TEXTO PARA DISCUSSÃO

2916

MOBILIDADE PRODUTIVA E CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

PEDRO GABRIEL EDUARD V. M. MEINERS
JOSÉ EUSTÁQUIO RIBEIRO VIEIRA FILHO

ipea
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

TEXTO PARA DISCUSSÃO

2916
Brasília, setembro de 2023

MOBILIDADE PRODUTIVA E CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

PEDRO GABRIEL EDUARD V. M. MEINERS[1]
JOSÉ EUSTÁQUIO RIBEIRO VIEIRA FILHO[2]

1. Pesquisador no Núcleo de Estudos de Economia Agrícola (Ne²Agro) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea). *E-mail*: pg.meiners@gmail.com.

2. Pesquisador de estudos de políticas agropecuárias na Dirur/Ipea; e professor do Mestrado Profissional em Políticas Públicas e Desenvolvimento na mesma instituição. *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

Meiners, Pedro Gabriel Eduard V. M.
Mobilidade produtiva e crescimento da produtividade no agronegócio brasileiro / Pedro Gabriel Eduard V. M. Meiners, José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho. – Brasília, DF: IPEA, 2023.
19 p. – (Texto para Discussão ; 2916).

Inclui Bibliografia.

1. Agricultura. 2. Produtividade. 3. Progresso Técnico. 4. Fronteira Estocástica. I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. II. Título.

CDD 330.908

Ficha catalográfica elaborada por Elizabeth Ferreira da Silva CRB-7/6844.

Como citar:

MEINERS, Pedro Gabriel Eduard V. M.; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. **Mobilidade produtiva e crescimento da produtividade no agronegócio brasileiro**. Brasília, DF: Ipea, set. 2023.19 p. : il. (Texto para Discussão, n. 2916). DOI: http:// dx.doi.org/10.38116/td2916-port.

JEL: Q1; C23; D24.

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.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO 6

2 MÉTODOS DE ANÁLISE 7

2.1 Forma funcional 9

3 CONSTRUÇÃO DAS VARIÁVEIS 10

3.1 Produção 11

3.2 Terra 11

3.3 Capital 12

3.4 Trabalhos e controles 12

3.5 Valores faltantes e omissões 13

4 RESULTADOS 13

4.1 Estatísticas descritivas 13

4.2 Análise econométrica 15

5 COMENTÁRIOS FINAIS 17

REFERÊNCIAS 18

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR 19

SINOPSE

Para compreender melhor a trajetória de crescimento da agricultura brasileira, é preciso entender o movimento da produtividade de diferentes classes de produtores dentro do país, ou seja, verificar se os produtores mais pobres estão convergindo em produtividade com os mais ricos. A partir do modelo de fronteira estocástica, comparam-se os ganhos de produtividade total dos fatores (PTF) de três diferentes estratos de produtores agrícolas no Brasil. Utilizando dados dos Censos Agropecuários 2006 e 2017, no nível microrregional, estimam-se tanto o progresso técnico (PT) quanto o crescimento de eficiência técnica (CET) da agricultura brasileira para diferentes tamanhos de propriedades. Os resultados sugerem que avanços tecnológicos estão presentes em todos os tamanhos de fazendas, concentrando-se nos maiores produtores, o que contribui para divergência de produtividade no Brasil. Além disso, o aumento da ineficiência indica que fazendas de menores portes não têm sido capazes de absorver o progresso tecnológico.

Palavras-chave: agricultura; produtividade; progresso técnico; fronteira estocástica.

ABSTRACT

To better comprehend the growth trajectory of Brazilian agriculture, it is necessary to understand the productivity movement of different classes of producers within the country, that is, to verify whether poorer producers are converging in productivity with larger ones. Stochastic frontier analysis is used to compare total factor productivity (TFP) gains of three different strata of agricultural producers in Brazil. Using data from the agricultural censuses of 2006 and 2017 at the micro-regional level, we estimate both technological progress (TP) and technical efficiency change (TEC) of Brazilian agriculture for different farm sizes. Our results suggest that technological advancements are reaching all farm sizes, but they are concentrated in the larger producers, which contributes to a divergence in productivity within Brazil. Furthermore, the increase in inefficiency indicates that all farm sizes lack the conditions to quickly absorb the technological progress.

Keywords: agriculture; productivity; technical progress; stochastic frontier.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento econômico pode ser explicado pela mudança tecnológica. Os agentes produtivos podem incorporar novas tecnologias ou conhecimentos que permitem a produção de bens a um custo mais baixo utilizando duas estratégias competitivas: a inovação e a imitação. De acordo com Nelson e Winter (1982), Dosi (1984) e Ruttan (2001), qualquer método de competição envolve gastos em pesquisa e desenvolvimento.

