituições privadas. Vê-se que no período mencionado a taxa anual de crescimento da produtividade da terra, 3,82%, foi até mesmo superior à taxa anual da PTF, 3,30%. Mas os efeitos da produtividade da mão-de-obra e do capital sobre a PTF também foram expressivos, como pode ser constatado pelas taxas de crescimento de 3,37% e 2,69%, respectivamente (tabela 2). O gráfico 4 ilustra a evolução da PTF e dos índices de produto e de insumos, enquanto o gráfico 5 mostra os efeitos da PTF sobre o índice de produto.

GRÁFICO 4
Produtividade Total dos Fatores (PTF), índice do produto e índice dos insumos



Fonte: Elaboração dos autores.

GRÁFICO 5
Índice do produto e índice dos insumos



Fonte: Elaboração dos autores.

TABELA 2

Índice de Tornqvist das produtividades parciais da terra, trabalho e capital

Ano	Produtividade terra	Produtividade mão-de-obra	Produtividade capital
1975	100,00	100,00	100,00
1976	52,79	99,04	90,03
1977	41,79	113,18	99,38
1978	102,22	111,70	94,74
1979	103,78	117,19	95,81
1980	111,63	128,53	103,58
1981	116,75	136,18	112,04
1982	112,49	134,12	111,45
1983	116,20	135,93	107,76
1984	114,83	139,59	112,26
1985	134,68	157,47	121,11
1986	116,53	143,43	107,23
1987	125,42	159,14	117,57
1988	125,00	165,37	122,70
1989	125,87	173,17	130,08
1990	121,45	166,23	125,66
1991	119,67	173,48	129,88
1992	124,36	181,45	138,72
1993	124,99	179,08	136,16
1994	127,30	193,73	146,53
1995	172,43	197,87	152,34
1996	179,01	197,51	149,28
1997	179,21	204,32	153,32
1998	183,81	212,80	158,82
1999	193,51	227,13	171,74
2000	197,95	238,70	180,22
2001	211,51	260,24	196,23
2002	217,13	270,50	205,55

Taxas anuais de crescimento das produtividades parciais na agropecuária brasileira			
Período	Produtividade terra	Produtividade mão-de-obra	Produtividade capital
1975-2002	3,82	3,37	2,69
1975-1979	7,63	4,47	-0,34
1980-1989	1,39	3,19	1,84
1990-1999	6,51	3,17	3,10
2000-2002	4,73	6,45	6,80

Fonte: Elaboração dos autores.

Obs.: Para obtenção da taxa de crescimento, foi feita regressão do logaritmo do índice de PTF ou de outra produtividade contra a variável tendência. A taxa anual de crescimento foi obtida subtraindo-se 1 do expoente do coeficiente da variável tendência.

A tabela 3 apresenta as taxas de crescimento dos vários indicadores tratados na pesquisa em diversos períodos de tempo: últimos vinte, dez e cinco anos. Nota-se em primeiro lugar que a agropecuária tem apresentado elevadas taxas de crescimento da produtividade de mão-de-obra, terra e capital que, sem dúvida, refletiram-se no desempenho da PTF. Outro ponto é que apesar de o crescimento da produtividade da terra ter sido elevado e superior à produtividade do trabalho, nos últimos cinco anos a produtividade do trabalho tem crescido mais do que a da terra: 6,35% ao ano para a produtividade de mão-de-obra e 4,31% para a terra, no período de 1998 a 2002. Estimativas recentes para a produtividade em São Paulo no período de 1995 a 2002 foram obtidas por Vicente (2003); porém, a taxa de crescimento obtida é menor que a taxa encontrada no presente trabalho para o Brasil (tabela 4).

TABELA 3

Taxas anuais de crescimento

Identificação	Últimos 20 anos	Últimos 10 anos	Últimos 5 anos
	1983-2002	1993-2002	1998-2002
Prod. mão-de-obra	3,29	4,45	6,35
Prod. terra	3,56	5,91	4,31
Prod. capital	3,16	4,36	6,71
PTF	3,44	5,31	5,68
Índice produto	3,14	4,10	5,99
Índice insumos	-0,29	-1,14	0,29
Índice mão-de-obra	-0,15	-0,33	-0,34
Índice terra	-0,40	-1,71	1,61
Índice capital	-0,03	-0,25	-0,67

Fonte: Dados do Trabalho.

Obs.: Para obtenção da taxa de crescimento foi feita regressão do logaritmo dos índices ou das produtividades contra a variável tendência. A taxa anual de crescimento foi obtida subtraindo-se 1 do expoente do coeficiente da variável tendência.

TABELA 4

Produtividade Total dos Fatores (PTF) em São Paulo

Anos	PTF
1995	100,00
1996	87,91
1997	90,71
1998	95,23
1999	90,87
2000	100,22
2001	106,08
2002	113,22
Taxa anual (%)*	2,483

Fonte: Vicente, 2003.

*Estimativas dos autores.

O crescimento da produtividade da agricultura brasileira tem sido superior ao da produtividade estadunidense (tabela 5). A tabela mostra os índices de produtividade total nos Estados Unidos no período de 1990 a 1999, os quais resultam em uma taxa média anual de 1,57% abaixo da taxa média brasileira nos últimos anos, de 3,30%. Em um período longo, 1948-1994, Ahearn *et alii* (1998) estimaram uma taxa anual de crescimento da PTF nesse país de 1,94%, que pode ser considerada alta para um período longo. Outras evidências sobre o crescimento da PTF para os Estados Unidos podem ser encontradas em Ball *et. alii* (1997). Tais autores concluíram que o crescimento da produtividade tem sido o principal fator responsável pelo crescimento da economia americana (p. 1.062).

TABELA 5

Agricultural productivity: index-numbers (1996=100) of farm output per unit of input, United States, 1990-1999

Year	Productivity ¹
1990	0,886
1991	0,887
1992	0,955
1993	0,908
1994	1,005
1995	0,932
1996	1,000
1997	1,015
1998	1,011
1999	1,006
Annual rate (%)*	1,574

Fonte: USDA.

Nota: ¹Productivity is the input-output ratio.

*Estimativas dos autores.

3.2 CONDICIONANTES DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES (PTF)

3.2.1 Resultados do modelo VAR estrutural com duas defasagens e tendência no período de 1975 a 2002

Os resultados dos testes de raiz unitária indicam que as séries Produtividade Total dos Fatores e gasto com pesquisa são estacionárias. No caso da série crédito rural, os resultados indicam que ela é integrada de ordem um. No entanto, essa série foi tomada como estacionária, considerando-se que os testes de raiz unitária não permitem distinguir, muitas vezes, séries que são estacionárias em torno de tendência determinista, de séries que têm tendência estocástica e, portanto, necessitam ser diferenciadas para se tornarem estacionárias. Os testes de raiz unitária têm baixo poder e indicam, muitas vezes, raiz unitária no processo gerador da série temporal quando ela, na verdade, não existe. É importante mencionar ainda que o pequeno número de observações da amostra pode comprometer os resultados de tais testes. Dessa forma, optou-se por ajustar o modelo com as séries no nível com os dados transformados em logaritmos, de forma que os valores obtidos na matriz de relações contemporâneas e na função de impulso-resposta são as próprias elasticidades.

TABELA 6

Testes de raiz unitária de Dickey e Fuller para as séries de Produtividade Total dos Fatores (PTF), gasto com pesquisa e crédito rural

Séries	Estatísticas				
	$\tau_{\beta\tau}$	τ_{τ}	$\tau_{\alpha\mu}$	τ_{μ}	τ
Produtividade Total dos Fatores	3,899*	-3,841*	-	-	-
Gastos com pesquisa	1,041	-4,928*	-	-	-
Crédito rural	-1,742	-2,264	1,498	-1,514	-0,667
Crédito rural (nas diferenças)	-	-	-	-	-5,364

Obs.: Os testes de raiz unitária são feitos com base nos procedimentos apresentados em Enders (1995). Os critérios de Akaike e Schwarz e o teste Q indicaram que os três modelos deveriam ser ajustados sem defasagem da variável dependente.

Os valores obtidos na matriz de relações contemporâneas indicam que uma variação de 1% nos gastos em pesquisa tem impacto imediato da ordem de 0,17% na Produtividade Total dos Fatores (PTF). No caso do crédito rural, o efeito é menor (0,06% – ver tabela 7). No entanto, os resultados da função de impulso-resposta apresentados a seguir indicam que impacto maior sobre a PTF acontece no segundo ano após ocorrer o choque, tanto no caso da variável gasto com pesquisa como no caso do crédito. Esses efeitos são da ordem de 0,22% e 0,11%, respectivamente, e tendem a desaparecer no tempo (gráficos 6 e 7).

É importante fazer algumas considerações sobre o efeito decrescente dos choques nas variáveis gastos com pesquisa e crédito sobre a PTF. Observa-se efeito não-cumulativo desses choques sobre a PTF, fato que pode ser explicado pelo reflexo dos ganhos em PTF. Espera-se que os ganhos em produtividade decorrentes de variações em gastos com pesquisa e crédito sejam permanentes e acumulativos; no entanto, esses ganhos, ao se traduzirem em queda de preço, tendem, sob a ótica do produtor, a desaparecer no tempo.

TABELA 7

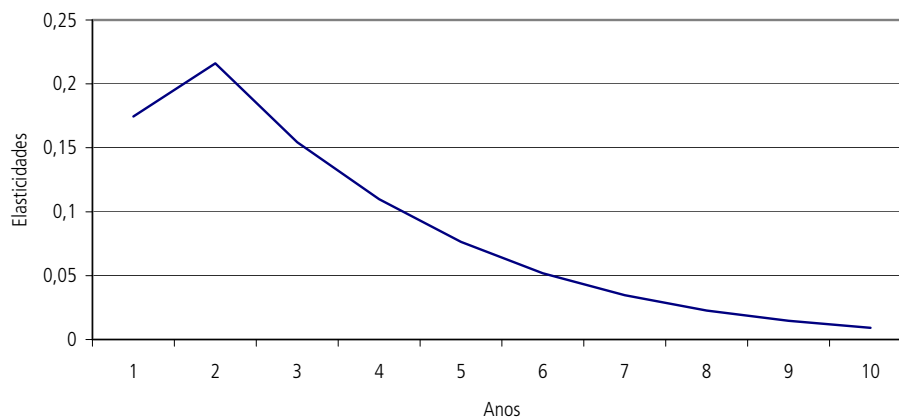
Relações contemporâneas entre Produtividade Total dos Fatores (PTF) e gasto com pesquisa e crédito rural

Variável	Valor do coeficiente	Desvio-padrão
Gastos com pesquisa	0,17454	0,12602
Crédito rural	0,06410	0,05657

Fonte: Elaboração dos autores.

GRÁFICO 6

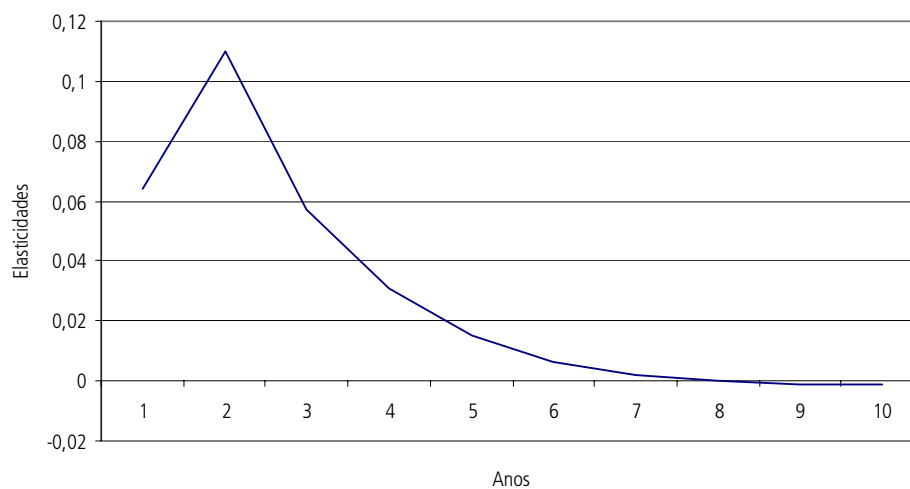
Impacto de choque na série gasto com pesquisa sobre a Produtividade Total dos Fatores (PTF)



Fonte: Elaboração dos autores.

GRÁFICO 7

Impacto de choque na série de crédito rural sobre a Produtividade Total dos Fatores (PTF)



Fonte: Elaboração dos autores.

A decomposição da variância do erro de previsão da série Produtividade Total dos Fatores (PTF), apresentada na tabela 8, mostra que o gasto com pesquisa explica aproximadamente de 6 a 18% da variância do erro de previsão da série PTF, enquanto o crédito rural explica aproximadamente de 4 a 15% daquela variância.

TABELA 8

Decomposição da variância do erro de previsão da série Produtividade Total dos Fatores (PTF)

Ano	Produtividade Total dos Fatores	Gasto com pesquisa	Crédito rural
1	89,274	6,426	4,300
2	73,751	12,870	13,380
3	69,631	15,520	14,849
4	68,100	16,829	15,072
5	67,489	17,467	15,044
6	67,237	17,767	14,996
7	67,130	17,903	14,967
8	67,084	17,962	14,954
9	67,065	17,986	14,949
10	67,056	17,996	14,948

Fonte: Elaboração dos autores.

Em razão do pequeno número de observações disponíveis para a variável relação de troca (1986 a 2002), deixou-se de incluir essa variável no modelo que explica a Produtividade Total dos Fatores. No entanto, buscando-se ter alguma informação sobre a relação dessa variável foi ajustada uma função utilizando-se a metodologia de análise de regressão múltipla. Em decorrência do anteriormente citado e pequeno número de observações da amostra, optou-se por modelo parcimonioso que, além da variável explicativa (relação de troca) e da constante, incluía apenas uma variável representando a tendência. O modelo foi ajustado com os dados nos logaritmos, de modo que os coeficientes, também nesse caso, são as próprias elasticidades.

A função de correlação cruzada entre as variáveis Produtividade Total dos Fatores e relação de troca (obtida com os resíduos de modelos auto-regressivos especificados para essas variáveis) indicou que o maior efeito da segunda variável sobre a primeira ocorre com dois anos de defasagem. Dessa forma, o seguinte modelo foi ajustado:

$$PTF_t = \alpha + \beta t + \gamma rpre_{t-2} + u_t$$

no qual

PTF_t é a Produtividade Total de Fatores

$rpre$ é a relação de troca,

gerando os seguintes resultados:

$$PTF_t = 4,019 + 0,039 t + 0,145 rpre_{t-2} + u_t$$

6,048 8,788 0,903

Obs.: Os valores abaixo dos coeficientes são os respectivos testes t .

O coeficiente de determinação encontrado foi de 0,95, mas o coeficiente da variável relação de preços apresentou-se não-significativo, apesar de seu sinal estar de acordo com o esperado. Os resultados apontavam correlação de resíduos de primeira ordem, expressa pelo valor do teste Durbin Watson. Visando sanar esse problema, especificou-se um modelo alternativo que incluía defasagem da variável dependente. Nesse caso, o coeficiente de determinação encontrado foi de 0,97. No entanto, o coeficiente da variável relação de preços apresentou-se não-significativo estatisticamente, embora também no caso mencionado tenha-se observado que o sinal está de acordo com o esperado:

$$PTF_t = 1,619 + 0,019 t + 0,104 rpre_{t-2} + 0,558 ptf_{t-1} + u_t$$

1,519 2,099 0,779 2,619

Os resultados apontam que gasto com pesquisa e crédito rural têm efeito sobre a Produtividade Total dos Fatores (PTF) e que os efeitos mais expressivos, como esperado, ocorrem com defasagens. No caso da relação de preços, não se observou relação significativa estatisticamente entre essa variável e a PTF. Prefere-se acreditar, no entanto, que o pequeno número de observações da amostra não permitiu que um padrão sistemático de associação entre essa variável fosse captado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHEARN, M. *et alii*. **Agricultural productivity in the United States**. USDA: Economic Research Service, 1998.

ALVES, E. R. **A produtividade da agricultura brasileira**, 1979. (mimeo).

ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Autoveículos). **Anuário Estatístico**. Disponível em: <www.anfavea.com.br.>

ÁVILA, A. F. D. e EVENSON, R. E. **Total factor productivity growth in the Brazilian agriculture and the role of agricultural research**, Sober, XXXIII Congresso Anual, Curitiba, 1995.

BALL, V. E. *et alii*. **Agricultural productivity revisited**. *American Journal Agricultural Economics*, v. 79, Nov. 1997, p. 1.045-1.063.

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

BERNANKE, B. S. **Alternative explanations of the money-income correlation**. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, v. 25, p. 49-100, 1986.

CHRISTENSEN, L. R. **Concepts and measurement of agricultural productivity**. *American Journal Agricultural Economics* v. 57, Dec. 1975.

_____; JORGENSON, D. U. S. **Real product and real factor input, 1929-1967**. *Income and Wealth*, v. 16, n. 1, May 1970.

_____; JORGENSON, D. W.; Lau, L. J. **Conjugate duality and the transcendental logarithmic production function**. *Econometrica*, n. 39, 1971.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. **Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root**. *Journal of the American Statistical Association*, n. 74, 1979.

_____. **Distribution of the estimator for auto-regressive time series with a unit root**. *Journal of the American Statistical Association*, n. 74, p. 427-431, 1979.

_____. **Likelihood ratio statistics for auto-regressive time series with a unit root**. *Econometrica*, n. 49, p. 1057-1072, 1981.

DIEWERT, W. E. **Exact and superlative index numbers**. *Journal of Econometrics*, n. 4, May 1976.

ENDERS, W. **Applied econometric times series**. New York: John Wiley & Sons, 1995.

ENGLE, R. F.; GRANGER, C. W. J. **Co-integration and error correction representation, estimation and testing**. *Econometrica*, n. 55, p. 251-276, 1987.

FAO (Food and Agriculture Organization). **The state of food and agriculture**. Lessons from the past 50 years. Rome, 2000.

FGV (Fundação Getúlio Vargas). Preços dos arrendamentos de lavouras e pastagens. Disponível em: <<http://fgvdados.fgv.br>>.

_____. **Preços recebidos pelos agricultores**. Disponível em: <<http://fgvdados.fgv.br>>.

FULLER, W. A. **Introduction to statistical time series**. New York: John Wiley, 1976.

GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. **Crescimento e produtividade da agricultura brasileira**, Brasília: Ipea, 1997 (Texto para Discussão, n. 502).

_____. Transformações estruturais da agricultura e produtividade total dos fatores. *In*: GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. **Transformações da agricultura e políticas públicas**. Brasília: Ipea, 2001.

GRILICHES, Z. Measuring inputs in agriculture: a critical survey. **Journal of Farm Economics**, v. 42, n. 62, p. 1.398-1.427, 1960.

HAMILTON, J. D. **Time series analysis**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1994.

HARVEY, A. **The econometric analysis of time series**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1990.

HOFFMANN, R. **Estatística para economistas**. 3 ed., São Paulo: Thomson, Pioneira, 1988.

HULTEN, C. P. Divisia index numbers. **Econometrica**, n. 41, n. 6, Nov. 1973.

IBGE. **Anuário Estatístico do Brasil**. Vários anos.

_____. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad)**. Vários anos.

_____. **Produção Agrícola Municipal**. Vários anos. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

_____. **Produção da Pecuária Municipal**. Vários anos. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. **Journal of Economic Dynamics and Control**, n. 12, p. 231-254, 1988.

_____; JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration: with applications to the demand for money. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, n. 52, p. 169-219, 1990.

LÜTKEPOHL, H. Springer-Verlag. **Introduction to multiple time series analysis** Berlin: 1991.

MURGAI, R.; BYERLEE, D; ALI, M. Productivity Growth and Sustainability in Post Green Revolution Agriculture: The case of the Indian and Pakistan Punjab. Oxford: Oxford University Press. **Research Observer**. v. 16, n. 2, 2001.

NADIRI, M. J. Some approaches to the theory and measurement of Total Factor Productivity: a survey. **Economic Literature**, v. VIII, n. 4, Dec. 1970.

PRESCOTT, E. C. Needed: theory of Total Factor Productivity. **Federal Reserve Bank of Minneapolis and Research Department Staff Report 242**, Dec. 1997.

ROSEGRANT, M. W.; EVENSON, R. E. Agricultural productivity and sources of growth in South Asia. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 74, n. 3, Aug. 1992.

THIRTLE, C. E.; BOTTOMLEY, P. Total productivity in UK agriculture, 1967-1990. **Journal of Agricultural Economics**, v. 43, n. 3, p. 381-400, Sept. 1992.

USDA (United States Department of Agriculture). **Relatório Anual**. Disponível em: <<http://www.usda.gov>>.

VEEMAN, T.S. Agricultural and resources economics: challenges for the 21st century. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, v. 43, 1995.

VICENTE, J. R.; MARTINS, R. **Produção, produtividade e relações de troca da agricultura paulista**, 2003. (mimeo).

_____; NEVES, E. M.; VICENTE, M. C. M. Contribuição da educação, pesquisa e assistência técnica para a elevação da produtividade agrícola na década de 70, **Anais do XXVIII Congresso Brasileiro da Sober**, Florianópolis, SC, 1990.

WEN, G. J. Total factor productivity in China's farming sector: 1952-1989. **Economic Development and Cultural Change**, v. 42, n. 1, Oct. 1993.

EDITORIAL

Gerente

Silvânia de Araujo Carvalho

Revisão

Gisela Viana Avancini

Sarah Ribeiro Pontes

Allisson Pereira Souza (estagiário)

Constança de Almeida Lazarin (estagiária)

Editoração

Iranilde Rego

Aeromilson Mesquita

Elidiane Bezerra Borges

Roberto Astorino

Reprodução Gráfica

Antônio Lucena de Oliveira

Edilson Cedro Santos

Apoio Administrativo

José Carlos Tofetti

Tânia Oliveira de Freitas

Wagner da Silva Oliveira

Brasília

SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES,

10^º andar – 70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 315-5336

Fax: (61) 315-5314

Correio eletrônico: editbsb@ipea.gov.br

Rio de Janeiro

Av. Presidente Antônio Carlos, 51,

14^º andar – 20020-010 – Rio de Janeiro – RJ

Fone: (21) 3804-8118

Fax: (21) 2220-5533

Correio eletrônico: editrj@ipea.gov.br

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

ISSN 1415-4765

Tiragem: 130 exemplares