

Título do capítulo	CAPÍTULO 7 – CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA AGRICULTURA BRASILEIRA: UMA ANÁLISE DO CENSO AGROPECUÁRIO
Autores(as)	José Garcia Gasques Mirian Rumenos Piedade Bacchi Eliana Teles Bastos Constanza Valdes
DOI	http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-011-0/cap7

Título do livro	UMA JORNADA PELOS CONTRASTES DO BRASIL: CEM ANOS DO CENSO AGROPECUÁRIO
Organizadores(as)	José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho José Garcia Gasques
Volume	-
Série	-
Cidade	Brasília
Editora	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)
Ano	2020
Edição	-
ISBN	978-65-5635-011-0
DOI	http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-011-0

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea 2020

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 da Economia.

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

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA AGRICULTURA BRASILEIRA: UMA ANÁLISE DO CENSO AGROPECUÁRIO

José Garcia Gasques¹
Mirian Rumenos Piedade Bacchi²
Eliana Teles Bastos³
Constanza Valdes⁴

1 INTRODUÇÃO

A divulgação feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do Censo Agropecuário 2017 permitiu atender às expectativas de pesquisadores que buscam realizar trabalhos com informações de qualidade e que consideram toda a complexidade da agricultura brasileira (IBGE, 2017). Quando foram publicados os dados do Censo Agropecuário 2006, foi organizado pelo Ipea e pelo Mapa um livro que permitiu que fossem estudadas várias áreas relevantes da agricultura brasileira (Gasques *et al.*, 2010). Este capítulo, e outros apresentados nesta publicação, fazem parte de uma iniciativa semelhante a que ocorreu quando da publicação do Censo Agropecuário 2006, buscando, também agora, conhecer melhor a trajetória da agricultura brasileira. Questões como: quais foram as principais mudanças ocorridas nos anos entre os dois últimos censos e sobre o estado atual de desenvolvimento tecnológico, por exemplo, podem ser respondidas.

Este capítulo segue a metodologia utilizada pelos autores em trabalhos anteriores, nos quais se estimou a produtividade total dos fatores (PTF) utilizando dados de censos. Outros indicadores para conhecer algumas mudanças ocorridas entre os censos também são estimados. A análise cobre os censos realizados a partir de 1970, abrangendo, assim, sete censos, de 1970 a 2017. Os indicadores calculados referem-se a: Brasil, regiões e Unidades da Federação (UFs).

No período entre os Censos Agropecuários 2006 e 2017, foram publicados importantes trabalhos analisando a PTF, cita-se com destaque os de Gasques *et al.* (2012) e Fuglie *et al.* (2019). Esses trabalhos são muito úteis por sua abrangência, cobrindo estimativas mundiais e tratando de forma individual um grande número de países. O Banco Mundial em conjunto com a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) publicaram importantes trabalhos sobre a PTF na agricultura. O ERS, órgão do USDA, também atualiza, desde 1948, séries de dados sobre produtividade dos estados americanos e do país como um todo. A última informação refere-se ao ano de 2017.

Fuglie *et al.* (2019) observaram que as estimativas da PTF sugerem que a maior parte dos ganhos de produto são gerados pela produtividade, e que suas taxas de crescimento diferem muito entre os países. Segundo os autores, os ganhos de produtividade são responsáveis por mais de dois terços do crescimento da agricultura mundial entre 2001 e 2015. No Brasil, foram publicados vários trabalhos sobre esse tema, os quais serão mencionados ao longo deste texto.

A importância de se analisar a produtividade da agricultura, e as mudanças que vêm ocorrendo ao longo do tempo, reside no fato de que essas informações são essenciais para entender o crescimento de longo prazo. A agricultura brasileira pode ser uma boa referência para prospecções sobre o que um país pode obter por meio de forte

1. Técnico de planejamento e pesquisa do Ipea e coordenador-geral de políticas e informações no Departamento de Crédito e Informação da Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (DCI/SPA/Mapa). *E-mail*: <jose.gasques@agricultura.gov.br>.

2. Professora titular do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP) e pesquisadora do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea). *E-mail*: <mrpbacch@usp.br>.

3. Servidora do Mapa. *E-mail*: <eliana.bastos@agricultura.gov.br>.

4. Economista sênior no Market and Trade Economics Division do Economic Research Service (REE-ERS, Kansas City, Missouri) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (United States Department of Agriculture – USDA). *E-mail*: <cvaldes@ers.usda.gov>.

investimento em pesquisa e, conseqüentemente, os ganhos em produtividade. A direção apontada pelos indicadores que são construídos neste estudo pode servir de base para que se faça prospecção sobre o caminho que seguirá a agricultura nos próximos anos.

Este capítulo está dividido em mais três seções, além desta introdução. A seção 2 apresenta os conceitos e as definições utilizadas. A seção 3 discute os resultados. A seção 4 apresenta as observações finais.

2 PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES E TRANSFORMAÇÕES ESTRUTURAIS: CONCEITUAÇÃO E MENSURAÇÃO

A medida convencional de PTF consiste em obter, preliminarmente, um índice de produto total e um índice de insumos totais. A PTF é o quociente entre esses dois índices. É interpretada como o aumento da quantidade de produto, a qual não é explicada pelo aumento da quantidade de insumos, mas sim pelos ganhos de eficiência destes (Gasques e Conceição, 1997). Detalhes sobre os conceitos envolvidos e a construção do índice da PTF podem ser vistos em Jorgenson (1966), Christensen, (1975) e Gasques, Bastos e Bacchi (2009). Há, também, várias notas de Eliseu Alves (1979) discutindo questões de produtividade.

A expressão (1) define o índice de Tornqvist usado para a obtenção da PTF. Trata-se de uma aproximação discreta do índice de Divisia (Chambers, 1998), sendo, portanto, ideal para a análise de variáveis econômicas, uma vez que estas se apresentam sob a forma discreta, e não contínua como define o índice de Divisia.

Tornqvist é um índice muito utilizado em trabalhos acadêmicos e por instituições que acompanham regularmente os indicadores de produtividade. Entre as instituições, pode-se citar o USDA, que há muitos anos divulga indicadores de produtividade.

Para o cálculo do índice de Tornqvist, utiliza-se a seguinte equação:

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

Os termos 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 total da produção, e do insumo j , no custo total dos insumos. O número de produtos e o número de insumos são indicados por n e m . O lado esquerdo da expressão (1) define a variação da produtividade total dos fatores entre dois períodos sucessivos de tempo.

O primeiro termo do segundo membro é o somatório dos logaritmos das razões entre as quantidades dos produtos em dois períodos de tempo sucessivos; a ponderação é feita pela média da participação de cada produto no valor total da produção. O segundo termo é o somatório dos logaritmos das relações entre quantidades de insumos em dois períodos sucessivos de tempo; também nesse caso os valores são ponderados (média de participação de cada insumo no custo total).

A relação entre a produtividade total dos fatores (PTF_t) no período t e a produtividade total dos fatores no período anterior (PTF_{t-1}) é obtida calculando-se o exponencial da expressão (1). Feito isso, para obter o índice de PTF, em cada ano, considera-se um ano-base como 100, e se encadeiam os índices dos anos subsequentes. Thirtle e Bottomley (1992), e também Hoffmann (1980, p. 325), tratam do procedimento de encadeamento.

Outro indicador utilizado para analisar as transformações na agricultura é o índice de mudança estrutural (Ramos, 1991). Sua obtenção se dá a partir da expressão (2). No contexto de uma análise de regressão linear simples, sem termo constante, o cosseno do ângulo é o coeficiente de correlação entre S_{it} e $S_{i(t-1)}$, que são as participações do produto i no valor total da produção em períodos sucessivos. Estas participações servem como parâmetros estruturais para o cálculo do indicador proposto. Mencionam-se aqui os agradecimentos dos autores ao Prof. Hoffmann, que esclareceu aspectos importantes dessa metodologia.

O cálculo do índice de mudança estrutural é feito utilizando:

$$\cos \theta = \frac{\sum_{i=1}^n (S_{it} \cdot S_{i(t-1)})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (S_{it})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (S_{i(t-1)})^2}} . \quad (2)$$

Como as variáveis são as participações em um total, que não podem ser negativas, o cosseno do ângulo θ não poderá ser negativo; o ângulo θ fica no intervalo de zero a 90 graus e o seu cosseno entre 1 e 0. Este indicador deve ser interpretado da seguinte forma, segundo Ramos (1991): quanto mais próximo estiver de zero, maiores serão as mudanças estruturais ocorridas entre dois períodos; quanto mais próximo estiver da unidade, menores serão as mudanças entre dois períodos considerados.

Outro indicador utilizado neste estudo para analisar as transformações ocorridas na agricultura é o índice de diversificação. Este índice também é construído a partir das participações de cada produto no valor bruto da produção (Hoffmann *et al.*, 1984). É definido pela expressão (3).

Para o cálculo do índice de diversificação tem-se:

$$D = \frac{1}{\sum S_{it}^2} . \quad (3)$$

Em que, S_i é a participação da atividade i no valor total da produção. Quanto maior for esse índice, que pode variar de 1 a n , maior será o grau de diversificação.

2.1 Dados e definição das variáveis utilidades

Foram incorporados à base de dados existente até o Censo Agropecuário 2006, os dados publicados do Censo Agropecuário 2017. Esclarece-se que para o de 2006 foram utilizados dados que estavam disponíveis antes da revisão realizada pelo IBGE, em 2011.

Como a PTF resulta da relação entre o índice de produto e o índice de insumos, os dados serão apresentados para o numerador e depois para o denominador. Menciona-se aqui que são necessárias as quantidades e os valores dos produtos e dos insumos e que não é necessário deflacionar os valores, pois o índice de Tornqvist é construído pelas participações. Tanto faz, desse modo, trabalhar com valores nominais ou deflacionados para calcular os índices dos anos de censos. Isso é muito conveniente do ponto de vista prático, pois, no período analisado, o país teve muitos anos de taxas de inflação altíssimas (até metade dos anos 1990) e mudanças de moeda, o que exige adaptações.

O produto da agropecuária pelo Censo Agropecuário 2017 é formado por 347 atividades, que são agregadas através de seus valores pelo índice de Tornqvist: lavouras, silvicultura, agroindústria rural, extração vegetal, horticultura, produção animal e pecuária. Para construir o índice de produto, são necessárias as informações de quantidades produzidas e de valor, como já citado, pois estas informações são utilizadas para a construção das participações (S_{it}) e das relações de quantidades ($Y_{it} / Y_{i(t-1)}$). Assim, os casos em que o censo não apresenta a quantidade produzida, mas apenas o valor (floricultura, por exemplo), não foram considerados no cálculo do índice de produto.

Na construção do índice de insumos, que é o denominador do índice de Tornqvist, foram necessárias informações de quantidades utilizadas de insumos e os respectivos custos. Como no produto, as variáveis utilizadas trazem em si a concepção de fluxo, pois representam as quantidades e os custos dos insumos utilizados ao longo do ano. A lista de insumos utilizados foi construída combinando-se as informações das quantidades contidas no censo com as informações correspondentes das tabelas de despesas. Assim, têm-se as informações de quantidades de insumos utilizadas e de seus respectivos custos.

Os insumos utilizados para compor o denominador do índice foram aqueles onde foi possível obter as informações de quantidade e valor. Desse modo, a lista utilizada de dados compreende: terra, pessoal ocupado, número de tratores, adubos e corretivos, agrotóxicos e energia elétrica. De forma breve, a seguir, faz-se a descrição de cada uma dessas variáveis.

- 1) Terra: corresponde à quantidade de área dos estabelecimentos, incluindo pastagens naturais (tabela 6882); pastagens plantadas em boas condições (tabela 6882); pastagens plantadas em más condições (tabela 6882);

área cortada em hectares de espécies da silvicultura (tabela 6945), área colhida das lavouras temporárias (tabela 6957); área colhida das lavouras permanentes: estabelecimentos com cinquenta pés e mais existentes (tabela 6955). Para obter o custo por hectare da terra utilizada, foram divididas as despesas de arrendamento de terras (tabela 6900) pela área arrendada (tabela 6769). Esse resultado foi tomado como uma estimativa do preço da terra por hectare. Esse preço foi multiplicado pela área dos estabelecimentos (tabela 6882), obtendo assim o custo da terra.

- 2) Pessoal ocupado: inclui o produtor e as pessoas com ou sem laços de parentesco com ele (tabela 6888). Os gastos com salários foram obtidos na tabela de valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos (6899). Desse modo, considerou-se que todas as pessoas que trabalhavam no estabelecimento tinham remuneração, dada pela relação entre despesas com salários e número de pessoas ocupadas.
- 3) Máquinas e implementos: número de tratores, implementos e máquinas existentes nos estabelecimentos agropecuários. Como valor, foi utilizada a informação de valores de compra de máquinas e veículos (tabela 6899).
- 4) Adubos e corretivos: nesse caso, foram utilizados os dados de vendas publicados pela Associação Nacional para Difusão de Adubos (Anda). Fertilizantes entregues ao consumidor final, obtidos mediante solicitação. Os dados de valor foram os de valores de adubos e corretivos (tabela 6899).
- 5) Agrotóxicos: referem-se aos dados de Brasil. Não foram encontradas informações sobre quantidades utilizadas para as UFs e as regiões no ano de 2017. Os valores referem-se a adubos e corretivos (tabela 6899).
- 6) Energia elétrica: as informações de consumo foram calculadas pelos autores a partir do preço da tarifa média rural. Obteve-se o consumo para o país e para as UFs e regiões. As despesas com energia elétrica encontram-se na tabela 6899.

3 PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES: RESULTADOS

A agricultura brasileira tem mantido, ao longo dos anos que separam os Censos Agropecuários 2006 e 2017, uma taxa média de crescimento do produto de 3,29%. Nesse período, as regiões que mais se destacam são: o Centro-Oeste, que cresceu a 5,8% ao ano (a.a.), e o Sul, 3,55% a.a. Essas taxas são bastante elevadas se comparadas às dos Estados Unidos, cujo produto cresceu a 1,19% a.a. entre 2007 e 2017. Um fato marcante é que o aumento do produto agropecuário tem ocorrido com baixo aumento da utilização de insumos, cuja taxa anual cresceu 1,0% entre os dois últimos censos. A PTF cresceu a 2,21% a.a. entre 2006 e 2017. Essa taxa é mais alta que a dos Estados Unidos, que vem crescendo a 1,21% a.a., e do que a taxa mundial, que é de 1,71% a.a. A agricultura brasileira mostra uma característica que também pode ser observada nos Estados Unidos: o crescimento com mais capital do que com mais mão de obra e terra.⁵

A taxa obtida para o Brasil, 2,21% a.a., fica abaixo da encontrada em outros trabalhos realizados pelos autores com dados/métodos diferentes, onde se obteve taxa de crescimento de 3,50% ao ano no período. Além do próprio método, as diferenças podem ser devidas a erros de medida nos levantamentos, bem como ao fato de ser o painel de dados gerados nos censos mais amplo do que o utilizado nos outros trabalhos dos autores.

5. As informações a respeito da produtividade da agricultura nos Estados Unidos foram obtidas no ano de 2020 por meio da solicitação dos autores deste texto ao USDA. Site do USDA: <<https://www.usda.gov>>.

TABELA 1

Taxa de crescimento do produto, dos insumos e da PTF e produtividade da terra, da mão de obra e de capital (1970-2017 e 2006-2017)

UFs e regiões	Produto		Insumos		PTF		Produtividade da terra		Produtividade da mão de obra		Produtividade de capital	
	1970-2017	2006-2017	1970-2017	2006-2017	1970-2017	2006-2017	1970-2017	2006-2017	1970-2017	2006-2017	1970-2017	2006-2017
Brasil	3,221	3,286	1,166	1,049	2,032	2,214	3,041	3,061	3,229	3,214	2,685	2,399
Norte	3,822	2,416	2,927	2,282	0,869	0,131	2,708	1,495	2,501	2,060	3,454	1,534
Acre	1,937	0,434	3,849	5,685	-1,841	-4,969	-0,887	-0,952	1,008	-1,794	1,681	-1,454
Amapá	3,260	6,137	0,236	4,544	3,017	1,524	2,890	5,388	2,770	5,270	3,813	3,087
Amazonas	-0,535	2,010	-0,181	0,435	-0,355	1,568	-0,817	3,970	-0,862	1,734	0,211	-0,077
Pará	2,836	0,926	2,607	3,263	0,223	-2,262	1,776	-0,188	1,758	0,423	2,551	-0,014
Rondônia	7,848	2,310	7,396	2,171	0,421	0,136	5,213	0,956	3,739	2,258	7,154	1,531
Roraima	3,793	6,199	1,279	4,755	2,481	1,379	3,767	4,343	3,009	4,883	3,390	4,477
Tocantins	2,238	6,552	1,088	0,832	1,137	5,673	2,442	6,006	2,301	6,240	2,207	6,320
Nordeste	2,089	-0,214	0,258	-0,297	1,827	0,084	2,214	0,816	1,994	-0,214	1,980	-0,693
Alagoas	1,416	-6,377	-0,321	-2,442	1,743	-4,034	1,657	-4,924	1,402	-6,150	1,642	-6,706
Bahia	2,182	0,855	0,860	0,177	1,310	0,677	2,010	1,601	1,972	0,776	1,979	0,428
Ceará	1,904	-2,907	-0,494	-1,277	2,409	-1,651	2,474	-1,513	1,754	-2,983	1,915	-3,196
Maranhão	2,286	0,340	0,583	0,221	1,693	0,119	1,992	1,208	2,287	0,455	2,184	-0,335
Paraíba	0,766	-2,219	-0,813	-1,211	1,592	-1,021	1,379	-0,506	0,978	-2,250	0,867	-2,621
Pernambuco	1,374	-1,718	-0,868	-2,247	2,261	0,541	1,805	0,000	1,595	-1,579	1,501	-2,129
Piauí	3,874	3,958	1,005	0,753	2,840	3,181	3,947	4,755	3,306	3,956	3,715	3,513
Rio Grande do Norte	2,192	1,599	-0,707	-1,566	2,920	3,215	2,774	3,090	2,410	1,657	1,982	1,297
Sergipe	1,999	1,521	0,422	1,025	1,570	0,491	2,116	2,082	1,872	1,426	1,823	1,073
Sudeste	2,789	3,162	0,859	0,585	1,913	2,562	2,950	3,242	2,789	2,898	2,238	2,194
Espírito Santo	2,406	2,257	0,739	2,342	1,654	-0,083	2,505	2,602	2,222	1,813	2,089	0,296
Minas Gerais	2,648	3,668	1,037	0,785	1,594	2,860	2,832	3,552	2,455	3,393	2,081	2,494
Rio de Janeiro	0,362	-0,006	-0,388	0,856	0,753	-0,854	0,648	-0,050	0,616	-0,334	0,107	-0,595
São Paulo	2,503	2,807	0,667	-0,137	1,823	2,948	2,677	3,230	2,834	2,721	1,934	2,107
Sul	3,650	3,725	1,193	1,460	2,428	2,232	3,558	3,306	3,912	3,850	2,795	2,417
Paraná	4,017	3,437	1,039	1,366	2,947	2,043	3,668	2,630	4,438	3,613	3,312	2,249
Rio Grande do Sul	2,875	3,374	1,543	2,024	1,311	1,323	2,870	3,025	2,942	3,486	1,943	1,996
Santa Catarina	3,956	2,951	1,031	0,798	2,895	2,136	4,050	3,497	4,160	3,003	2,956	1,484
Centro-Oeste	5,912	5,790	1,964	1,895	3,872	3,823	5,455	4,969	5,714	5,543	5,478	5,234
Distrito Federal	6,554	1,951	4,085	2,221	2,372	-0,264	6,429	1,510	5,457	1,678	5,439	1,195
Goiás	4,281	5,767	0,850	1,404	3,402	4,303	4,460	5,180	4,322	5,509	3,821	5,109
Mato Grosso	6,320	6,444	1,983	2,694	4,253	3,652	6,233	5,212	6,366	6,233	5,851	5,806
Mato Grosso do Sul	3,959	3,522	0,889	1,171	3,043	2,323	3,860	3,404	3,966	3,232	3,650	3,143

Fonte: Resultados da pesquisa.
Elaboração dos autores.

As regiões Centro-Oeste e Sul vêm garantindo o crescimento da agricultura. Nessas regiões é que ocorrem as mais elevadas taxas de crescimento da PTF. Essas taxas têm como fonte o crescimento das produtividades da terra, da mão de obra e do capital, cujo crescimento anual tem sido bastante elevado entre 2006 e 2017: terra, 4,97%; mão de obra, 5,54%; e capital, 5,23%. O Censo Agropecuário 2017 mostra mudanças relevantes nessas variáveis. A busca por melhorias na educação, em vários níveis pesquisados, tem contribuído para se ter uma mão de obra mais qualificada. Desde o censo anterior, esse fato vem sendo observado. Tem havido, nos últimos anos, forte esforço em pesquisa, de modo que uma revolução invisível vem ocorrendo graças à descoberta de novas variedades, novos sistemas de produção e muitos outros resultados.

Esses fatores afetam diretamente a produtividade da terra e têm sido responsáveis pelo seu crescimento. Os investimentos feitos em pesquisa pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) cresceram 113,6% entre 2006 e 2017. Como os impactos desse investimento não são imediatos, seus efeitos devem ter efeitos duradouros.

BOX 1

Efeitos de gastos públicos em pesquisa sobre a PTF

Tratando especificamente do caso da pesquisa e desenvolvimento (P&D) na agricultura, Fuglie *et al.* (2019) consideram, com base na comparação da performance de longo prazo dos setores agrícolas de diversos países, que aqueles que investem mais nessa área têm, consistentemente, maior produtividade; os resultados da P&D, tanto públicos como privados, são transferidos ao setor produtivo em grande medida. Os autores citam os casos emblemáticos do Brasil e da China quando tratam de países *em desenvolvimento*: o gasto público com P&D no Brasil, em 2011, expresso como porcentagem do produto interno bruto (PIB) agrícola, foi o maior entre todos os demais países incluídos nessa categoria, sendo de 1,65% (US\$ 31,09 por hectare plantado).

Fuglie *et al.* (2019) mostram forte associação positiva entre P&D público e PTF na agricultura, reportando resultados de 27 estudos feitos em diversas partes do mundo sobre essa relação, os quais mostram elasticidades variando entre 0,02 a 0,44. Os dois trabalhos mais abrangentes (painel com 88 países), embora não tão recentes, apontam elasticidades de 0,10 e 0,16 para os períodos 1965-1990 e 1961-1997, respectivamente. O modelo utilizado na maioria dos estudos que trataram da relação entre P&D e PTF é expresso por:

$$\ln(PTF_{it}) = \alpha + \beta \ln(S_{it}) + \gamma X_{it} + \varepsilon_{it}$$

com PTF sendo a produtividade total dos fatores; S o estoque acumulado de capital (investimentos passados em pesquisa); X o vetor que representa outros determinantes da PTF (controles) e ε o erro aleatório, que capta efeitos climáticos e, também, erros de medida. Como os autores apresentaram o modelo para o caso de dados em painel, tem-se que i é a localidade e t o tempo. No modelo admite-se que investimentos em pesquisa e desenvolvimento feitos hoje geram efeitos permanentes na PTF, e o valor do coeficiente da variável que representa gastos em P&D multiplicado por 100 representa a taxa de retorno desses gastos.

Visando uma comparação entre as elasticidades relatadas por Fuglie *et al.* (2019) e a que representa o caso brasileiro, ajustou-se, usando dados do período 1995-2018, um modelo com a especificação aqui apresentada, na qual a PTF é explicada pelos gastos com pesquisa do setor público acumulados (gastos da Embrapa), e as variáveis de controle: crédito rural, exportações do agronegócio e relação de preços recebidos/preços pagos pelos produtores. A elasticidade reflete a porcentagem de mudança na PTF dada uma mudança no estoque de capital decorrente de investimentos em pesquisas anteriores.

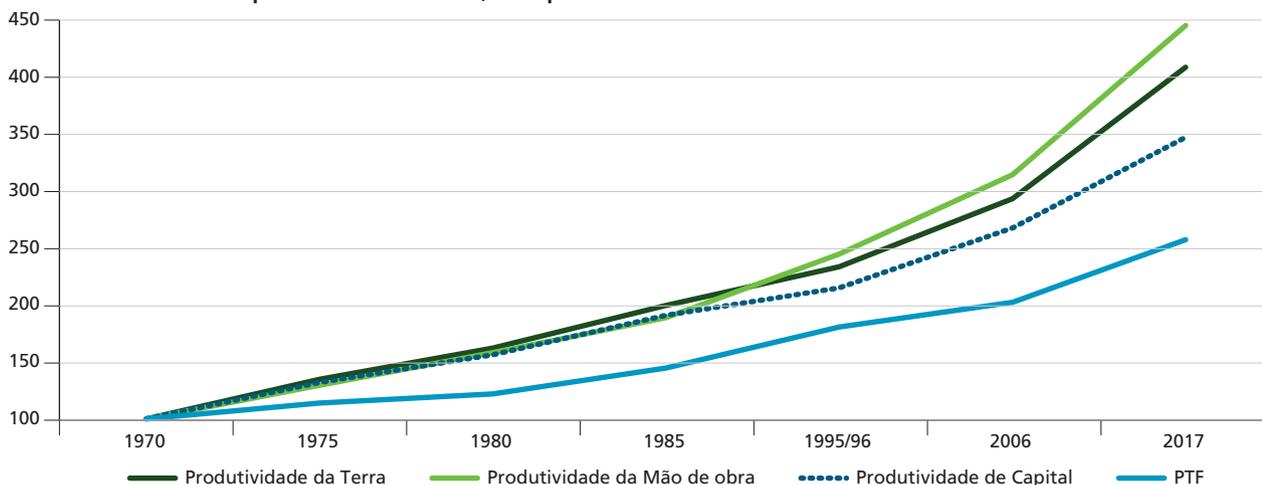
Modelos alternativos no que diz respeito a termos deterministas foram ajustados, dando tratamento adequado à correlação de resíduos, já que se trabalhou com séries temporais. Os resultados desses modelos apresentam valores entre 0,25 e 0,28 para a elasticidade do dispêndio com gastos públicos com pesquisa sobre a PTF, portanto, muito próximos. Se tomarmos como referência as elasticidades apresentadas por Fuglie *et al.* (2019) para o caso de despesas públicas em P&D, que variaram, nos estudos apresentados, de 0,02 a 0,44 (poucas acima de 0,30). Conclui-se que no Brasil há uma boa conversão de gastos com pesquisa em produtividade.

Fonte: Fuglie *et al.* (2019).
Elaboração dos autores.

Outra variável que também tem sido relevante para o crescimento da produtividade é o capital (gráfico 1), que, nesta pesquisa, tem sido mensurado pela quantidade de máquinas e equipamentos. Os dados do Censo Agropecuário 2017 mostram um acentuado crescimento do número de tratores e de outros equipamentos, mas sem dúvida ocorreram também ganhos em eficiência desses fatores

GRÁFICO 1

Índice da PTF e da produtividade da terra, de capital e da mão de obra – Brasil



Fonte: Resultados da pesquisa.
Elaboração dos autores.

Obs.: Terra, capital e mão de obra são as principais fontes de crescimento da PTF.

Em alguns estados brasileiros a PTF vem crescendo a taxas elevadas. Destacam-se os estados de Tocantins, Goiás, Mato Grosso, Piauí e Rio Grande do Norte (gráfico 2). Como se sabe, alguns deles são, na atualidade, líderes na produção de grãos e carnes no país. Nas regiões onde estão localizados, encontram-se os municípios brasileiros com as maiores taxas de produtividades observadas (IBGE, 2018).

Os resultados da PTF por estados mostram, ainda, que oito deles apresentam taxas negativas de crescimento da PTF: Acre, Pará, Alagoas, Ceará, Paraíba, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Distrito Federal, levando a um distanciamento desses estados do patamar dos demais. Observa-se, entretanto, que o Espírito Santo e o Distrito Federal, apesar de terem apresentado retração da produtividade, mostram sinais positivos para o crescimento da produtividade da terra e da mão de obra.

GRÁFICO 2
Crescimento do produto e da PTF – por UFs (2006-2017)
(Em %)



Fonte: Resultados da pesquisa.
Elaboração dos autores.

O crescimento da PTF no longo prazo, segundo Wang *et al.* (2015), é dirigido pela inovação tecnológica, e ocorre com defasagem no tempo. Contudo, no curto prazo, o crescimento da PTF pode flutuar consideravelmente de ano para ano, o que ocorre em resposta a eventos climáticos, choques de energia, impactos macroeconômicos, entre outros fatores. Essa gama de flutuações de curto prazo pode tornar difícil identificar mudanças nas tendências de longo prazo. Em geral, o crescimento do produto e da PTF são altamente correlacionados.

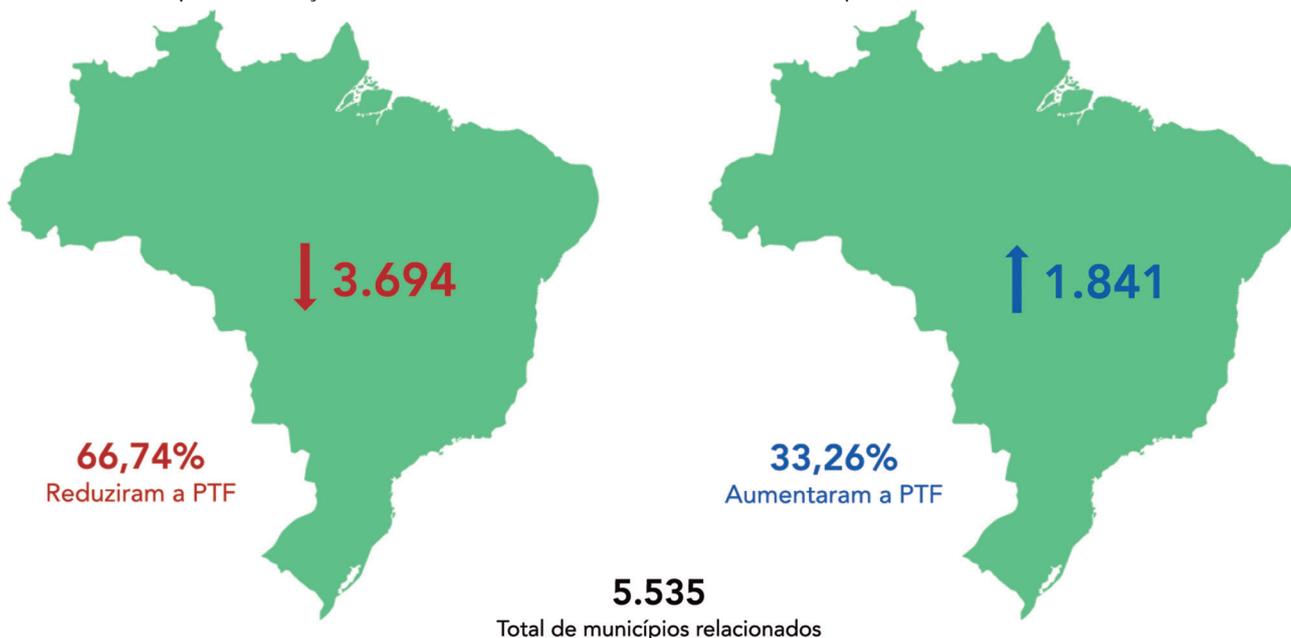
A partir das informações de despesas e do valor da produção dos estabelecimentos calculou-se, também, a PTF para 5.535 municípios. Foi feita inicialmente a ordenação dos municípios, de forma a compatibilizá-la com a que foi apresentada em 2006; havendo possivelmente criação de novos municípios no período entre os censos. A PTF foi obtida, como é usual, pela definição de produtividade total dos fatores, que é a relação entre *valor da produção agropecuária* e o *valor das despesas* realizadas nos anos do censo. Há um pequeno texto de Alves (1979) que discute o cálculo da PTF a partir de sua definição e, embora essa forma seja muito útil, muitas vezes ela não tem todo o potencial, em termos de informações complementares geradas, relativamente ao índice de Tornqvist. Em uma primeira aproximação, verifica-se que, em um universo de 5.535 municípios, 1.841 municípios tiveram aumento de produtividade entre 2006 e 2017. Esse número corresponde a 33,26% dos estabelecimentos considerados (mapa 1).

MAPA 1

Municípios com redução e aumento da PTF

1A – Municípios com redução da PTF

1B – Municípios com aumento da PTF



Fonte: Resultados da pesquisa
Elaboração dos autores.

3.1 Produtividade, mudança estrutural e diversificação

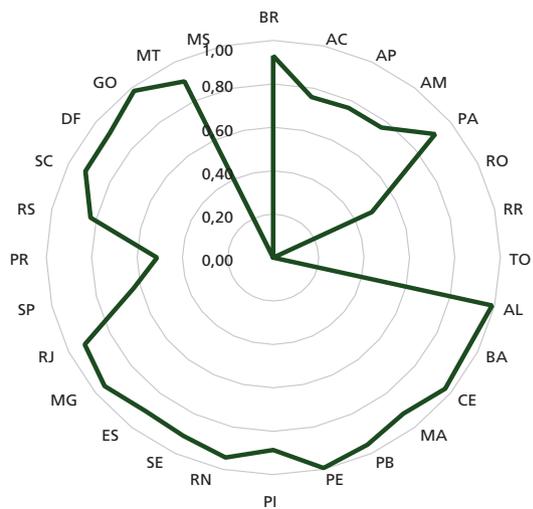
O indicador de mudanças estruturais, dado pela expressão (2), utiliza as participações de cada atividade na composição do valor da produção agropecuária, resultando em um número entre zero e um; quanto mais próximo da unidade, menores são as mudanças verificadas entre dois períodos, como já comentado quando se tratou das metodologias utilizadas neste estudo.

Nos anos que separam os dois últimos censos, houve mudanças expressivas na composição das atividades. Na relação de participações, o grupo composto por soja, bovinos, cana-de-açúcar e milho correspondia a 42,0% do valor da produção total em 2006; essa participação subiu para 55,0% em 2017. Esse aumento foi devido principalmente à cultura da soja, cuja participação aumentou de 11,4% para 23,1%. Como era esperado, mudanças expressivas ocorreram relativamente aos anos da década de 1970, quando esse grupo de produtos destacados representava 30,6% do valor da produção.

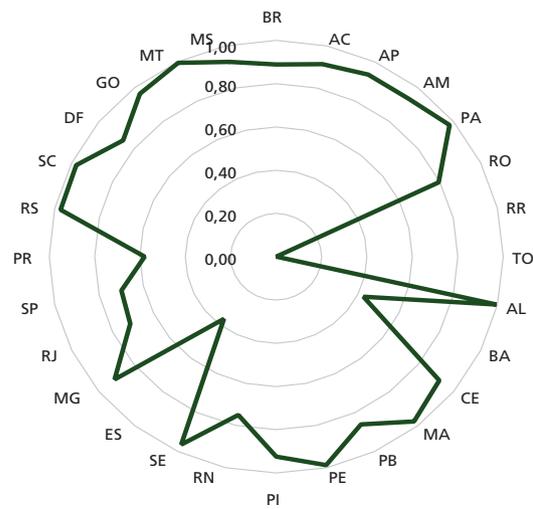
Na tabela 2 nota-se, inicialmente, que, entre os Censos Agropecuários 1970 e 1975, as maiores mudanças ocorreram na região Sul, em decorrência da substituição do café por outras atividades, como a pecuária. Entre 1975 e 1985, poucas mudanças ocorreram na composição das atividades em todas as regiões, pois os índices estimados foram elevados, ultrapassando 0,90 no Centro-Oeste e no Norte. A partir do período 1985-1995, mudanças passaram a ocorrer em várias regiões. No Sudeste e no Nordeste, alterações fortes ocorreram no período 1995-2006. Mudanças permaneceram ocorrendo no Nordeste até 2017, tendo sido ocasionadas pela ocupação produtiva da Bahia, do Maranhão e do Piauí através da produção de grãos. No Sudeste, ocorreu expansão da atividade canavieira. Entre os anos 2006 e 2017, deu-se o início das transformações estruturais no Norte do país, onde atividades econômicas tradicionais dão lugar à criação de gado e a lavouras modernas de soja, algodão e café.

GRÁFICO 3
Índice de mudança estrutural

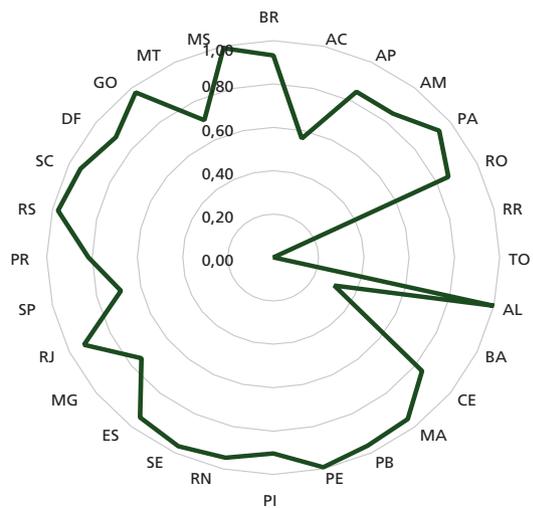
3A – 1975/1970



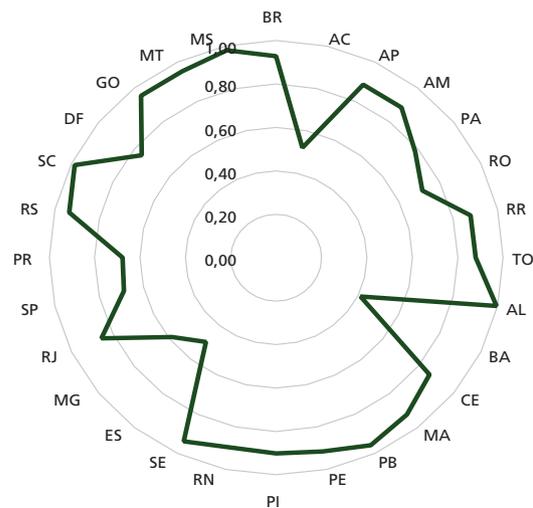
3B – 1980/1975



3C – 1985/1980



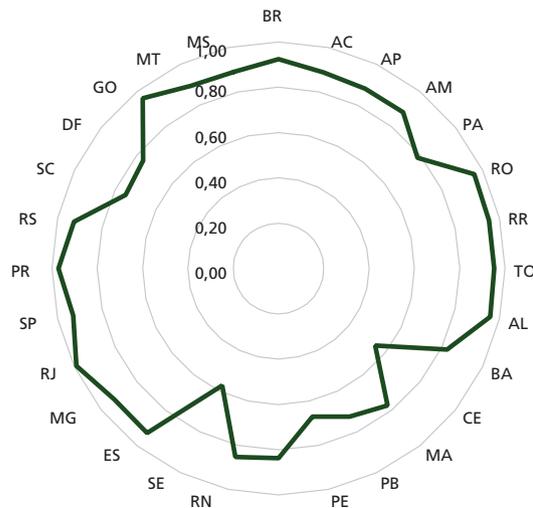
3D – 1995/1985



3E – 2006/1995



3F – 2017/2006



Fonte: Resultados da pesquisa.
Elaboração dos autores.

TABELA 2
Índice de mudança estrutural

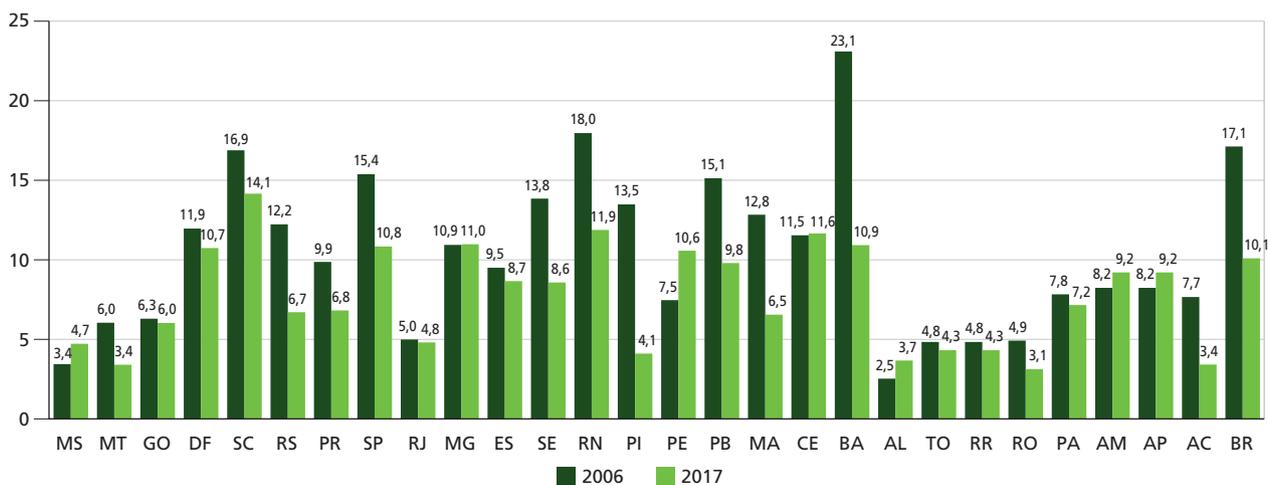
Regiões	Índice mudança estrutural (produto)					
	1975/1970	1980/1975	1985/1980	1995/1985	2006/1995	2017/2006
Brasil	0,93	0,89	0,93	0,93	0,91	0,92
Norte	0,87	0,97	0,91	0,89	0,91	0,87
Nordeste	0,98	0,87	0,81	0,84	0,78	0,73
Sudeste	0,97	0,80	0,86	0,71	0,65	0,97
Sul	0,75	0,88	0,93	0,89	0,94	0,94
Centro-Oeste	0,99	0,96	0,96	0,98	0,93	0,93

Fonte: Resultados da pesquisa.
Elaboração dos autores.

3.2 Resultados do índice de diversificação

Conforme mencionado anteriormente, há uma relação direta entre a diversificação e o valor do índice representado na expressão (3), utilizado neste estudo. Os resultados obtidos mostram um comportamento de redução da diversificação em todas as regiões (gráfico 3). Entre 2006 e 2017, o índice geral (Brasil) caiu de aproximadamente 17 para aproximadamente 10. Dito de outra forma, houve maior especialização nas atividades agrícolas no país como um todo. O setor agropecuário brasileiro caminha de forma a incorporar um conjunto de produtos com alto valor agregado, tem elevado nível tecnológico e apresenta maior rentabilidade dentro de um conjunto amplo de produtos.

GRÁFICO 4
Índice de especialização: produto (2006 e 2017)



Fonte: Resultados da pesquisa.
Elaboração dos autores.

TABELA 3
Índice de diversificação: produto (2006 e 2017)

UF	Sigla	2006	2017
Mato Grosso do Sul	MS	3,44	4,72
Mato Grosso	MT	6,04	3,40
Goiás	GO	6,29	6,03
Distrito Federal	DF	11,95	10,73
Santa Catarina	SC	16,87	14,15
Rio Grande do Sul	RS	12,22	6,71
Paraná	PR	9,86	6,82
Rio de Janeiro	SP	15,37	10,84
São Paulo	RJ	4,99	4,81
Minas Gerais	MG	10,93	10,97
Espírito Santo	ES	9,49	8,65
Sergipe	SE	13,83	8,57
Rio Grande do Norte	RN	17,95	11,86
Piauí	PI	13,47	4,10
Pernambuco	PE	7,46	10,56
Paraíba	PB	15,11	9,80
Maranhão	MA	12,83	6,54
Ceará	CE	11,53	11,64
Bahia	BA	23,07	10,91
Alagoas	AL	2,54	3,67
Tocantins	TO	4,84	4,32
Roraima	RR	4,84	4,32
Rondônia	RO	4,91	3,12
Pará	PA	7,82	7,15
Amazonas	AM	8,24	9,20
Amapá	AP	8,24	9,20
Acre	AC	7,66	3,41
Brasil	BR	17,11	10,08

Fonte: Resultados da pesquisa
Elaboração dos autores.

Os estados também caminham em direção à especialização. As mudanças mais acentuadas, nesse contexto, ocorreram no Piauí, na Bahia, no Rio de Janeiro, no Rio Grande do Norte, no Rio Grande do Sul, no Mato Grosso, em Sergipe, na Paraíba e no Maranhão, que tiveram o índice de diversificação diminuído em 2017, relativamente a 2006. Em alguns desses estados, a especialização ocorreu pela predominância da soja como produto principal; em outros estados, como Rio de Janeiro e Sergipe, pela pecuária leiteira. No Nordeste, alguns estados passaram a se dedicar grandemente à produção de frutas, como uva e melão. Apenas sete estados apresentaram valor maior para o índice de diversificação, mas as diferenças entre os resultados, considerando os dois censos (2006 e 2017), não foram de grande magnitude. Também não foram de grande magnitude as diferenças dos índices de diversificação, entre os dois censos, daqueles estados não mencionados que apresentaram menor valor para referido índice.

4 OBSERVAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados neste estudo mostram que as transformações observadas entre os Censos Agropecuários 2006 e 2017 são extraordinárias. Cita-se, nesse sentido, o caso de mudanças estruturais e especialização decorrentes do aumento da produção de bens com alto valor agregado, como frutas e carnes, por exemplo, e de produtos grandemente demandados no mercado internacional. Isso tem sido possível pelo direcionamento de políticas específicas, como investimentos em pesquisa, políticas setoriais relevantes, incentivos à irrigação, fortalecimento da agricultura familiar através do crédito, entre outras. Esse conjunto de medidas permite a introdução e expansão de novas atividades agrícolas em determinadas áreas do território nacional e a implementação de novas técnicas de produção.

É importante mencionar que essas mudanças vêm sendo realizadas em bases modernas, e isso tem efeitos positivos sobre o emprego e a renda gerados no campo (Mapa, 2019).

A prova de que a agricultura brasileira tem apresentado excelente desempenho ao longo do tempo está no fato de se obter alto valor para PTF nacional, relativamente à média mundial. Tomando-se como referência o valor calculado utilizando os Censos Agropecuários 2006 e 2017, 2,21% a.a., conclui-se que a PTF brasileira, além de ser maior que a média mundial, é maior que a de muitos países desenvolvidos, inclusive que a dos Estados Unidos.

Os principais impulsionadores do crescimento da produtividade têm sido a mão de obra, terra e capital. A mão de obra tornou-se mais qualificada nos últimos anos, e a disponibilidade de equipamentos e máquinas com melhor desempenho tornaram o trabalho mais produtivo. Por seu turno, novos sistemas de produção, alocação mais eficiente da terra, levando em conta as diferentes condições edafoclimáticas do território nacional, permitiram a elevação da produtividade desse fator de produção. Certamente os resultados de pesquisas direcionadas à agricultura têm sido incorporados no processo produtivo e elevado a produtividade desse setor da economia nacional.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. R. A. **A produtividade da agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 1979. Mimeografado.
- CHAMBERS, R. G. **Applied Production Analysis: a dual approach** Cambridge. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- CHRISTENSEN, L. R. Concepts and measurement of agricultural productivity. **American Journal of Agricultural Economics**, Lexington, v. 57, n. 5, p. 910-915, 1975.
- FUGLIE, K.; WANG, S. L.; BALL, E. V. **productivity growth in agriculture: an international perspective**. Wallingford: CAB International, 2012.
- FUGLIE, K. *et al.* **Harvesting prosperity: technology and productivity growth in agriculture**. Washington D.C.: World Bank, 2019.
- GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. R. **Crescimento e produtividade da agricultura brasileira**. Brasília: Ipea, jul. 1997. (Texto para Discussão, n. 502).
- GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. P. **Produtividade e fontes de crescimento da agricultura**. Brasília: Ipea, 2009. (Carta de Conjectura, n. 38).
- GASQUES, J. G. *et al.* **Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura: análise dos dados dos Censos Agropecuários**. In: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E.; NAVARRO, Z. (Orgs). **Agricultura brasileira: desafios e perspectivas**. Brasília: Ipea, 2010.
- _____. Total fator productivity in brazilian agriculture. In: FUGLIE, K.; WANG, S. L.; BALL, E. V. **Productivity growth in agriculture: an international perspective**. Wallingford: CAB International, 2012.
- HOFFMANN, R. **Estatística para economistas**. São Paulo: Pioneira, 1980. 379 p.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017**. Brasília: IBGE, 2017.
- _____. **Produção Agrícola Municipal (PAM) 2018**. Brasília: IBGE, 2018.

JORGENSON, D. W. The Embodiment Hypothesis Productivity. **Journal of Political Economy**, v. 74, n. 1, Feb. 1966.

RAMOS, R. M. **Metodologia e cálculo de indicadores de mudança estrutural**. Brasília: Ipea, 1991. (Relatório Interno, n. 1).

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

USDA – DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS. Economic Research Service (ERS). **Produtividade da agricultura nos Estados Unidos**. Disponível em: <<https://www.usda.gov>>.

WANG, S. L. *et al.* **Agricultural productivity growth in The United States**: measurement, trends, and drivers. Washington: USDA, Jul. 2015. (Working Paper, n. 189).

