

DETERMINANTES DO CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE AGROPECUÁRIA INTERNACIONAL NO PERÍODO 1995-2009¹

Área Temática 4: Economia Agrária e Ambiental

RESUMO

O aumento da produtividade agropecuária é de suma importância para o desenvolvimento econômico do país. Para compreender os fatores que determinam os ganhos de produtividade agrícola internacional, no período de 1995 a 2009, a produtividade é decomposta em quatro indicadores, a saber: ganhos de escala, progresso técnico, alocação entre os insumos e ganhos de eficiência técnica. Os resultados encontrados indicam que capital, insumos e progressos técnicos têm influência positiva sobre o crescimento da produtividade total dos fatores (PTF). Assim, políticas focadas na realocação de fatores e redução da ineficiência técnica podem contribuir, positivamente, para aumentar a oferta de alimentos e reduzir os problemas de insegurança alimentar.

Palavras-chaves: Decomposição da produtividade total dos fatores; Fronteira estocástica; Ineficiência técnica.

Abstract

The increase in agricultural productivity is of paramount importance for the economic development of the country. In order to understand the factors that determine the gains of international agricultural productivity, in the period from 1995 to 2009, productivity is broken down into four indicators, namely: gains in scale, technical progress, allocation between inputs and gains in technical efficiency. The results indicate that capital, inputs and technical progress have a positive influence on the growth of total factor productivity (TFP). Thus, policies focused on the reallocation of factors and reduction of technical inefficiency can positively contribute to increase the supply of food and reduce problems of food insecurity.

Keywords: Decomposition of total factor productivity; Stochastic frontier; Technical Inefficiency.

JEL: Q1; Q18; Q55.

¹ Kleverton Clóvis Oliveira Saath, Mestre em Economia, Programa de Pós Graduação em Economia, PPGECO UFSC. Email: klevertonsaath1995@hotmail.com

Adilson Giovanini, Professor da Universidade Estadual de Santa Catarina, UDESC. Email: adilsoneconomia@gmail.com

Helberte João França Almeida, Professor Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Email: helberte.almeida@ufsc.br

1. INTRODUÇÃO

A agricultura mundial desempenha funções importantes na economia, dentre as quais, destaca-se o ganho de divisas internacionais via exportação, a externalidade dos ganhos tecnológicos de modernização, e a oferta de alimentos para a população mundial, que em 2015, era de, aproximadamente, sete bilhões de pessoas, com projeções crescentes para os próximos anos (FAO, 2015). Além do crescimento da população, projetada para 9,5 bilhões em 2050 (ONU, 2012), a ampliação da renda e as mudanças demográficas devem reforçar o aumento da demanda futura de alimentos. As projeções para o crescimento da renda *per capita* mundial são estimadas por *Cepii* (2010) em 2,18% ao ano, no período de 2012 a 2050. Os maiores crescimentos anuais são observados nos países do sul da Ásia (5,39% a.a.), oeste da Ásia (3,69% a.a.) e África (3,48% a.a.).

Diante do cenário de crescimento elevado da demanda por alimentos e importantes restrições sobre a expansão da produção em novas terras agricultáveis, o incremento da produtividade é um caminho para a expansão de oferta de alimentos. Desta forma, o objetivo deste estudo é decompor a produtividade total dos fatores em quatro indicadores: ganhos de escala, progresso técnico, alocação entre os insumos e ganhos de eficiência técnica (SOUZA *et al.* 2010). A hipótese defendida no presente estudo é que existem diferenças consideráveis de produtividade entre os países, sendo esta explicada pela presença de má alocação dos fatores e ineficiências técnicas.

Para testar a hipótese defendida é utilizada a metodologia² de Bauer (1990) e Kumbhakar (2000), utilizada por Souza *et al.* (2010). Esta possui a vantagem de identificar a influência que a variação na eficiência tecnológica exerce sobre a produtividade. Ademais, este método permite verificar os efeitos de mudanças na escala de produção e mudanças na ineficiência alocativa dos fatores. Portanto, este procedimento se mostra superior à decomposição da PTF através do índice Malmquist, que usa a fronteira de produção restrita, obtida através da imposição de rendimentos constantes de escala (FARE *et al.*, 1992).

A contribuição deste estudo é utilizar uma amostra ampla, composta por 33 países produtores de alimentos e posteriormente, adicionar insumos intermediários oriundos de outros setores da economia, e não somente insumos da própria agricultura, conforme o trabalho realizado por Souza *et al.* (2010), Aigner Lovell e Schimidt (1967), Meeusen *et al.* (1977) e Battese *et al.* (1977). Desta forma, será possível verificar os determinantes da produtividade agropecuária com maior precisão, de modo a buscar maior eficiência neste setor.

Além desta introdução, este artigo encontra-se estruturado da seguinte forma: na seção dois apresenta-se o referencial teórico sobre a produtividade agropecuária e seus determinantes. Por sua vez, a seção três discorre sobre a metodologia utilizada. A seção quatro mostra os resultados obtidos e realiza-se uma discussão dos mesmos. Por fim, a seção cinco traz as considerações finais.

2. DETERMINANTES DA PRODUTIVIDADE AGROPECUÁRIA

² Dentre os autores que utilizam a decomposição da PTF para identificar os fatores que influenciam na produtividade agrícola, destacam os estudos realizados por Helfand *et al.* (2015) Souza *et al.* (2010), Feitosa (2009), Conceição (2005), Fonseca (2007), Gasques *et al.* (2004) e Gasques *et al.* (2010).

Segundo Goodman e Redclift (1991), o crescimento acelerado da produtividade agropecuária mundial foi possível através das tecnologias difundidas a partir da comprovação empírica, por Justus Von Liebig, no final do século XIX, de que a produtividade das plantas era diretamente proporcional à quantidade de insumos químicos colocados no solo. Desta maneira, desenvolve-se a indústria de fertilizantes sintéticos tais como potássio, nitrogênio e fósforo, os quais substituem o uso de fertilizantes naturais, como húmus e esterco. Para Khush (2001), essas inovações proporcionaram crescimento expressivo na produção de alimentos. A produção de grãos, que havia demorado milhares de anos para alcançar 1 bilhão de toneladas em 1960, se elevou para 2 bilhões de toneladas nos anos 2000.

Segundo Albergoni e Pelaez (2007), a partir de 1980, os avanços da Revolução Verde começam a apresentar certo esgotamento tecnológico. Essa tendência proporciona a necessidade de superação deste problema, o que gera investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento - P&D e que proporcionam o desenvolvimento de híbridos e produtos geneticamente modificados - transgênicos. Ainda segundo os autores, a engenharia genética passa a ser adotada como instrumento voltado ao desenvolvimento de novas variedades que dispensam o uso de pesticidas e fertilizantes, redução do impacto sobre o meio ambiente e obtenção de aumentos na produtividade. Tal fato possibilita a exploração comercial da biotecnologia.

Por sua vez, Albergoni e Pelaez (2007) destacam que a biotecnologia moderna tem se caracterizado pelo desenvolvimento nas áreas da genômica e da proteômica, por meio das quais se buscam conhecer a complexidade do conjunto dos genes de organismos e como estes se expressam e interagem, a partir de redes funcionais. Portanto, estas redes possibilitam um novo passo para o crescimento da produtividade agropecuária.

Lal (2004) observa que há potencial para o aumento da produtividade agrícola, por meio da restauração de solos degradados e moderadamente degradados. Lima *et al.* (1999), salientam que a área irrigada vem crescendo de forma significativa, o que está possibilitando o crescimento da agropecuária. Outros importantes estudos sobre a produtividade agrícola são os que utilizam diferentes metodologias para decompor a PTF, tais como: Baráth e Fertõ (2017), Anik *et al.* (2017), Fuglie e Wang (2012), Alston *et al.* (2010), Fuglie e Wang (2012a), Davis *et al.* (2012), Felena *et al.* (2013), FAO (2013), Headey *et al.* (2010), Restuccia (2008) e Luh *et al.* (2008). Em suma, estes estudos identificam que o progresso técnico, alocação de recursos e a utilização de insumos agrícolas vêm proporcionando o crescimento da produtividade agropecuária mundial.

Um importante trabalho na linha do presente estudo é realizado por Gasques, Bastos e Bacchi (2008), que utilizam o índice de Tornqvist para acompanhar a evolução da PTF da agricultura brasileira ao longo do tempo, de 1975 a 2005. Os resultados encontrados indicam que o índice de produto cresceu 208%, resultado da expansão no uso de fatores primários de produção (mão-de-obra, terra e capital) e do crescimento da PTF. Mais precisamente, o índice de insumos cresceu 55% entre 1975 e 2005 e o índice de produtividade total cresceu 99% no mesmo período.

No que se refere aos estudos de produtividade agropecuários no Brasil, destacam-se Conceição e Araújo (1998). Estes decompõem os ganhos de produtividade em progresso técnico, economia de escala e utilização da capacidade produtiva. As estimações mostram que, no período de 1955 a 1975, a produtividade da agricultura brasileira cresceu, em sua grande maioria, através da obtenção de ganhos de escala. Apenas no período de 1975 a 1994, os ganhos de produtividade obtidos através de mudanças técnicas econômicas passam a ser significativos e coincidem com a consolidação e fortalecimento dos elos existentes entre o setor agrícola e o setor industrial.

Na mesma linha de estudos para o Brasil, Vicente (2004) utiliza o índice de produtividade de Malmquist para decompor a PTF em dois componentes distintos: mudanças técnicas e mudanças de eficiência. Os resultados obtidos indicam que o progresso tecnológico foi o fator que mais contribuiu para a obtenção de ganhos de produtividade nas regiões de agricultura mais avançada do Brasil no período de 1970 a 1995. Por outro lado, o aumento de eficiência foi o fator que mais contribuiu para a obtenção de ganhos de produtividade em regiões de agricultura de baixa tecnologia.

Outro importante estudo que decompõe a PTF para o Brasil, é o realizado por Helfand *et al.* (2015). Assim, os autores utilizam dados extraídos do censo agropecuário de 1985, 1995/96 e 2006, agregados em nível municipal para cinco classes de tamanho de fazendas. Os resultados deste estudo apontam para expressivas perdas de eficiência técnica em todos os tamanhos de fazendas, o que implica em perdas significativas no crescimento da PTF. Além disso, as fazendas de médio porte alcançam o mais lento crescimento de mudança técnica na PTF, enquanto que o crescimento foi mais rápido nas fazendas de menor e de maior porte.

3.MÉTODOS

O presente estudo busca avaliar os determinantes da produtividade total dos fatores. Para tanto, utiliza-se o método de Fronteira Estocástica de produção, proposto inicialmente por Aigner *et al.* (1977) e Meusen e Broeck (1977), aprimorado por Pitt e Lee (1981) e Schmidt e Sickles (1984) e modificado por Battese e Coeli (1995) para a modelagem com dados em painel e com a incorporação do componente de ineficiência técnica de produção.

Para estimar a fronteira de produção é testado um modelo na forma funcional logarítmica e outro na forma em nível. Para avaliar qual o modelo que melhor se ajusta, realiza-se um teste de adequação. Este mostrou que a função logarítmica é a que melhor se adequa a forma funcional aqui proposta.

Deste modo, a função de fronteira de produção logarítmica é especificada da seguinte forma:

$$\ln Y_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 t + \alpha_3 \ln K_{it} + \alpha_4 \ln L_{it} + \alpha_5 \ln T_{it} + \alpha_6 \ln I_{it} + v_{it} - u_{it} \quad (1)$$

no qual Y_{it} é o valor adicionado do país i no período t para setor agropecuário (em milhões de dólares); α_i é a constante; K_{it} é o estoque de capital físico; T_{it} é a terra utilizada (em mil hectares); I_{it} é o insumo intermediário (em milhões de dólares); L_{it} é o número de empregados (em milhões); v_{it} é o distúrbio aleatório da função de produção, que segue por hipótese, uma distribuição normal $N(0, \sigma_\omega^2)$. Por fim, u_{it} é a ineficiência técnica de produção.

Por sua vez, a modelagem da ineficiência técnica é designada por:

$$u_{it} = \delta z_{it} + v_{it}, \quad (2)$$

em que $z_{it} (z_{1t}, z_{2t}, z_{3t}, z_{4t}, z_{5t}, z_{6t}, z_{7t}, z_{8t})^3$, corresponde a um vetor de variáveis que explicam a ineficiência técnica, definidas logo abaixo. Ademais, v_{it} é um termo de erro, que tem distribuição normal por hipótese $N(0, \sigma_\omega^2)$. De acordo com a hipótese acima, assume-se que u_{it} é independentemente distribuída.

Como variáveis de ineficiência, admite-se que z_{1t} é a constante; z_{2t} é o efeito tendência; z_{3t} a taxa de câmbio⁴; z_{4t} a proporção das horas trabalhadas pelos trabalhadores

³ A escolha das variáveis utilizadas para modelagem do termo de ineficiência técnica baseia-se em trabalhos empíricos que utilizam esse procedimento para estimação de fronteiras paramétricas envolvendo dados agregados (FEITOSA, 2009).

⁴ Identifica a influência que alterações nos termos de troca exercem sobre a ineficiência. Assume-se que a apreciação do câmbio influencia no crescimento da produção (BRESSER-PEREIRA, 2012).

com baixa qualificação (HLS); z_{5t} é o grau de abertura econômica⁵; z_{6t} o logaritmo do consumo do governo⁶ (em milhões de dólares); z_{7t} a inflação⁷; z_{8t} é o desvio da inflação em relação aos Estados Unidos.

3.1 Dados do Modelo

A amostra total utilizada para a realização das estimações é composta por 495 observações obtida para 33 países, referentes ao período de 1995 a 2009. Todos os países analisados são considerados desenvolvidos ou em desenvolvimento. Os critérios para a presença dos países na amostra foram a elevada relevância na produção de produtos agropecuários e a adoção de técnicas de produção avançadas.

O valor adicionado, o número de trabalhadores, a Formação Bruta de Capital Fixo, a evolução dos preços do setor agropecuário, a participação dos trabalhadores com qualificação elevada no total de horas trabalhadas e a participação dos trabalhadores com qualificação média no total de horas trabalhadas são obtidas no *World Input-Output Database (2015)*.

O valor adicionado e os insumos intermediários são deflacionados com base no indicador setorial de evolução dos preços, disponibilizado pelo *World Input-Output Database (2015)*. O desvio dos preços em relação aos preços dos Estados Unidos é calculado a partir da evolução dos preços do valor adicionado setorial, disponibilizados pelo *World Input-Output Database (2015)*. A Formação Bruta de Capital é disponibilizada já deflacionada na base original, *Penn World Table*, versão 8.1.

A taxa de câmbio real e a participação do governo na demanda agregada nacional são extraídas da base de dados disponibilizada pela *Penn World Table*, versão 8.1. A abertura econômica⁸ é calculada a partir dos dados disponibilizados pelo Banco Mundial (2015). Por fim, a área agropecuária é calculada pela soma das áreas agrícola e de pastagem⁹, disponibilizadas por FAO (2015).

3.2 Procedimentos de decomposição

Para realizar a decomposição da PTF, primeiramente estima-se o modelo das equações (1) e (2). Uma vez obtido o modelo estimado, é possível decompor a taxa de mudança da PTF. Dessa forma, os componentes da produtividade são identificados após algumas manipulações algébricas da expressão que denota a parte determinística da fronteira de produção, combinada com a expressão para o índice de mudança da produtividade. Precisamente:

$$g_{ptf} = \frac{\dot{y}}{y} - s_k \frac{\dot{K}}{K} - s_l \frac{\dot{L}}{L} - s_i \frac{\dot{I}}{I} - s_t \frac{\dot{T}}{T}. \quad (3)$$

Da parte determinística tem-se:

⁵ A abertura econômica influencia de diferentes formas na produtividade. A menor abertura da economia implica em menor acesso a insumos importados, menor acesso a tecnologias desenvolvidas no exterior e menor concorrência entre os produtores locais e estrangeiros.

⁶ O gasto do governo possui uma relação positiva com a ineficiência técnica.

⁷ Maior instabilidade dos preços exerce uma influência positiva sobre a ineficiência, calculada por $\ln(1+i)$.

⁸ A abertura econômica é definida por: $(\text{importações} + \text{exportações}) / \text{PIB}$.

⁹ *Agricultural área e Permanent meadows and pastures*.

$$\frac{\dot{y}}{y} = \frac{\partial \ln f(t, K, L, I, T, \beta)}{\partial t} + \varepsilon_k \frac{\dot{K}}{K} + \varepsilon_l \frac{\dot{L}}{L} + \varepsilon_i \frac{\dot{I}}{I} + \varepsilon_t \frac{\dot{T}}{T} - \frac{\partial u}{\partial t}, \quad (4)$$

no qual g_{ptf} é o crescimento da PTF; $\frac{\dot{y}}{y}$ é o crescimento da produção; t é a tendência; s_k é a participação do capital na renda; s_l é a participação do trabalho na renda; s_i é a participação dos insumos na renda; s_t é a participação da terra na renda; $\frac{\dot{K}}{K}$, $\frac{\dot{L}}{L}$, $\frac{\dot{I}}{I}$ e $\frac{\dot{T}}{T}$ são as taxas de variação de cada insumo; ε_k é a elasticidade do capital; ε_l é a elasticidade do trabalho; ε_i é a elasticidade dos insumos intermediários; ε_t é a elasticidade da terra; e β o parâmetro estimado das variáveis explicativas.

Denota-se os retornos de escala (RTS) como a soma das elasticidades. Formalmente:

$$RTS = \varepsilon_k + \varepsilon_l + \varepsilon_i + \varepsilon_t. \quad (5)$$

Fazendo-se, $\lambda_k = \frac{\varepsilon_k}{RTS}$, $\lambda_l = \frac{\varepsilon_l}{RTS}$, $\lambda_i = \frac{\varepsilon_i}{RTS}$ e $\lambda_t = \frac{\varepsilon_t}{RTS}$, e substituindo no índice, após algumas manipulações algébricas, têm-se a seguinte expressão:

$$g_{ptf} = PT - \dot{u} + (RTS - 1) \cdot [\lambda_k g_k + \lambda_l g_l + \lambda_i g_i + \lambda_t g_t] + [(\lambda_k - s_k) \cdot g_k + (\lambda_l - s_l) \cdot g_l + (\lambda_i - s_i) \cdot g_i + (\lambda_t - s_t) \cdot g_t], \quad (6)$$

sendo g_k a taxa de crescimento de K; g_l a taxa de crescimento de L; g_t a taxa de crescimento de T; g_i a taxa de crescimento de I; PT o progresso técnico; e \dot{u} a taxa de variação da ineficiência técnica.

Dessa maneira, a taxa de mudança na PTF, g_{PTF} , pode ser decomposta em quatro elementos que juntos explicam a variação da PTF, sendo eles: progresso técnico, mudança na eficiência técnica, mudanças na escala de produção e mudanças na eficiência alocativa.

O progresso técnico é representado pela derivada da função de produção em relação ao tempo. O primeiro elemento da função (6), PT, é dado pela expressão:

$$PT = \frac{\partial \ln f(t, K, L, I, T, \beta)}{\partial t}. \quad (7)$$

A mudança na eficiência técnica é denotada pelo coeficiente de ineficiência técnica com o sinal negativo. Formalmente:

$$\dot{u} = - \frac{\partial u}{\partial t}. \quad (8)$$

A mudança na escala de produção é dada pela expressão que contém os rendimentos de escala e as taxas de crescimento do capital, trabalho, insumos e terra. Precisamente:

$$(RTS - 1) \cdot [\lambda_k g_k + \lambda_l g_l + \lambda_i g_i + \lambda_t g_t]. \quad (9)$$

As mudanças na eficiência alocativa, que relaciona as proporções de rendimentos de escala, participações do capital, trabalho, terra, insumos e as taxas de crescimento são denotadas por:

$$[(\lambda_k - s_k) \cdot g_k + (\lambda_l - s_l) \cdot g_l + (\lambda_i - s_i) \cdot g_i + (\lambda_t - s_t) \cdot g_t]. \quad (10)$$

4. RESULTADOS DO MODELO PROPOSTO

Buscando avaliar o progresso técnico, bem como a existência de eficiência técnica, foram realizados os testes sugeridos por Battese *et al.* (1995) e Feitosa (2009). Os resultados de tais testes encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Teste da razão de verossimilhança para os parâmetros estimados.

Teste	Hipótese nula	H_0	Valor de λ	Valor crítico	(nível de 5%)
Ausência de PT		$\alpha_2 = 0$	24,99	2,71	Rejeita-se H_0
Inexistência inef. técnica		$z_{1t}, z_{2t}, \dots, z_{7t} = 0$	41,04	14,85	Rejeita-se H_0

Fonte: Elaboração própria.

$\lambda = -2 \{ \log [\text{verossimilhança (Ho)}] - \log [\text{verossimilhança (H1)}] \}$. Estes testes possuem distribuição qui-quadrado com graus de liberdade equivalentes ao número de restrições independentes, ou seja, parâmetros testados iguais a 0.

Ao analisar a tabela 1, verifica-se à presença de progresso técnico e de ineficiência técnica na agropecuária. Estes resultados obtidos são amplamente reportados pela literatura de produtividade agrícola¹⁰. Portanto, os resultados encontrados para estes testes estão de acordo com o esperado.

Após a escolha do modelo, a função de produção proposta na equação (1) foi estimada e a ineficiência técnica foi modelada, como sugerido na equação (2). Os valores encontrados estão consolidados abaixo. A grande maioria dos coeficientes estimados foi significativo para um nível de confiança de 90% (indicado por *).

$$\ln Y_{it} = \frac{15,53^*}{(2,82)} - \frac{0,01^*}{(0,001)} t + \frac{0,38^*}{(0,03)} \ln K_{it} + \frac{0,06}{(0,04)} \ln L_{it} - \frac{0,002}{(0,03)} \ln T_{it} + \frac{0,67^*}{(0,03)} \ln I_{it} + v_{it} - u_{it}, \quad (11)$$

$$\sigma^2 = \frac{0,53^*}{(0,14)} \quad \gamma = \frac{0,97^*}{(0,01)}$$

$$u_{it} = - \frac{1,61}{(4,45)} + \frac{0,005}{(0,002)} z_{2t} + \frac{0,00008}{(0,00006)} z_{3t} + \frac{0,40^*}{(0,22)} z_{4t} + \frac{0,002^*}{(0,005)} z_{5t} + \frac{0,46^*}{(0,26)} z_{6t} - \frac{0,11^*}{(0,05)} z_{7t} + \frac{0,01^*}{(0,003)} z_{8t} + \omega_{it}, \quad (12)$$

O valor encontrado para a variável terra não é significativo, o que demonstra uma baixa correlação entre o maior uso de terras e o crescimento na produção, para os países que compõem a amostra. Observa-se também, uma pequena redução nas áreas utilizadas para a produção e ao mesmo tempo crescimento do produto. No caso brasileiro, esse crescimento está relacionado aos ganhos de produtividade e às condições favoráveis de mercado, assim como às políticas públicas, incluindo as de apoio à comercialização e de crédito rural (BRASIL, 2015).

Os resultados encontrados para o fator terra são aderentes aos obtidos por Cunha (1994), Vieira Filho e Silveira (2012), Fornazier e Vieira Filho (2013), e Alves (2015). Assim, o progresso técnico agropecuário é poupador de insumos. A importância relativa da terra para a produção agropecuária é reduzida pela maior importância do capital. Os resultados do modelo indicam relação positiva, mostrando que o aumento de 1% na quantidade de capital resulta na elevação de 0,38% da produção (equação 11). Martins (2006), Gasques *et al.* (2010), Gasques, Bastos e Bacchi (2012, 2011, 2008), Gasques, Villa Verde e

¹⁰Entre os estudos mais recentes que encontram evidências que corroboram esta afirmação se destacam: Baráth e Fertő (2017), Anik *et al.* (2017), Fuglie e Wang (2012), Alston *et al.* (2010), Fuglie e Wang (2012a), Davis *et al.* (2012), Felena *et al.* (2013), FAO (2013), Headey *et al.* (2010), Restuccia (2008), e, Luh *et al.* (2008)

Oliveira (2004), Gasques e Conceição (2000), Freitas e Bacha (2004), e Pereira (1999) mostram que o capital humano, a mecanização e a utilização de insumos bioquímicos contribuem para o aumento da produtividade agropecuária.

FAO (2009) destaca a crescente substituição de trabalho e terra por capital na produção de alimentos. Fuglie e Wang (2012) e Alves (2010) argumentam que a terra passou a ser usada de forma intensiva, sendo o avanço da produtividade explicado pelo maior uso de fertilizantes. Por fim, Alves (2010) e Felena *et al.* (2013) mostram que a mecanização possibilita a substituição de trabalho por capital. Portanto, é possível aumentar a produção apenas com a maior utilização de fertilizante e capital, em substituição aos insumos trabalho e terra.

Em conformidade com Ricardo (1996), a incorporação de capital em terras de baixa qualidade proporciona ganhos expressivos de produção. Segundo Resende (2002), tanto a terra de segunda,¹¹ como a terra virgem podem ser convertidas em terras de melhor qualidade, mediante a aplicação de capital. Alston *et al.* (2010) mostra que a produtividade mundial da terra e do trabalho diminuíram a partir da década de 1990, sendo a China e a América Latina as únicas exceções.

Em contraste ao valor estimado para o capital, o incremento na quantidade utilizada de trabalho não demonstra implicações para o crescimento da quantidade produzida entre os países analisados, pois o coeficiente estimado não é significativo ao nível de confiança de 90%. Este resultado corrobora com os trabalhos de FAO (2009) e Fornazier e Vieira filho (2012, 2013), sobre a perda relativa do trabalho na produção de alimentos, e Fuglie e Wang (2012), sobre a substituição de trabalho por capital. Ademais, cabe ressaltar que os resultados também estão de acordo com Vieira Filho (2009), para o qual o desenvolvimento de novas tecnologias, como o plantio direto, a mecanização e a utilização de insumos químicos possibilitam a produção de maiores quantidades com a utilização de menor quantidade de trabalho.

Os resultados encontrados para os insumos intermediários, que compreendem todos os insumos oriundos de outros setores da economia e da própria agropecuária (serviços, adubos, fertilizantes, transporte, energia, entre outros) apresentam sinal positivo. De acordo com resultado encontrado na equação (11), o aumento em 1% nos gastos com insumos intermediários resulta em aumento de 0,67% na produção agropecuária.

Esse resultado está de acordo com Felena *et al.* (2013), FAO (2013), Khush (2001) e Goodman e Redclift (1991). A incorporação de insumos intermediários aumenta a produção das lavouras. Por sua vez, pode-se afirmar que estes resultados também vão de encontro à Graziano da Silva (1996) e Conceição e Araújo (1998), os quais mostram que a modernização agrícola altera as relações na produção, através da formação de cadeias agroindustriais, resultando no aumento das ligações entre a agricultura e outros setores da economia. Deste modo, a utilização de insumos oriundos de outros setores (eg. produtos químicos e máquinas e equipamentos) exercem influência elevada sobre a produção agrícola.

Em complemento, Restuccia (2008) afirma que as diferenças na produtividade agrícola entre os países são explicadas por diferenças na produtividade da economia como um todo e pela presença de barreiras ao uso de insumos intermediários modernos e no mercado de trabalho. Donovan (2013) discorre que a menor produção em países subdesenvolvidos se deve ao menor uso de insumos intermediários, a utilização mais intensiva destes insumos pode resultar em avanço considerável na quantidade produzida.

O indicador de tendência/progresso técnico (equação 11) ficou com sinal negativo e próximo de zero (-0,01), mas significativo a 90%, indicando que o progresso técnico se mostra quase que nulo no período analisado. Este resultado está de acordo com as evidências

¹¹ Terras marginais, conforme exposto no trabalho de Ricardo (1996).

empíricas encontradas em Baráth e Fertő (2017), Anik *et al.* (2017), Fuglie (2015), Fuglie e Wang (2012a), Fuglie e Wang (2012), Davis *et al.* (2012), O'Donnell (2011), Alston *et al.* (2010), OCDE (2011), e FAO (2009), os quais constataam que a produtividade agropecuária apresenta desaceleração da taxa de crescimento nos últimos anos nos países desenvolvidos, se elevando apenas em alguns países em desenvolvimento.

Essa queda na taxa de crescimento da produtividade se deve ao baixo nível de investimento no desenvolvimento de novas tecnologias, principalmente nos países em desenvolvimento (FAO, 2009). O investimento nestes países está concentrado na iniciativa pública e no desenvolvimento de alimentos básicos e culturas menores, em detrimento de culturas comerciais. Ademais, o investimento em P&D agrícola está cada vez mais concentrado em poucos países. Segundo FAO (2013), os baixos investimentos privados em P&D se devem as baixas condições de apropriabilidade, principalmente em países menores e em *commodities* com distribuição geográfica limitada, o que acaba restringindo o crescimento da produtividade. Hertel e Baldos (2016) mostram que o investimento nestas *commodities*, através do desenvolvimento de novas variedades, pode elevar significativamente a produtividade agrícola.

O'Donnell (2011) e Baráth e Fertő (2017) salientam que os países europeus que se encontram próximos da fronteira agrícola devem investir em P&D para que as suas taxas de crescimento da produtividade voltem a se elevar. Por outro lado, para os países que se encontram mais distantes da fronteira, a cópia e adaptação de tecnologias adotadas nos países da fronteira são capazes de elevar consideravelmente a produtividade. Recomendações semelhante são feitas por Anik *et al.* (2017) para os países asiáticos, também recomendando a realização de reformas institucionais que resultem no melhor funcionamento do mercado de arrendamento de terras, além do investimento em educação.

O indicador de ineficiência técnica (u_{it})¹², γ , apresentou valor igual a 0,96. Assim, 96% da variância total do erro foi explicada pela variância da ineficiência técnica. Os parâmetros estimados para as variáveis que explicam a ineficiência técnica são, em sua maioria, estatisticamente significativos a 90%, excetuando-se a constante, a tendência e a taxa de câmbio, conforme se pode verificar nos indicadores da equação (12). Portanto, os sinais estimados para os parâmetros são consistentes com os valores esperados, exceto para taxa de inflação e abertura comercial.

De acordo com os resultados apresentados na equação (12), a abertura comercial (z_{5t}) apresenta sinal positivo. Isto sugere que os países que apresentam maior abertura comercial possuem maior ineficiência técnica na agropecuária. Este resultado contraria a literatura sobre eficiência, segundo a qual a abertura econômica contribui para o aumento da eficiência. Uma explicação para este resultado aparentemente contraditório é encontrada em Coura, Figueiredo e Santos (2006), os quais mostram que a abertura econômica só resultou em aumento na eficiência produtiva em regiões que possuem maior acesso a serviços de assistência técnica e extensão rural. Este resultado também é corroborado por Headey *et al.* (2010), Fuglie e Wang (2012), Davis *et al.* (2012) e Fuglie e Wang (2012a), os quais afirmam que os países precisam criar sistemas próprios de pesquisa e desenvolvimento, capazes de adaptar tecnologias desenvolvidas no exterior, desenvolver tecnologias próprias, e investir em capital humano. A abertura econômica, por si só, não resulta na aquisição de tecnologias e no avanço da produtividade, sendo necessário desenvolver competências internas que possibilitem a aquisição e utilização das tecnologias.

A proporção de horas trabalhadas pelos trabalhadores com qualificação média (z_{4t}) apresenta sinal positivo, equação (12), indicando que a maior proporção de trabalhadores com

¹² Segundo Bettese *et al.* (1995), a variável Gama capta o percentual da variação da ineficiência técnica sobre o resíduo da função de produção e é dada por: $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}$.

menor qualificação resulta em maior ineficiência técnica. Este resultado está de acordo com o esperado, pois o aumento do capital humano resulta em maior produção (SOLOW, 1988). O processo de difusão de novas tecnologias contribui para o aumento da produtividade dos países e aumenta a capacidade de realização de P&D (ROMER, 1990). Esses resultados também são encontrados para o setor agrícola no trabalho de Albergoni e Pelaez (2007).

A decomposição da produtividade, realizada por Luh (2008), mostra que a interação entre P&D doméstico e capital humano se constitui no principal determinante do progresso tecnológico agrícola interno das economias do leste asiático, enquanto que a dotação de capital humano é crucial para a aquisição de conhecimentos estrangeiros via *spillovers* internacionais de conhecimento. Os países que não desenvolvem a capacidade de aprendizagem, para assimilar e explorar o conhecimento externo livremente disponível, podem não conseguir se beneficiar dos *spillovers* internacionais de P&D e avanço da produtividade agrícola. