

# Revisão sistemática dos trabalhos que calculam a PTF da agropecuária brasileira<sup>1</sup>

Gabriel Costeira Machado<sup>2</sup>

Carlos José Caetano Bacha<sup>3</sup>

Fernanda Lopes Johnston<sup>4</sup>

**Resumo** – A manutenção e o cumprimento das funções clássicas da agricultura requerem esforços contínuos para a expansão da produção efetiva, seja via aumento da quantidade de fatores produtivos empregados, seja pelo aumento de sua produtividade – calculada principalmente pelo índice de produtividade total de fatores (PTF). Diante de várias abordagens e metodologias alternativas, torna-se útil um estudo que organize, compare e discuta os resultados, bem como as vantagens e desvantagens de cada uma. Este trabalho se propõe a isso, a partir de uma revisão bibliográfica sistemática que sintetiza estudos selecionados, discutindo a evolução da produtividade da agricultura, especialmente para o Brasil, por diferentes óticas. A análise confirma a tendência de crescimento da PTF da agricultura brasileira, embora diagnosticando a divergência em valores absolutos desse crescimento de acordo com o período analisado, método empregado e dados utilizados.

**Palavras-chave:** agricultura, Brasil, literatura.

## Systematic review of studies that calculate FTP in Brazilian agriculture

**Abstract** – Keeping continuous actions to expand the effective production is fundamental to agriculture to achieve its classic roles into the economic development process. The enlargement of agriculture production can be reached by increasing the quantity of productive factors employed or by increasing their productivity. The latter can be calculated, mainly, by the total productivity of factors index (TFP). Considering the large number of alternative approaches and methodologies to calculate TFP, a study that compiles, compares and discusses their results, as well as the advantages and disadvantages associated with each approach is useful and necessary. The present article proposes to address these questions by using a systematic bibliographical review that synthesizes of a branch of carefully selected studies; discussing the evolution of agricultural productivity especially for Brazil under different perspectives. From this analysis, the trend of TFP growth in Brazilian agriculture is stated; although diagnosing the divergence in absolute values of this growth according to the period under consideration, the method used and data employed.

**Keywords:** agriculture, Brazil, literature.

<sup>1</sup> Original recebido em 2/9/2019 e aprovado em 28/10/2019.

<sup>2</sup> Doutorando em economia aplicada. E-mail: gmcosteira@usp.br

<sup>3</sup> Professor titular da Esalq/USP. E-mail: carlosbacha@usp.br

<sup>4</sup> Doutoranda em economia aplicada. E-mail: fernandajohnston@usp.br

## Introdução

Para que a agropecuária seja capaz de cumprir suas funções clássicas no processo de desenvolvimento econômico, em especial a de oferta de alimentos e de matéria-prima, é necessário que haja aumento de produção efetiva: pela expansão extensiva dos fatores de produção, principalmente através da expansão da fronteira agrícola; pelo aumento da produtividade dos fatores de produção; ou pela combinação de ambos.

Otsuka & Runge (2015) apresentam uma série de contribuições de Hayami e Rutan, proponentes da teoria da inovação induzida, através da qual discutem o caso do Japão, em que a maior parte do território é de conjuntos montanhosos e com pouca disponibilidade de área plana adequada para o cultivo. A alternativa foi adotar tecnologia (mecanização) capaz de poupar terra para possibilitar o aumento da produção através da expansão da fronteira agrícola – algo semelhante ao que ocorreu em alguns países europeus.

Já no caso brasileiro, há abundância relativa de terra e sua oferta é relativamente elástica (Pastore et al., 1974): expansão sobre o norte do Paraná nas décadas de 1950 e 1960; sobre o Centro-Oeste e Amazônia nas décadas de 1960 a 1990; e sobre a recente área do Matopiba desde o fim da de 1990, conforme Bacha (2018).

Independentemente de haver capacidade de expansão da produção via aumento da extensão de terras, qualquer país que se empenhe em aumentar a produtividade dos fatores de produção pode obtê-la pela melhor combinação desses fatores ou por mudança técnica que implique ganhos de eficiência e, consequentemente, produtividade.

Almeida (2012) descreve alguns conceitos representativos de eficiência e produtividade. Segundo o autor, define-se a eficiência econômica como um processo produtivo resultante da combinação da menor quantidade de insumos que seja capaz de gerar a quantidade máxima possível de produtos. Para que um processo apresente eficiência econômica, ele deve, por

condição, exibir: i) eficiência alocativa no que se refere à escolha dos insumos conforme seus preços relativos, buscando a minimização de custos, e; ii) eficiência técnica, ou seja, quando o processo produtivo ocorre na fronteira tecnológica disponível. Conceitualmente, a produtividade pode ser definida como o grau de eficiência com o qual se combinam os recursos a fim de produzir bens e serviços.

Existem muitas maneiras de quantificar a produtividade. Pode-se considerar a produtividade parcial dos fatores, que pode ser expressa pelo produto gerado por hora trabalhada ou estoque de mão de obra, denominada produtividade do trabalho; ou, analogamente, o produto gerado pelo estoque de capital, denominada produtividade do capital. Alternativamente, existe o índice de produtividade total dos fatores (PTF). Trata-se de um conceito baseado na relação entre o produto agregado e os insumos utilizados no processo produtivo.

A literatura tem destacado a superioridade desse indicador em relação aos índices de produtividade parcial, como produto por área e por trabalhador empregado (Gasques et al., 2016, p.144).

Simplificadamente, a PTF pode ser descrita como “uma relação entre todos os produtos, expressos por meio de índice, e os insumos totais, também expressos na forma de índice” (Gasques et al., 2004, p.8). A esse índice é atribuído o papel de identificar o resultado tecnológico da economia, pois, ele refere-se às mudanças na produtividade de uma economia que não são respondidas pelas mudanças nos insumos empregados.

Entre os métodos mais comuns na literatura, destacam-se os números-índices, incluindo o índice Tornqvist e, em menor grau, o índice de Fisher (a média geométrica dos índices de Laspeyres e Paasche). Também o índice Malmquist, uma extensão do modelo de análise envoltória de dados. Outra maneira de medir a PTF considera a decomposição do crescimento, conforme proposta por Solow (1956), usando do

arcabouço teórico para estimar econometricamente o resíduo – a parcela do crescimento do produto que não é explicada pelo aumento da quantidade de insumos empregados; e, também, o método de análise de fronteira estocástica.

Considerando a variedade de métodos, tanto na literatura nacional quanto na internacional, questionam-se quais são os critérios para a elegibilidade de cada método, considerando suas vantagens e desvantagens. Ao mesmo tempo em que a escolha do método pode representar flexibilidade ao pesquisador, ela implica uma dificuldade por causa das possíveis limitações da metodologia. A rigor, os trabalhos não traçam comparações de seus resultados à luz do balanço de vantagens e desvantagens dos diferentes métodos de cálculos da PTF.

Portanto, este trabalho, a partir de uma revisão sistemática, busca fazer uma comparação teórica de estudos que calculam a PTF da agricultura brasileira.

## Contextualização da agricultura brasileira contemporânea

A literatura de interesse mais próxima do objetivo geral deste trabalho pode ser agrupada em: 1) trabalhos que analisam a expansão da agropecuária no Brasil desde a segunda metade do século 20, avaliando os determinantes dessa expansão; 2) trabalhos que estimam a PTF segundo os diversos métodos já citados.

No primeiro grupo de trabalhos, destacam-se Schuh (1969), Pastore et al. (1974), Patrick (1975), Goldin & Rezende (1993) e Bacha (2018). Eles ressaltam, em especial, o papel das políticas públicas (macroeconômicas e setoriais), da disponibilidade interna de fatores de produção (terra e trabalho) e dos mercados (interno e externo) em explicar as muitas dinâmicas globais e regionais da agropecuária do País. Albuquerque & Nicol (1987) destacam a expansão da fronteira agrícola como sendo um primeiro fator que justifica o desempenho satisfatório do setor agrícola brasileiro – por causa da abundância relativa de terra e

de mão de obra. Em seguida, destacam o crédito rural e os preços internacionais das commodities.

Ainda na década de 1940, o País começou a experimentar um processo de expansão do setor urbano-industrial, culminando, já na década de 1960, na superação da população rural pela urbana. Esse movimento migratório foi caracterizado em maior parte por um grande fluxo de nordestinos em direção às grandes cidades, em especial São Paulo e Brasília – à época, em construção. Essa transição foi consequência direta da política desenvolvimentista impulsionada pela doutrina cepalina, que buscava estabelecer uma estrutura produtiva com ênfase na industrialização via substituição de importações. Naquele momento, a expansão da fronteira agrícola foi a opção escolhida em detrimento de investimentos em pesquisas de natureza químico-biológicas capazes de economizar terra, sem que corresse com os investimentos em capital para a industrialização substitutiva. Pode-se dizer, portanto, que a política agrícola desse período se apoiou na teoria de Hayami e Ruttan (Pastore et al., 1974).

Bacha (2018) descreve o movimento de expansão de terras agricultáveis, destacando o caso do Paraná, onde se observou um aumento abrupto no período de 1946 a 1964 de lavouras permanentes e temporários, suficiente para compensar a redução no restante do País. Ao todo, 593.852 hectares foram adicionados no Paraná, em comparação aos 259.627 hectares do restante do Brasil. Essa mudança representou o deslocamento do centro dinâmico da cafeicultura em direção ao Paraná, além do fluxo migratório de São Paulo e Minas Gerais (Bacha, 2018).

Pastore et al. (1974) atribuíram ao aumento da área cultivada a importância de 70% sobre o aumento da produção agrícola no Brasil em 1950–1968. Patrick (1975), com dados de 1948–1950 a 1959–1961, encontrou valor ainda maior: 91,9%. Nesse mesmo período, do ponto de vista da produção, a pauta de exportações brasileiras era baseada majoritariamente no café. O processo de transição demográfica e a consequente urbanização do País pressionaram a demanda

por alimentos. Conforme Pereira (1999), torna-se evidente a necessidade de expansão da produção diante do risco de desabastecimento de alimentos no mercado interno. Para atender a essa demanda, de 1960 a 1985 foram criados 2,5 milhões de estabelecimentos agrícolas (Bacha, 2018), e o aumento da ocupação do Centro-Oeste e Norte foi um dos principais fatores que ajudam a explicar esse crescimento.

Como contraponto, Schuh (1969) destacou a abundância de terras como sendo um fator que segurava o progresso técnico da agricultura, pois, enquanto fosse grande a disponibilidade de terras e, conseqüentemente, a capacidade de responder aos aumentos da demanda, não haveria incentivos para a modernização da agricultura.

Então, em 1972, foram criadas a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), com a inovação e a mudança técnica como suas principais atribuições, e, em 1974, a Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (Embrater), com o propósito de difundir o conhecimento gerado pela Embrapa. Com esse mesmo objetivo, cada estado contaria com uma Empresa Estadual de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater). Vieira Filho & Fishlow (2017) atribuem à criação dessas empresas grande importância no processo de modernização da agropecuária brasileira. O aumento da mecanização da agricultura também foi decisivo para a aceleração da produtividade agrícola. Além da pesquisa e extensão, as políticas de crédito rural e preços mínimos, atuando complementarmente, desempenharam importante papel para o crescimento da produção agrícola do Brasil.

Recentemente, a condução das políticas macroeconômicas se pôs como um desestímulo à agricultura brasileira. Essas políticas foram endossadas pelo objetivo de estabilização econômica e controle inflacionário a partir da segunda metade da década de 1980. Bacha (2018) descreve o comportamento da política cambial nesse período, que, em síntese, representou uma perda de receitas para os agricultores por causa da valorização da moeda nacional em relação ao dólar. Outras medidas, como a política de salários mínimos e

o controle fiscal também atingiu o setor. A primeira delas encareceu o custo dos agricultores ao permitir aumento real do salário mínimo, já que esse é o instrumento que baliza a remuneração de grande parte dos trabalhadores agrícolas. A segunda medida fez com que se reduzissem em grande escala os subsídios, entre eles o crédito rural, que fora encarecido, e houvesse queda de investimentos em pesquisa e extensão e da política de garantia de preços mínimos.

Mesmo diante de um cenário desanimador, o setor agropecuário se expandiu, e com ganhos de produtividade, pelo emprego de tecnologias avançadas de cultivo e profissionalização dos agricultores, o que reduziu a necessidade de mão de obra e da área cultivada.

Mais recentemente, a exploração agrícola do Matopiba, no Cerrado, tem ganhado destaque, sendo convencionalmente denominado a recente fronteira agrícola do País, cuja produção conta com o emprego de tecnologias modernas e alta produtividade.

## Metodologia

### Estratégia de busca, critérios de seleção e seleção de dados

A garantia de fornecimentos de alimentos, em quantidade e qualidade, é uma das funções da agricultura. A manutenção ou crescimento da oferta de alimentos torna-se uma questão de interesse global. Conforme mencionado, para alcançar esse objetivo recorre-se à expansão da produção e/ou da produtividade. Esta última, em especial, tem fomentado estudos que busquem quantificar o fenômeno em si, bem como, em segunda instância, explicar essa evolução nos mais variados países onde o setor representa uma fonte de riqueza substancial.

Este trabalho baseia-se na busca, nas principais bases de dados científicos, das contribuições que analisam o comportamento da produtividade da agricultura brasileira a partir de meados do século passado. As bases escolhidas

foram ScienceDirect, Scielo, Web of Science, Scopus, RePeC Ideas e Scholar Google.

Pesquisas foram feitas para identificar estudos no formato artigo científico, artigo de conferência, capítulo de livro e relatórios, de autores brasileiros e estrangeiros. As *strings* de buscas aplicadas continham as palavras-chave escolhidas no protocolo da revisão sistemática<sup>5</sup>. Os critérios de inclusão definidos foram: calcula a PTF da agricultura brasileira; baseia-se em um método apropriado e comumente utilizado para o cálculo da PTF; e está escrito em inglês, português ou espanhol. Os critérios de exclusão foram: não apresenta o cálculo da PTF; o estudo não é aplicado ao Brasil; e calcula a PTF, mas não para a agricultura.

As buscas retornaram 305 estudos, que foram analisados por títulos, palavras-chave e resumos na etapa de seleção: 35 artigos foram aceitos para a etapa da extração; 220 foram rejeitados; e 50 classificados como duplicados. Na extração, examinou-se o documento por completo a fim de assegurar o cumprimento dos critérios. No fim da etapa de extração, foram aceitos 20 estudos, que compõem a revisão; um trabalho foi considerado duplicado<sup>6</sup> e outros 14 foram rejeitados, alguns por analisar a agricultura de uma região ou estado, não para o Brasil todo (Figura 1).

## Resultados

Conceitualmente, a produtividade mede o grau de eficiência com que determinada economia usa seus recursos para produzir. Uma das maneiras de quantificar esse fenômeno é por meio da PTF, à qual é atribuído o papel de identificar o resultado tecnológico da economia. O principal desafio do processo de mensuração de suas mudanças é o cálculo em si, por causa da dificuldade de identificar adequadamente a disponibilidade e sua combinação ao longo do processo produtivo.

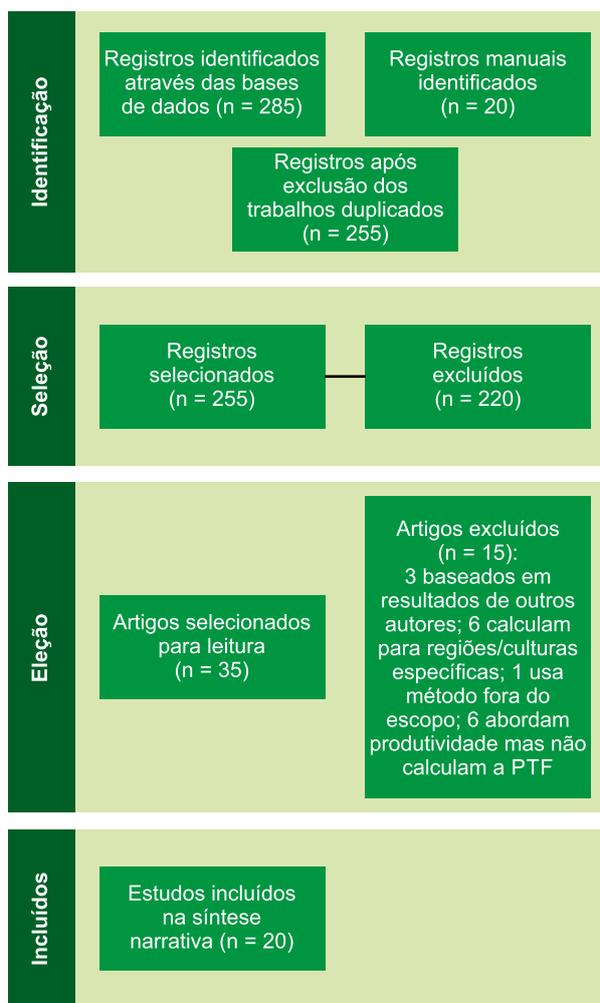


Figura 1. Diagrama de fluxo de inclusão e exclusão.

Além disso, as hipóteses admitidas no cálculo são capazes de reproduzir resultados muito distintos – os valores obtidos costumam ser bastante sensíveis à metodologia empregada.

Dos 20 estudos selecionados, 11 basearam-se em métodos paramétricos de estimação da PTF. Com exceção do estudo de Bravo-Ortega & Lederman (2004), em que foi estimada uma função de produção *translog* com o aporte de um painel de dados para um conjunto de países, os demais basearam-se em duas metodologias comumente empregadas. Rada et al. (2009),

<sup>5</sup> As palavras-chave escolhidas foram *productivity brazilian agriculture*, *agricultural productivity*, *total fator productivity brazilian agriculture* e *tfp agriculture*, além das correspondentes em português.

<sup>6</sup> Continha os mesmos dados e resultados, mas apresentados em formatos diferentes (artigo científico e relatório de revista).

Bragagnolo et al. (2010), Rada & Buccola (2012), Rada & Valdes (2012), Helfand et al. (2015) e Ferreira et al. (2016) usaram a análise de fronteira estocástica (AFE). Os estudos de Mendes et al. (2009), Ávila & Evenson (2010), Ávila et al. (2010), Brigatte & Teixeira (2011) e Santos & Spolador (2018) basearam-se na estimação da PTF como resíduo da função de produção, ao qual se atribuía o crescimento da produção não relacionado ao aumento de insumos, conforme incorporado à teoria do crescimento econômico de Solow – a contabilidade do crescimento. Os métodos paramétricos apresentam a vantagem de incluir covariadas que permitem explicar o comportamento da produtividade da agricultura, além de admitir a existência de um termo de erro. Contudo, estabelece uma forma funcional para a qual os dados devem se ajustar.

A Tabela 1 mostra a síntese de resultados obtidos pela revisão sistemática. A quarta coluna identifica o meio de publicação do estudo – identificado pelo nome da revista, quando artigo publicado; pelo título do livro, quando capítulo; ou pelo órgão que publicou o relatório ou artigo preliminar (working paper). A sexta coluna, mostra o valor do crescimento médio anual da PTF para todo o período analisado<sup>7</sup>.

A Tabela 2 mostra, brevemente, uma relação dos métodos mais comumente empregados para o cálculo da PTF.

À implementação da AFE, sobretudo, estão associadas vantagens e desvantagens. Por um lado, o método permite exibir os resultados decompostos entre mudança técnica e mudança de eficiência, além de romper hipóteses limitadoras, como a assunção de minimização de custos ou maximização de lucros das firmas, bem como garantir que elas sejam eficientes; por outro, possui baixo grau de validade externa, já que seus resultados (scores de eficiência) são sensíveis à incorporação de novas observações e *outliers*.

Bragagnolo et al. (2010) analisaram o efeito da PTF sobre o crescimento econômico, para o Brasil e para os estados, revelando crescimento heterogêneo da produtividade. Em estados onde houve crescimento da produtividade e progresso técnico, ocorreu também aumento do emprego de terras agricultáveis – caso de estados do Nordeste e Centro-Oeste, que protagonizaram a expansão da fronteira agrícola. Já os estados com redução do uso de terras agricultáveis exibiram aumento da diversidade produtiva (industrialização e serviços). O crescimento médio anual da PTF ao longo do período analisado, de 1975 a 2005, foi de 3,1% ao ano. Quando desagregado em subperíodos<sup>8</sup>, constatou-se crescimento de 4,5%, o mais acelerado da série, em 1995–2005, de modo que os autores o atribuíram à estabilização da moeda, à abertura econômica e à retomada do crescimento.

Helfand et al. (2015) buscaram relacionar a extensão dos empreendimentos agrícolas com o crescimento da PTF da agricultura brasileira, mostrando como o crescimento foi mais rápido nas fazendas de pequeno e grande portes. Uma das hipóteses levantadas pelos autores é que os grandes e pequenos produtores têm mais acesso a políticas públicas de incentivo do que os médios. A mudança percentual da PTF no período analisado pelos autores, de 1985 a 2006, foi de 1,74% ao ano. O Norte e Nordeste cresceram mais rapidamente do que as regiões tradicionais na agropecuária, evidenciando assim os avanços produtivos na região definida como a mais recente fronteira agrícola.

Ferreira et al. (2016), Rada & Buccola (2012), Rada et al. (2009) e Rada & Valdes (2012) calculam a evolução da produtividade para um conjunto de países, o Brasil incluído. O primeiro deles, aplicado à América Latina, calculou também as elasticidades dos fatores de produção sobre a produtividade, além das variáveis que influenciam diretamente essa medida. Como

<sup>7</sup> Para fins de simplificação e apresentação geral dos resultados, a Tabela 1 mostra apenas os valores do crescimento médio anual do período analisado. Alguns dos estudos decompõem a análise em subperíodos.

<sup>8</sup> Em 1975–1985, Bragagnollo et al. (2010) calcularam um crescimento médio anual de 2,5%; em 1985–1995, de 2,2%.

Tabela 1. Síntese de resultados da revisão sistemática.

Estudo	Ano	Método	Publicação	Período	Δ% anual	Fontes dos dados
Ávila & Evenson	2010	Resíduo	Handbook of Agricultura Economics	1960–2001	1,86	FAO Stat
Ávila et al.	2010	Resíduo	Handbook of Agricultura Economics	1970–1995	3,54	Censo agropecuário
Bragagnolo et al.	2010	AFE	Economia	1975–2006	3,10	Anuário estatístico, Censo agropecuário
Bravo-Ortega & Lederman	2004	Translog	Estudios de Economía	1961–2000	1,93	FAO Stat
Brigatte & Teixeira	2011	Resíduo	Revista de Economia e Sociologia Rural	1977–2005	0,47	Ipea Data, FGV, IBGE, Anfavea
Ferreira et al.	2016	AFE	Revista de Economia e Sociologia Rural	1961–2010	0,08*	Penn World Table
Fulginiti & Perrin	1998	Malmquist	Agricultural Economics	1961–1985	-0,03*	Elisiana et al. (1993) <sup>(1)</sup>
Gasques et al.	2016	Törnqvist	Agric., Transf. Produtiva e Sustentabilidade	1975–2014	3,53	Censo agropecuário
Gasques et al.	2014	Törnqvist	Revista de Política Agrícola	1975–2012	3,52	PAM (IBGE)
Gasques et al.	2012	Törnqvist	Productivity Growth in Agriculture	1970–2006	3,44	Censo agropecuário
Helfand et al.	2015	AFE	Inter-American Development Bank	1995–2006	1,75	Censo agropecuário; FGV
Ludena	2010	Malmquist	Inter-American Development Bank	1961–2007	1,80	FAO Stat
Mendes et al.	2009	Resíduo	Revista Brasileira de Economia	1985–2004	1,03	Anuários Estatísticos, Ipea, Embrapa e Censo
Niin et al.	2003	Malmquist	Journal of Development Economics	1961–1985	-0,18	FAO Stat
Pereira et al.	2002	Malmquist	Pesquisa Operacional	1970–1996	4,81	Censo Agropecuário
Rada et al.	2009	AFE	Agricultural Economics	1995–2006	0,35*	Censo Agropecuário
Rada & Valdes	2012	AFE	Policy, technology and efficiency of brazilian agriculture	1985–2006	2,55	Censo Agropecuário
Rada & Buccola	2012	AFE	Agricultural Economics	1995–2006	2,62	Censo Agropecuário
Santos & Spolador	2018	Resíduo	Revista Brasileiras de Economia	1981–2013	2,10	Ipea Data, Ministério de Minas e Energia, Pnad
Vicente	2004	Malmquist	Economia Aplicada	1970–1995	1,62	Censo Agrop. e anuário estat., FGV, IEA-USP

<sup>(1)</sup> ELISIANA, J.; FULGINITI, L.; PERRIN, R. Aggregate agricultural inputs and outputs in developing countries: A data set. Ames: Center for Agricultural and Rural Development, 1993. (Technical Report 93-TR 28).

\* Valor calculado da média geométrica de crescimento da PTF (compreendido entre dois momentos).

**Tabela 2.** Síntese dos principais métodos empregados para cálculo da PTF – vantagens e desvantagens.

	<b>Vantagem</b>	<b>Desvantagem</b>
Contabilidade do crescimento (Resíduo)	Método paramétrico	Não permite decomposição do resultado
	Admite termo de erro	Mais facilmente sujeito a vieses
Índices Törnqvist	Implementação fácil e simples	Não permite decomposição do resultado
	Sem hipótese sobre a tecnologia	Requer informações sobre preços
Índice Malmquist	Permite a decomposição do resultado	Não explica o resultado (PTF) – não paramétrico
	Método paramétrico	Requer forma funcional para a função de produção e termo de ineficiência
	Admite termo de erro	Requer várias observações para calcular a fronteira tecnológica em cada período
	Permite inferência estatística via testes	Scores de eficiência referem-se às melhores firmas da amostra somente
Análise de fronteira estocástica	Permite violar hipótese de eficiência	Forma funcional é sensível a erros de medida
	Sem hipóteses sobre custos lucro	<i>Outliers</i> influenciam o resultado
	Permite decomposição dos resultados	

resultado, mostrou-se que a educação possui forte impacto sobre a redução da ineficiência técnica. Para o Brasil, a taxa média geométrica de crescimento anual<sup>9</sup> da PTF de 1961 a 2010 foi de 0,08%.

Rada et al. (2009) mensuraram a mudança técnica e a eficiência da agricultura brasileira e para os estados. O Brasil como um todo, segundo os autores, ganharia produtividade e competitividade se focasse em aumentar a produtividade de estados que combinam baixa produtividade com altas taxas de implementação técnica – por exemplo, por meio de investimentos em educação de produtores para melhor se adaptarem às novas tecnologias. Rada & Buccola (2012) buscaram explicar como as políticas de incentivo à ciência e tecnologia criaram um cenário que propiciou o aumento da tecnologia e eficiência, e como outras políticas, como crédito rural e investimentos em infraestrutura, permitiram a melhor absorção por parte dos fazendeiros, o que fomentou o crescimento da PTF – taxa média anual de 2,62%

durante o período analisado, 1995 a 2006. O estudo mostrou haver uma lacuna que separa os produtores mais eficientes dos menos eficientes, acentuada pela atuação da Embrapa, pois seus esforços são mais absorvidos pelos mais eficientes. Ainda assim, essa instituição possui um efeito positivo sobre o crescimento da PTF, diferentemente de seus pares em nível regional – enquanto ela foca no desenvolvimento de novas tecnologias, os outros se ocupam da manutenção das pesquisas já existentes. Além disso, investimentos em educação, infraestrutura e crédito rural se mostraram como fatores que influenciam positivamente o crescimento da produtividade, com maior peso para o primeiro.

Ávila & Evenson (2010) e Ávila et al. (2010) analisaram a produtividade da agricultura da América Latina e Caribe. Os autores avaliam os fatores que influenciam o comportamento da PTF e como ela pode afetar o desempenho das economias. Ávila & Evenson (2010) decompueram a análise em subperíodos<sup>10</sup> e verificaram

<sup>9</sup> Para a obtenção do valor da taxa média geométrica de crescimento anual da PTF, calculou-se a raiz enésima do crescimento total apresentado no estudo.

<sup>10</sup> 1960–1980 e 1981–2001. O crescimento anual do primeiro foi de 0,49%; o do segundo, de 3,22%. A média de crescimento para todo o período foi 1,86%.

que os subperíodos mais distantes exibiram crescimento mais lento da PTF. Brigatte & Teixeira (2011) buscam estabelecer relações de longo prazo entre um conjunto de variáveis associadas ao crescimento do PIB agropecuário e a PTF da agricultura para entender o que influenciou o comportamento dessas duas medidas ao longo do tempo. Quanto à produtividade, mostrou-se que os investimentos em pesquisa agrícola causam forte impacto positivo, seguidos dos investimentos em energia elétrica, rodovias, portos e, novamente, educação. Os autores destacam a década de 1980 como o período em que a taxa de crescimento da PTF foi mais expressiva, possivelmente por causa de investimentos em pesquisa e tecnologia e de inovações no processo produtivo da agropecuária. Já a década de 1990 experimentou queda abrupta de produtividade, possivelmente em virtude da situação conjuntural do Brasil naquele período.

Com essa mesma proposta, mas com uma metodologia alternativa, Mendes et al. (2009) mostraram que os investimentos em rodovias, pesquisa, telecomunicações, irrigação e energia elétrica afetam positivamente a PTF. Como em outros estudos aqui analisados, os autores decompueram a análise em dois subperíodos, de modo que repetiram o padrão: quanto mais recente o período de análise, maior foi a taxa de crescimento da PTF. Santos & Spolador (2018) mostraram que a evolução da produtividade da agricultura acelerou o processo de mudança estrutural da economia brasileira, de modo que os outros setores, em especial o de serviços, absorveu grande parte da mão de obra. Analisando o período de 1981 a 2013, os autores calcularam uma taxa média de crescimento de 2,1% ao ano.

Baseados em métodos não paramétricos, foram selecionados nove estudos para compor a síntese narrativa. Desses, três empregam o Índice de Törnqvist: Gasques et al. (2012), Gasques et al. (2014) e Gasques et al. (2016). O Índice de

Törnqvist integra o grupo de números-índices, instrumentos úteis para medir variações dos níveis de variáveis econômicas, com o papel de facilitar comparações no tempo e espaço. Uma das principais vantagens dos números-índices é sua capacidade de adaptação a qualquer unidade de medida (preços, insumos, produtos, emprego, exportações líquidas, inflação, etc.) – também é o caso de sua aplicação para cálculo da PTF através da construção de números-índices de quantidades de insumos e produtos<sup>11</sup>. As principais vantagens desse método estão associadas à facilidade de implementá-lo, viável a partir de duas observações no tempo, e ao fato de não impor nenhuma restrição sobre o comportamento do progresso tecnológico. No entanto, diferentemente do AFE, não se pode decompor o resultado em diferentes efeitos – eficiência técnica, alocativa ou de escala.

Gasques et al. (2016) buscaram aliar o cálculo do índice da PTF ao uso de uma metodologia alternativa para testar a hipótese de desaceleração da produtividade da agricultura brasileira, conforme ocorre em outros países. Mas, tal fenômeno não se verificou. Ao contrário, houve aumento abrupto no fim da década de 1990, o que os autores atribuem a fatores discutidos em outros trabalhos, como a melhora no ambiente macroeconômico brasileiro e incentivos à pesquisa e tecnologia. Gasques et al. (2014) mostraram que de 1975 a 2012 a PTF da agricultura cresceu 3,52% ao ano, patamar elevado comparado ao de países em que a agricultura desempenha papel relevante. Considerando subperíodos, evidencia-se crescimento mais acelerado da PTF na década de 2000<sup>12</sup>, o que pode ser atribuído ao cenário internacional favorável ao comércio de commodities. Os autores atribuem esse crescimento à retomada de investimentos na agricultura e à redução da taxa de juros dos financiamentos. Em Gasques et al. (2012), os autores calculam a PTF de 1970 a 2006 com uma amostra diferente do trabalho

<sup>11</sup> Ver COELLI, T.J.; RAO, D.S.P.; O'DONNELL, C.J.; BATTESE, G.E. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Springer, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/b136381>.

<sup>12</sup> Gasques et al. (2014) decompueram a análise em subperíodos: 1970–1979, com crescimento de 2,17%; 1980–1989, 3,13%; 2000–2009, 4,22%; e 2000–2012, 4,71%.

supracitado. A taxa de crescimento médio anual no período foi de 2,13%.

O segundo grupo de estudos com abordagem não paramétrica implementou o Índice Malmquist. Esse método dispensa informações sobre preço, um diferencial quando comparado a outros números-índices, como o Törnqvist. É ideal para a medição de produtividade e pode-se decompor o resultado em diversos níveis – eficiência técnica, eficiência alocativa, mudança tecnológica, efeito de escala e mudança na PTF –, como no AFE. Contudo, diferentemente deste último, o Índice Malmquist, dada sua abordagem não paramétrica, não permite estabelecer nenhuma relação entre variáveis para explicar o comportamento do índice. Ao todo, foram cinco estudos selecionados: Fulginiti & Perrin (1998), Pereira et al. (2002), Nin et al. (2003), Vicente (2004) e Ludena (2010).

Fulginiti & Perrin (1998) examinam um conjunto de 18 países em desenvolvimento. Os autores testaram a hipótese de queda da produtividade da agricultura, o que se cumpriu para pelo menos metade dos países, incluindo o Brasil. Nin et al. (2003) testaram a mesma hipótese para 20 países, mas modificando a definição de tecnologia<sup>13</sup>. Essa sutil modificação ocasionou um resultado diferente: com poucas exceções, a agricultura não experimenta queda de produtividade. Todavia, esses dois estudos foram os únicos que mostraram variação percentual negativa da produtividade anual da agricultura brasileira.

Ludena (2010) usa uma proposta semelhante ao apresentar uma análise da evolução da PTF para os países da América Latina e Caribe. Contudo, mostra que a produtividade da agricultura desses países cresceu de modo mais acentuado do que a de outros países em desenvolvimento. O estudo aborda os efeitos de políticas externas e choques na agricultura para os casos específicos de Cuba e Brasil. Para este último, constatou-se o efeito retardador da política de garantia de preços mínimos na produtividade da agricul-

tura, que apresentou declínio em 1961–1985. Essa tendência mudou a partir da liberalização do mercado e abertura comercial, o que permitiu redução de custos e ganhos de produtividade, através do maior acesso a tecnologias e esforços para ganhos de eficiência, tornando assim a agricultura mais dinâmica na década de 1990. À luz dos resultados, durante todo o período analisado o crescimento médio anual da PTF foi de 1,8% em 1961–2007. Decomposta em subperíodos, a década de 1980 exibiu o maior ritmo de crescimento, com média de 3,4% ao ano, seguida da década de 1990, com 2,4% ao ano. De 2000 a 2007, a média chegou a 2,8%.

Concentrados na análise do Brasil e estados, Pereira et al. (2002) e Vicente (2004) recorrem à mesma abordagem para analisar períodos semelhantes, mas com base em amostras diferentes. Ambos os estudos constataram crescimento da produtividade no Brasil, embora de forma heterogênea entre os estados. Pereira et al. (2002) obtiveram a taxa média de crescimento anual da PTF de 4,81%. Vicente (2004) baseou-se no cálculo da média geométrica de dois índices Malmquist para a determinação da taxa de crescimento médio anual da PTF: 1,62% de 1970 a 1995.

## Considerações finais

Este trabalho buscou, no uso da revisão sistemática da bibliografia, estabelecer um conjunto de critérios de elegibilidade com o objetivo principal de analisar os estudos que calculam a PTF para a agropecuária brasileira.

A contribuição principal deste artigo foi fornecer um quadro geral do tema em questão, discutir os diferentes estudos e resultados gerados, considerando os *insights* sobre óticas e fatores que possam influenciar a produtividade da agropecuária. Além disso, pôde-se mostrar como a literatura dispõe de muitas metodologias e abordagens para calcular a mesma variável (PTF), o que representa, em primeira instância,

<sup>13</sup> Fora eliminada a possibilidade de retrocesso técnico, mas permitindo crescimento negativo da produtividade através da mudança do componente de eficiência presente no índice de produtividade.

um *trade-off* entre grau de complexidade de implementação e detalhismo dos resultados – por exemplo, as vantagens do método de análise de fronteira estocástica e, ao mesmo tempo, a maior complexidade e sensibilidade relacionada às observações. De modo geral, a escolha do método é inteiramente subjetiva ao pesquisador, cabendo a ele considerar a estrutura de dados de que dispõe e as potenciais limitações que enfrentará na implementação.

Todavia, e conseqüentemente, tal heterogeneidade entre métodos pode influenciar diretamente sobre seu *output*. Alguns, por se tratar de abordagens paramétricas, exigem a adequação a funções e definição de tecnologia e fronteira de produção. Quanto aos estudos analisados neste trabalho, pôde-se observar que, além das discrepâncias inerentes à escolha do método, os resultados costumavam mudar de acordo com o período analisado. Em geral, quanto mais recente e menor for o período, maior tende a ser a taxa de crescimento da PTF – com a decomposição dos resultados em subperíodos, alguns estudos evidenciaram essa tendência. Algumas das justificativas levantadas têm respaldo na conjuntura econômica vigente, como a queda da produtividade durante a década de 1980 e até meados da década de 1990, em virtude do contexto macroeconômico desfavorável do período; e a recuperação econômica a partir da década de 1990 e, mais expressivamente, na primeira década do século 21, em pleno período de aquecimento da economia global, favorecimento do comércio internacional de commodities e incorporação massiva de tecnologia no campo.

Além desses motivos que possam explicar, em parte, as discrepâncias entre os resultados, deve-se considerar os dados sobre os quais os trabalhos se baseiam. A série de estudos sintetizados neste artigo é construída com base em diferentes amostras oriundas de diferentes bases de dados, nacionais e estrangeiras. Com exceção dos estudos de Fulginiti & Perrin (1998) e Nin et al. (2003), todos os trabalhos mostraram desempenho positivo e, em média, consideravelmente alto. Alguns trabalhos analisaram o fenômeno

por regiões e estados – que não foi o enfoque deste trabalho. A heterogeneidade dos métodos e a estrutura dos resultados disponibilizados impossibilitaram, em um primeiro momento, contudo, a implementação de uma metanálise, dada a indisponibilidade de informações referentes à variabilidade dos estudos.

## Referências

- ALBUQUERQUE, M.C.C. de; NICOL, R. **Economia agrícola: o setor primário e a evolução da economia brasileira**. São Paulo: McGraw-Hill, 1987.
- ALMEIDA, P.N.A. **Fronteira de produção e eficiência técnica da agropecuária brasileira em 2006**. 2012. 205p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba.
- ÁVILA, A.F.D.; EVENSON, R.E. Total factor productivity growth in agriculture. In: EVENSON, R.; PINGALI, P. (Ed.). **Handbook of Agricultural Economics**. Burlington: Elsevier, 2010. v.4, p.3769-3822. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1574-0072\(09\)04072-9](https://doi.org/10.1016/S1574-0072(09)04072-9).
- ÁVILA, A.F.D.; ROMANO, L.; GARAGORRY, F. Agricultural productivity in Latin America and the Caribbean and sources of growth. In: EVENSON, R.; PINGALI, P. (Ed.). **Handbook of Agricultural Economics**. Burlington: Elsevier, 2010. v.4, p.3713-3768. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1574-0072\(09\)04071-7](https://doi.org/10.1016/S1574-0072(09)04071-7).
- BACHA, C.J.C. **Economia e política agrícola no Brasil**. [Campinas]: Editora Alínea, 2018.
- BRAGAGNOLO, C.; SPOLADOR, H.F.S.; BARROS, G.S.A. de C. Regional brazilian agriculture TFP analysis: a stochastic frontier analysis approach. **Economia**, v.11, p.217-242, 2010.
- BRAVO-ORTEGA, C.; LEDERMAN, D. Agricultural productivity and its determinant : revisiting international experiences. **Estudios de Economía**, v.31, p.133-163, 2004.
- BRIGATTE, H.; TEIXEIRA, E.C. Determinantes de longo prazo do produto e da produtividade total dos fatores da agropecuária brasileira no período 1974-2005. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.49, p.815-836, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032011000400001>.
- FERREIRA, C.B.; ARAÚJO, J.A.; TABOSA, F.J.S.; LIMA, J.R.F. de. Produtividade agrícola nos países da América Latina. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.54, p.437-458, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790540303>.
- FULGINITI, L.E.; PERRIN, R.K. Agricultural productivity in developing countries. **Agricultural Economics**, v.19, p.45-

- 51, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.1998.tb00513.x>.
- GASQUES, J.G.; BACCHI, M.R.P.; RODRIGUES, L.; BASTOS, E.T.; VALDEZ, C. Produtividade da agricultura brasileira: a hipótese da desaceleração. In: VIEIRA FILHO, J.E.R.; GASQUES, J.G. (Org.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: Ipea, 2016. p.143-163.
- GASQUES, J.G.; BASTOS, E.T.; BACCHI, M.P.R.; CONCEIÇÃO, J.C.P.R. da. **Condicionantes da produtividade da agropecuária brasileira**. Brasília: Ipea, 2004. (Ipea. Texto para discussão, 1017). Disponível em: <[https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td\\_1017.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1017.pdf)>. Acesso em: 14 abr. 2020.
- GASQUES, J.G.; BASTOS, E.T.; VALDES, C.; BACCHI, M.R.P. Produtividade da agricultura: resultados para o Brasil e estados selecionados. **Revista de Política Agrícola**, v.23, p.87-98, 2014.
- GASQUES, J.G.; BASTOS, E.T.; VALDES, C.; BACCHI, M.R.P. Total factor productivity in brazilian agriculture. In: FUGLIE, K.O.; WANG, S.L.; BALL, V.S. (Ed.). **Productivity growth in agriculture: an international perspective**. [Oxfordshire]: CABI, 2012. p.145-162. DOI: <https://doi.org/10.1079/9781845939212.0145>.
- GOLDIN, I.; REZENDE, G.C. de. **Agricultura brasileira na década de 80: crescimento numa economia em crise**. Rio de Janeiro: IPEA, 1993.
- HELFAND, S.M.; MAGALHÃES, M.M.; RADA, N.E. **Brazil's agricultural total factor productivity growth by farm size**. Washington: Inter-American Development Bank, 2015. (IDB Working Paper Series, 609).
- LUDENA, C.E. **Agricultural productivity growth, efficiency change and technical progress in Latin America and the Caribbean**. Washington: Inter-American Development Bank, 2010. (IDB. Working Paper Series, 186).
- MENDES, S.M.; TEIXEIRA, E.C.; SALVATO, M.A. Investimentos em infra-estrutura e produtividade total dos fatores na agricultura brasileira: 1985-2004. **Revista Brasileira de Economia**, v.63, p.91-102, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-71402009000200002>.
- NIN, A.; ARNDT, C.; PRECKEL, P.V. Is agricultural productivity in developing countries really shrinking? New evidence using a modified nonparametric approach. **Journal of Development Economics**, v.71, p.395-415, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(03\)00034-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3878(03)00034-8).
- OTSUKA, K.; RUNGE, C.F. (Ed). **Can economic growth be sustained?: the collected papers of Vernon W. Ruttan and Yujiro Hayami**. Oxford: Oxford University Press, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/bl/9780199754359.001.0001>.
- PASTORE, A.C.; ALVES, E.R. de A.; RIZZIERI, J.A.B. Inovação induzida e os limites à modernização na agricultura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA RURAL, 12., 1974, Porto Alegre. **Anais**. [S.l.]: Sober, 1974.
- PATRICK, G.F. Fontes de crescimento da agricultura brasileira: o setor de culturas. In: CONTADOR, C.R. (Ed.). **Tecnologia e desenvolvimento agrícola**. Rio de Janeiro: IPEA, 1975. p.89-110.
- PEREIRA, M.F. **Evolução da fronteira tecnológica múltipla e da produtividade total dos fatores do setor agropecuário brasileiro de 1970 a 1996**. 1999. 144p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- PEREIRA, M.F.; SILVEIRA, J.S.T. da; LANZER, E.A.; SAMOBYL, R.W. Productivity growth and technological progress in the Brazilian agricultural sector. **Pesquisa Operacional**, v.22, p.133-146, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-74382002000200003>.
- RADA, N.; VALDES, C. **Policy, technology and efficiency of brazilian agriculture**. Washington: Usda, 2012. (USDA. Economic Research Report, n.137). DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.2112029>.
- RADA, N.E.; BUCCOLA, S.T. Agricultural policy and productivity: evidence from brazilian censuses. **Agricultural Economics**, v.43, p.355-367, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2012.00588.x>.
- RADA, N.E.; BUCCOLA, S.T.; FUGLIE, K.O. Brazil' s rising agricultural productivity and world competitiveness. In: AAEA & ACCI JOINT ANNUAL MEETING, 2009, Milwaukee. [Proceedings]. Milwaukee: AAEA, 2009. DOI: <https://doi.org/10.22004/ag.econ.49317>.
- SANTOS, P.F.A.; SPOLADOR, H.F.S. Produtividade setorial e mudança estrutural no Brasil: uma análise para o período 1981 a 2013. **Revista Brasileira de Economia**, v.72, p.217-248, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5935/0034-7140.20180011>.
- SCHUH, E. A pesquisa e o desenvolvimento agrícola no Brasil. In: WORKSHOP ON CONTRIBUTION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY TO DEVELOPMENT, 3., 1969, Rio de Janeiro. [Proceedings]. Washington: National Academy of Sciences, 1969.
- SOLOW, R.M. A contribution to the Theory of Economic Growth. **The Quarterly Journal of Economics**, v.70, p.65-94, 1956.
- VICENTE, J.R. Mudança tecnológica, eficiência e produtividade total de fatores na agricultura brasileira, 1970-95. **Economia Aplicada**, v.8, p.1-32, 2004.
- VIEIRA FILHO, J.E.R.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade**. Brasília: Ipea, 2017.