O Brasil se tornou exemplo de inovação institucional induzida com a criação de um sistema nacional de pesquisa bem-sucedido, desenvolvido pela Embrapa, desde a década de 1970 (Alves, 2010). O modelo institucional brasileiro foi capaz de gerar inovações e técnicas de produção aplicadas ao caso tropical. A adoção tecnológica conduziu ao crescimento da produtividade, que aumentou a renda dos produtores, e, ao mesmo tempo, à redução dos custos produtivos (Vieira Filho, Campos e Ferreira, 2005; Vieira Filho e Silveira, 2016; Fishlow e Vieira Filho, 2020).

Conforme Alves (1984) e Pastore (2021), o aumento da produção esteve associado ao desenvolvimento de políticas públicas que fomentaram os gastos do governo e do setor privado em ciência e capital humano. No caso brasileiro, a tecnologia explicou a maior parte do crescimento do valor bruto da produção – VBP (Vieira Filho, Gasques e Ronsom, 2020). Segundo Gasques *et al*. (2012), o país se destacou pelo potencial de crescimento da produtividade, de modo que, de 2000 em diante, a produtividade total dos fatores (PTF) nacional cresceu a uma taxa anual de 3,2%, enquanto a média mundial ficou em torno de 1,7%.

Nesse sentido, a trajetória de crescimento da agricultura brasileira será aqui estudada pelo movimento da produtividade. Busca-se comparar os ganhos de produtividade com o porte produtivo, em tamanho de área. Entende-se que a competição entre os agentes se dá pela inovação tecnológica, de um lado, e pelo aumento da escala produtiva, de outro lado. Desse modo, o tamanho da propriedade seria uma *proxy* da escala de produção do indivíduo.

Emprega-se o método econométrico de fronteiras estocásticas para investigar o crescimento da PTF e avaliar a mobilidade produtiva para diferentes tamanhos de propriedades. Com dados dos Censos Agropecuários 2006 e 2017, estimam-se os crescimentos do progresso técnico (PT) e da eficiência técnica (ET). O crescimento da produtividade se diferencia em termos de porte produtivo? Como hipótese, avanços tecnológicos estão presentes em todos os tamanhos de fazendas, concentrando-se nos maiores produtores, o que contribui para maior heterogeneidade produtiva. Além disso, o aumento da ineficiência indica que fazendas de menor porte possuem menor capacidade de absorção tecnológica (Cohen e Levinthal, 1989).

Para tanto, o trabalho está dividido em quatro seções, além desta breve introdução. A segunda seção apresenta o método de análise. A terceira seção descreve a construção das variáveis. A quarta seção apresenta a análise descritiva e a avaliação dos resultados encontrados. Por fim, seguem-se as observações finais.

2 MÉTODOS DE ANÁLISE

O método de fronteira estocástica, desenvolvido por Aigner, Lovell e Schmidt (1977) e Meeusen e van den Broeck (1977), permite adicionar à tradicional função de produção um termo que mede a ineficiência das firmas em relação à produtividade máxima plausível de ser obtida devido à dotação de insumos. Ou seja, a firma i no período t, a partir da função produção, na equação (1), utiliza-se de uma cesta de insumos X_{it} em uma tecnologia $f(\cdot)$ para obter um produto Q_{it}. Essa tecnologia pode ser alterada no tempo t, que se chama PT e sofre variações aleatórias de ε_{it}.

$$Q_{it} = f(X_{it}, t, |\beta) exp(\varepsilon_{it}). \quad (1)$$

$$\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{t} \quad (2)$$

Mais especificamente, o resíduo da estimação econométrica é subdividido em duas partes mostradas na equação (2). A primeira delas, v_{it}, representa erros aleatórios advindos de erros de medida, aproximações, omissões de variáveis relevantes e outras variações resultantes da escolha da forma funcional. O termo u_{it} é uma variável aleatória não negativa com distribuição *half-normal* que representa a distância das firmas em relação à produção eficiente, isto é, do nível esperado de produto em razão da tecnologia disponível e dos insumos alocados ($E[Q_{it}|f(X_{it}, t, |\beta) exp(v_{it})]$).

De acordo com Coelli *et al*. (2005), a proporção entre o produto obtido pelas firmas e aquele esperado se a firma for completamente eficiente é a ET da firma. Em termos matemáticos:

$$ET_{it} = \frac{Q_{it}}{E[Q_{it}|f(X_{it}, t, |\beta) exp(v_{it})]} = \frac{f(X_{it}, t, |\beta) exp(v_{it} - u_{it})}{f(X_{it}, t, |\beta) exp(v_{it})} = exp(-u_{it}). \quad (3)$$

A fim de permitir que a eficiência das firmas varie no tempo, Battese e Coelli (1992) propõem uma nova forma para o termo de ineficiência dado a seguir:

$$u_{it} = u_i \cdot e^{-\eta(t-T)}, \quad (4)$$

em que u_i é a ineficiência no período final T. A partir das equações (3) e (4), podemos calcular o crescimento da eficiência técnica (CET) no tempo, isto é:

$$CET_i = -\frac{\Delta u_{it}}{\Delta t} = -\left(u_{i(t+\Delta t)} - u_{it}\right) = \ln\left(\frac{exp(-u_{i2})}{exp(-u_{i1})}\right) = \ln\left(\frac{ET_{i(t+\Delta t)}}{ET_{it}}\right). \quad (5)$$

Como já explicitado, a tecnologia de produção $f(\cdot)$ pode apresentar variação no tempo, independentemente de variações aleatórias e mudanças na eficiência das firmas. Para calcular essa variação, chamada de PT entre dois períodos, utiliza-se esta fórmula:

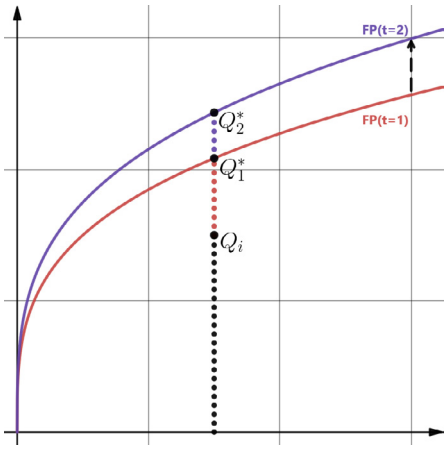
$$PT = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \ln f(X_{i(t+\Delta t)}, (t+\Delta t)|\beta)}{\partial t} + \frac{\partial \ln f(X_{it}, t|\beta)}{\partial t}\right). \quad (6)$$

O valor de PT_t indica o deslocamento da fronteira de produção que todas as firmas podem alcançar, enquanto o valor de ET_{it} indica a posição da firma i em relação à fronteira de produção do tempo t. Essa relação relativa à interpretação de CET_i não é tão direta, por exemplo, uma firma que use a mesma cesta de insumos para produzir a mesma quantidade de produtos em dois períodos terá perda de eficiência caso haja PT positivo. Isso ocorre porque, em razão da nova tecnologia disponível, é esperado que a firma produza mais com a mesma quantidade de insumos. Pode-se concluir então que a firma não absorveu os ganhos tecnológicos da fronteira nesse caso. Os casos possíveis, assumindo progresso técnico positivo, são:

- $PT > 0$ e $CET_i = 0$ – avanços de tecnologia com absorção completa pela firma;
- $PT > 0$ e $CET_i < 0$ – avanços de tecnologia com absorção não completa pela firma; e
- $PT > 0$ e $CET_i > 0$ – avanços de tecnologia com absorção completa pela firma e outros ganhos de eficiência.

No gráfico 1, há uma situação na qual a curva de produção eficiente se eleva, saindo de t = 1 para t = 2, devido a um crescimento na fronteira de produção (FP) – curva vermelha, FP (t = 1) na direção da curva roxa FP (t = 2). Supõe-se que, mesmo com o crescimento da fronteira de produção, Q_i se mantenha constante nos dois períodos. Diante disso, a produção ótima Q_1^* se elevou para Q_2^*. Deve-se observar que cada ET é mensurada em função de sua curva de produção. A partir da equação (5), fica evidente que existe uma perda de eficiência técnica do produtor *i*, já que este foi incapaz de absorver novas tecnologias a ponto de se reposicionar no novo padrão produtivo.

GRÁFICO 1
Crescimento da PTF e perda de eficiência técnica



Elaboração dos autores.
Obs.: Ilustração cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Devido à grande quantidade de firmas analisadas, não é prático observar individualmente a eficiência de cada uma; usa-se a média do crescimento da eficiência técnica, $\overline{CET}_t$, para as subsequentes análises.

Nessa perspectiva, é importante ressaltar que esse novo índice sugere o movimento médio das firmas em resposta à expansão da fronteira (PT_t), que, por sua vez, é realizado pelas firmas mais eficientes. Ao somar ambos os efeitos (PT_t + $\overline{CET}_t$), obtém-se o crescimento médio da PTF no setor estudado. Pode-se definir a PTF como sendo a relação entre produto e insumos utilizados no processo produtivo (Q/X).

Em outras palavras, se o progresso técnico for nulo ($PT = 0$) e se mantiver constante a combinação de insumos ($\bar{X}$), todo o crescimento de eficiência técnica refletirá o crescimento da PTF. Contudo, com progresso técnico positivo, mantendo-se constante a combinação de insumos, o crescimento da PTF é dado pela combinação do crescimento do progresso técnico e do crescimento da eficiência técnica, conjuntamente.

2.1 Forma funcional

A escolha da forma funcional $f(X_{it}, t|\beta)$ é resultado de algumas suposições sobre como insumos são substitutos/complementares ou como a tecnologia afeta a produtividade. É usual para estudos sobre PTF da agropecuária o uso das seguintes formas funcionais: transcendental logarítmica (*translog*) ou Cobb-Douglas. A primeira forma é considerada mais complexa, permitindo estimar a elasticidade de cada fator, a elasticidade cruzada dos fatores produtivos e a exaustão de cada fator no seu termo quadrático.

A Cobb-Douglas é um caso no qual não existem interações entre fatores, e a tecnologia é Hicks-neutra, afetando apenas a função como um todo. A função de produção Cobb-Douglas seria uma aproximação da função *translog*, quando a elasticidade de substituição dos fatores produtivos tende para uma constante unitária.

Apesar de a forma *translog* ser a mais usada em estudos de produtividade, esta não seria adequada para análises com poucos pontos no tempo, como mostra Rada e Buccola (2012) e Lázari e Magalhães (2019). Neste estudo, consideram-se apenas dois períodos, a saber, 2006 e 2017, portanto a forma Cobb-Douglas foi escolhida. A equação (7) define a forma funcional:

$$f(x_{it}, t|\beta) = A(t) \prod_k X_{kit}^{\beta_k} \tag{7}$$

$$A(t) = A_0 e^{\theta t},$$

em que $A(t)$ é a tecnologia Hicks-neutra no tempo t; X_{kit} é a quantidade do insumo k utilizado pela firma i no tempo t; β_k determina o produto marginal de x_k; e θ determina o progresso técnico.

Substituindo-se (7) e (4) em (1), obtém-se a função de produção Cobb-Douglas com progresso técnico Hicks-neutra e ineficiência técnica variante no tempo:

$$Q_{it} = A_0 e^{\theta t} \cdot \prod_k X_{kit}^{\beta_k} \cdot e^{v_{it} - u_i \cdot exp(-\eta(t-T))}. \tag{8}$$

Para permitir a estimação de (8) por regressões lineares, aplica-se uma transformação logarítmica. Assim, o modelo a ser estimado é dado por:

$$q_{it} = \alpha + \theta t + \sum_k \beta_k x_{kit} + v_{it} - u_i e^{-\eta(t-T)}, \tag{9}$$

em que as variáveis minúsculas (q, α e x) são os logaritmos naturais das maiúsculas (Q, A, X) na equação (8).

3 CONSTRUÇÃO DAS VARIÁVEIS

Vale ressaltar que o modelo apresentado anteriormente não é estimado usando microdados no nível de propriedades, mas valores agregados por microrregiões. Isso se dá devido à restrição aplicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na oferta de dados do Censo Agropecuário, a fim de evitar a identificação dos proprietários agrícolas.

As principais variáveis empregadas no modelo foram retiradas dos Censos Agropecuários 2006 e 2017 para três grupos de área total. Esses grupos são:

$(0,20]$ hectares de área total, ou pequenos produtores;

$(20,200]$ hectares de área total, ou médios produtores; e

$(200,+\infty)$ hectares de área total, ou grandes produtores.

Para fins de comparação, estimou-se também o modelo agregado de todos os produtores. A agregação dos dados implica a pressuposição de que a função de produção agrícola seja homogenia dentro de cada grupo, hipótese contestada por Meiners e Torres (2022). Entretanto, o caráter heterogêneo já foi tratado como não limitante em outros estudos, tais como os de Helfand, Moreira e Figueiredo (2011) e de Rada, Helfand e Magalhães (2019). As variáveis usadas são as médias de cada grupo de área em cada microrregião, ou seja, é o valor total de cada variável dividido pelo número de produtores. Assim, busca-se trabalhar com o produtor representativo de cada grupo de área nas diferentes microrregiões.

3.1 Produção

A variável dependente dessa análise é o VBP em milhares de reais. Para deflacionar os valores de 2017 aos níveis de 2006, foi empregado um índice de quantidade de Tornqvist a níveis estaduais, como os apresentados por Gasques, Vieira Filho e Navarro (2010). Com isso, removem-se os efeitos dos preços agrícolas no valor produção total, permitindo as diferenças regionais de preços devido a movimentos de oferta e demanda locais.

3.2 Terra

Para a variável terra, utiliza-se o total de área cultivada (em hectares) de agricultura temporária e permanente. Considera-se que a área destinada a pastos é representada implicitamente pelo número de animais boi-equivalente, que faz parte da construção da variável de capital.

Para unificar a variável terra na função de produção, necessita-se do uso de alguma técnica de indexação,[1] visto que a simples adição das áreas implicaria a presunção de que os retornos seriam iguais em todos os produtos, ou seja, 1 ha de soja geraria a mesma produção que 1 ha de pequi em todo o Brasil.

1. Para agregar as áreas de acordo com suas destinações finais, é usual na literatura, como visto em Rada, Helfand e Magalhães (2019), o uso do preço médio estadual de arrendamento de terras por utilização. Esses dados são fornecidos pela Fundação Getulio Vargas (FGV). Não obstante, essas informações não estão disponíveis de forma aberta. Optou-se, portanto, pela construção dos indexadores.

Portanto, utiliza-se o método de betacoeficientes, como demonstrado em Wooldridge (2015), para gerar pesos. Esse método consiste em estimar uma regressão de mínimos quadrados ordinários (MQO) entre VBP padronizada (isto é, subtraída de sua média e dividida pelo seu desvio-padrão) e variáveis de terra também padronizadas.

Desse modo, $X^* = \frac{X-X}{\widehat{\sigma_x}}$, então:

$$VBP^* = \left(\frac{\widehat{\sigma_{x1}}}{\widehat{\sigma_{vbp}}}\right)\widehat{\beta_{x1}}X_1^* + \left(\frac{\widehat{\sigma_{x2}}}{\widehat{\sigma_{vbp}}}\right)\widehat{\beta_x}\ X_2^* + \frac{e_i}{\widehat{\sigma_{vbp}}}. \quad (10)$$

Verifica-se que $\tilde{\beta} = \left(\frac{\widehat{\sigma_x}}{\widehat{\sigma_{vbp}}}\right)\widehat{\beta_x}$ expressa o efeito da variação de um desvio-padrão da variável x em termos de desvio-padrão no VBP. Após o cálculo dos betacoeficientes, normalizam-se os valores a fim de representar os pesos, $w_{v1} = \frac{\widetilde{\beta_{v1}}}{\widetilde{\beta_{v1}}+\widetilde{\beta_{v2}}}$, de cada variável na produção. Por fim, multiplicam-se as variáveis pelos respectivos pesos para serem somadas e criar um índice de terra. Esse processo foi realizado separadamente para cada grupo de área em cada uma das cinco macrorregiões brasileiras (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul). Nos casos em que algum betacoeficiente foi negativo, estimativas para o modelo sem distinção de grupos de área foram utilizadas.

3.3 Capital

Para compor o estoque capital fixo, foram considerados dois tipos: animal e mecânico. Como descrito por Hayami e Ruttan (1985), "animais representam uma forma de acumulação interna de capital", ou seja, a existência de um animal sugere a presença de infraestrutura para manter, engordar, reproduzir, abater e colher a produção de seus derivados, por exemplo, leite, ovos, adubos etc. Desse modo, foram considerados quatro tipos de animais: bovinos, suínos, galináceos e caprinos. Ademais, para agregar as quantidades de cada animal, as proporções de boi-equivalente utilizadas foram de 1, 1/5, 1/100 e 1/10, respectivamente (Hayami e Ruttan, 1985).

No caso do capital mecânico, assim como Bragagnolo, Spolador e Barros (2021), utiliza-se o número de tratores como *proxy*; no caso da terra, utilizam-se betacoeficientes da equação (10) para agregar os dois tipos de capital a um índice de capital fixo.

3.4 Trabalhos e controles

Para compor a variável trabalho, tem-se o total de pessoas ocupadas nos estabelecimentos. Controles são fatores exógenos à decisão de otimização das firmas, mas que ainda assim influenciam o nível produtivo final. Para obter estimações menos enviesadas, trabalhou-se com duas variáveis climáticas nos anos de apuração dos

censos: total de precipitação na microrregião e média da temperatura na microrregião. Esses dados foram retirados de Camarillo-Naranjo *et al*. (2019).

3.5 Valores faltantes e omissões

Como política de segurança, o IBGE omite observações em que houve menos de três respondentes. Essa limitação já é relatada em outros estudos de função produção com dados dos censos. Todavia, o problema se acentua pelo uso de dados desagregados em estratos de áreas. Para minimizar o número de dados faltantes (*missings*), optou-se pelo uso de estatísticas no nível microrregional.[2]

Para observações omitidas, mesmo na agregação por microrregiões, utilizam-se técnicas de imputação semelhantes às de Helfand, Magalhães e Rada (2015). Primeiro, calcula-se o valor faltante da variável na microrregião. Depois, aloca-se esse valor entre as observações omitidas, de acordo com pesos proporcionais à participação de cada grupo de área nos estados. Por exemplo, o município tem R$ 2.000 de produção alocados nos dezoito diferentes grupos de área total relatada pelos censos, mas cinco observações estão omitidas, e a soma do resto equivale a R$ 1.700. Logo, os R$ 300 faltantes são alocados de acordo com a proporção dos grupos de áreas totais no estado.

4 RESULTADOS

4.1 Estatísticas descritivas

Na tabela 1, apresentam-se as estatísticas descritivas das variáveis estudadas, por ano e por estratos de área. Observa-se que, de 2006 a 2017, o produtor representativo brasileiro aumentou sua produção em R$ 21,2 mil.[3] Esse aumento é puxado pelo grande crescimento dos maiores produtores (50,3%) e, posteriormente, pelos médios, que observaram crescimento de 15,5% na sua produção. O produtor de menor porte apresentou diminuição da produção média em 6,1% no mesmo período.

2. Adicionalmente, algumas variáveis mais precisas para medir os insumos foram substituídas por *proxies* mais simples a fim de evitar *missings*, como é o caso do capital fixo, que pode ser estimado mais precisamente conforme Rada, Helfand e Magalhães (2019) e Meiners e Torres (2022).

3. Em R$ corrente de 2006 a partir do processo de deflação descrito na subseção 3.1.

TABELA 1
Estatísticas das variáveis principais

		2006				2017				
Estratos de área	Variável	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Variação (%)
Brasil	VBP (R$ 1 mil)	62,9	101,5	3,0	934,1	84,1	144,5	0,2	1.455,1	33,6
	Terra (hectares)	14,4	38,9	0,5	488,0	18,4	48,5	0,3	583,6	27,9
	Capital	8,2	9,4	0,4	83,9	10,3	9,2	0,4	88,5	25,8
	Trabalho (pessoas)	4,3	1,5	2,5	19,7	3,5	1,2	2,0	15,8	-17,9
(0, 20] ha	VBP (R$ 1 mil)	16,4	17,8	1,8	181,5	15,3	19,3	0,1	215,0	-6,1
	Terra (hectares)	1,1	0,8	0,1	3,9	0,9	0,6	0,1	3,4	-16,7
	Capital	2,8	4,3	0,1	44,2	5,1	5,3	0,1	44,9	82,6
	Trabalho (pessoas)	3,4	0,8	2,0	10,3	2,8	0,6	1,9	10,4	-17,8
(20, 200] ha	VBP (R$ 1 mil)	54,6	68,2	4,2	818,9	63,1	89,3	0,4	1.011,5	15,6
	Terra (hectares)	7,6	7,3	0,5	42,4	6,5	7,7	0,3	46,6	-13,9
	Capital	11,7	10,5	0,4	86,7	16,2	12,3	0,9	98,1	37,6
	Trabalho (pessoas)	4,9	2,3	2,6	23,3	3,7	1,1	2,0	10,4	-25,2
(200, ...) ha	VBP (R$ 1 mil)	447,6	692,5	8,8	5.769,0	672,9	1042,0	1,8	10.873,5	50,3
	Terra (hectares)	126,7	192,4	1,9	1727,5	151,1	228,5	1,5	2025,6	19,2
	Capital	24,8	21,8	1,0	189,0	23,6	19,8	2,4	221,7	-4,6
	Trabalho (pessoas)	17,9	17,3	3,2	142,0	12,5	12,1	3,0	143,8	-30,0

Fonte: Censo Agropecuário IBGE. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos.
Elaboração dos autores.
Obs.: As variáveis monetárias estão em R$ corrente de 2006.

A quantidade de terra empregada na agricultura cresceu, em média, 4 ha[4] entre os períodos. Contudo, esse aumento foi concentrado no produtor de maior porte, que apresentou maior variação percentual no período – de 19,2%. Os produtores pequeno e médio reduziram, em média, o uso de terra em 17% e 14%, respectivamente. O aumento médio da produção com menor uso da terra revela que esses produtores se tornaram mais eficientes na utilização de tal insumo no período analisado.

O emprego de capital por produtor no Brasil cresceu, em média, 25% entre ambos os censos. A acumulação de capital foi mais intensa entre produtores de menor e médio portes, que se expandiram 82% e 37,5%, respectivamente. Os maiores produtores observaram decrescimento de 4,6%, em média, no uso de capital.

Por fim, a força de trabalho diminuiu em todas os grupos de área, com decrescimento de 0,6, 1,2 e 5,4 trabalhadores para os menores, os médios e os maiores produtores, respectivamente. Isso é reflexo da maior modernização da agricultura brasileira, demostrada pelo crescimento do insumo de capital.

4.2 Análise econométrica

Foram estimados quatro modelos, um para o Brasil e mais um para cada grupo de área. A tabela 2 expõe os crescimentos da PTF de cada modelo, que podem ser separados em PT e CET. Também são apresentadas as elasticidades de produção de cada insumo.

Observa-se um crescimento médio de 2,2% ao ano no período analisado para a agricultura brasileira como um todo. Esse crescimento é explicado em grande parte pelo avanço tecnológico na forma de PT, atingindo 5,3%. No entanto, verifica-se perda de eficiência técnica de 3,1% para o país, o que demonstra dificuldade na absorção de tecnologias e novos conhecimentos por parte dos produtores.

4. *Hectares* aqui se refere ao índice de terra produtiva descrito na subseção 3.2.

TABELA 2
Elasticidades de produção e crescimento médio anual de PTF, PT e CET

Estratos de área	PTF (%)	CET (%)	PT (%)	eTerra	eTrabalho	eCapital
Brasil	2,2	-3,1	5,3	0,503 (0,02)	0,810 (0,084)	0,300 (0,023)
(0, 20] ha	-1,7	-4,3	2,7	0,475 (0,037)	0,648 (0,119)	0,249 (0,022)
(20, 200] ha	3,5	-2,3	5,8	0,525 (0,029)	0,638 (0,073)	0,191 (0,027)
(200, ...) ha	5,1	-2,3	7,4	0,460 (0,020)	0,549 (0,038)	0,588 (0,036)

Elaboração dos autores.
Obs.: Crescimentos de PTF, TEC e PT são obtidos na forma acumulada de 2006 a 2017 e depois transformados em médias anuais.

Na separação por porte produtivo, em termos de área, destacam-se negativamente os produtores de menor porte, que obtiveram queda na produtividade total dos fatores de 1,7% ao ano em média. Isso é resultado do menor progresso técnico e da maior redução da eficiência entre os três estratos de tamanho de área, isto é, os pequenos produtores pouco inovaram nos onze anos da pesquisa. Ademais, além de não absorverem essa inovação, pioraram a eficiência, o que pode sinalizar problemas na extensão e na capacidade de absorção tecnológica para o período de 2006 a 2017.

Isso difere do que foi verificado por Rada, Helfand e Magalhães (2019) para o período de 1985 a 2006, em que os pequenos produtores tiveram grandes avanços na PTF em comparação aos produtores de médio porte. Verifica-se, então, que o efeito de *catching-up* apresentado por Rada, Helfand e Magalhães (2019), focado em períodos anteriores, não mais se mantém, o que dificulta a mobilidade produtiva no país.

Os produtores de médio porte apresentaram crescimento da produtividade maior que o nacional, chegando ao crescimento médio anual de 3,5%, resultado de melhor absorção de tecnologias, além de apresentar a menor perda de eficiência técnica, que representou -2,3% ao ano em média.

O maior crescimento da PTF é encontrado entre os produtores de maior porte produtivo, em que se verifica o avanço da produtividade em 5,1% ao ano em média. Esse grande crescimento foi resultado do maior avanço tecnológico (progresso técnico) entre todos os grupos de áreas, chegando a 7,4% ao ano, enquanto a perda de eficiência acompanhou índices similares para os produtores com áreas médias.

Resta para futuros estudos verificar como o crescimento da PTF em diferentes grupos de área se comporta em níveis estaduais ou regionais, como foi feito por Lázari e Magalhães (2019) para o Sudeste, no período de 1985 a 2006, o que permitirá avaliar de forma mais efetiva a mobilidade produtiva, geograficamente concentrada no país.

A partir das elasticidades dos fatores individuais, verificaram-se relações esperadas na teoria. Primeiro, a produtividade do fator trabalho aparenta ser tão maior quanto menor for a propriedade. Segundo, esse comportamento se inverte quando se analisa o fator de capital. Terceiro, para o fator terra, as elasticidades são bastante próximas, mas verifica-se que as propriedades de porte médio apresentam maior ganho marginal.

5 COMENTÁRIOS FINAIS

O estudo aqui apresentado procurou estudar três variáveis: o progresso técnico, a eficiência técnica e a produtividade. Buscou-se avaliar também em que medida o porte produtivo, em termos de área, influenciaria a dinâmica de crescimento dessas variáveis. Os resultados foram bastante interessantes, mostrando que o porte produtivo interfere de forma a beneficiar os produtores com maior escala produtiva.

Entende-se que os produtores de maior porte obtiveram mais sucesso no desenvolvimento de negócios mais rentáveis de produção e melhores taxas de absorção das tecnologias e dos novos conhecimentos desenvolvidos. Em contraste, os de menor porte, que dependem mais de programas assistencialistas e instituições estatais para desenvolvimento, não foram tão bem-sucedidos.

No intuito de aprofundar as análises, é importante verificar o comportamento da PTF em diferentes grupos de áreas, em níveis regionais, seja por estado, seja por macrorregiões. O Brasil, desde os anos 2000, promoveu forte interiorização da produção, aumentando o cultivo de grãos e a pecuária no centro do país, como no Centro-Oeste e na região denominada Matopiba, a qual é formada por territórios do Maranhão, do Tocantins, do Piauí e da Bahia.

Essa avaliação, por conta das restrições de dados, procurou avaliar o produtor representativo. No entanto, o acesso aos microdados do IBGE pode minimizar o problema dos recortes metodológicos, bem como da perda de informações relevantes. A desagregação, em vez do porte produtivo, poderia se dar por recortes econômicos, o que traria melhores indicadores da evolução produtiva. Para futuros estudos, com a informação individualizada, será possível melhor estudar a mobilidade produtiva entre os agentes, particularmente no que se refere aos estratos de renda.

REFERÊNCIAS

AIGNER, D.; LOVELL, C. K.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics,** v. 6, n. 1, p. 21-37, 1977.

ALVES, E. R. A. Brazil's program for development of agricultural researchers. **Brazilian Agriculture and Agricultural Research**, v. 9, n. 7, p. 161-173, 1984.

ALVES, E. R. A. Embrapa: a successful case of institutional innovation. **Revista de Política Agrícola**, v. 19, p. 64-72, 2010.

BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India**. Journal of Productivity Analysis**, v. 3, n. 1, p. 153-169, 1992.

BRAGAGNOLO, C.; SPOLADOR, H. F. S.; BARROS, G. S. D. C. PTF agrícola: atualização segundo o Censo de 2017. **Revista de Política Agrícola**, v. 30, n. 3, p. 107, 2021.

CAMARILLO-NARANJO, J. M. *et al*. The global climate monitor system: from climate data-handling to knowledge dissemination. **International Journal of Digital Earth**, v. 12, n. 4, p. 394-414, 2019.

COELLI, T. J. *et al*. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Springer Science & Business Media, 2005.

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.

DOSI, G. **Technical change and industrial transformation**. Nova York: St. Martin's Press, 1984. 338 p.

FISHLOW, A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Agriculture and industry in Brazil**: innovation and competitiveness. Nova York: Columbia Press, 2020. 244 p.

GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. (Org.). **A agricultura brasileira**: desempenho, desafios e perspectivas. Brasília: Ipea, 2010.

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. p. 145-162.

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

HELFAND, S. M.; MOREIRA, A. R. B.; FIGUEIREDO, A. M. R. Explicando as diferenças de pobreza entre produtores agrícolas no Brasil: simulações contrafactuais com o Censo Agropecuário 1995-1996. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, p. 391-418, 2011.

HELFAND, S. M.; MAGALHÃES, M. M.; RADA, N. E. **Brazil's agricultural total factor productivity growth by farm size**. IDB, set. 2015. (Working Paper Series, n. 609).

LÁZARI, N. C. de; MAGALHÃES, M. M. de. Crescimento da PTF segundo tamanho de estabelecimentos rurais na região Sudeste, de 1985 a 2006. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, p. 198-214, 2019.

MEEUSEN, W.; van den BROECK, J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. **International Economic Review**, v. 18, n. 2, p. 435-444, 1977.

MEINERS, P. G.; TORRES, M. de O. Heterogeneity in agricultural factor productivity across and within farm size groups in Brazil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 76, p. 72-91, 2022.

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

PASTORE, A. C. **Erros do passado, soluções para o futuro**: a herança das políticas econômicas brasileiras do século XX. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2021. 343 p.

RADA, N. E.; BUCCOLA, S. T. Agricultural policy and productivity: evidence from Brazilian censuses. **Agricultural Economics**, v. 43, n. 4, p. 355-367, 2012.

RADA, N.; HELFAND, S.; MAGALHÃES, M. Agricultural productivity growth in Brazil: Large and small farms excel. **Food Policy**, v. 84, p. 176-185, 2019.

RUTTAN, V. W. (Org.). **Technology, growth, and development**: an induced innovation perspective. Nova York: Oxford University Press, 2001. 656 p.

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.

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.; 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. p. 121-134.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory econometrics**: a modern approach. Cengage Learning, 2015.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação
Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Coordenação
Rafael Augusto Ferreira Cardoso
Samuel Elias de Souza

Supervisão
Ana Clara Escórcio Xavier
Everson da Silva Moura

Revisão
Alice Souza Lopes
Amanda Ramos Marques Honorio
Barbara de Castro
Brena Rolim Peixoto da Silva
Cayo César Freire Feliciano
Cláudio Passos de Oliveira
Clícia Silveira Rodrigues
Olavo Mesquita de Carvalho
Regina Marta de Aguiar
Reginaldo da Silva Domingos

Editoração
Anderson Silva Reis
Augusto Lopes dos Santos Borges
Cristiano Ferreira de Araújo
Daniel Alves Tavares
Danielle de Oliveira Ayres
Leonardo Hideki Higa
Natália de Oliveira Ayres

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.

Ipea – Brasília
Setor de Edifícios Públicos Sul 702/902, Bloco C
Centro Empresarial Brasília 50, Torre B
CEP: 70390-025, Asa Sul, Brasília-DF

Logotipo/slogan de governo removido em observancia ao disposto no art. 40 da Lei n 9.504/1997

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.

ISSN 1415-4765

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO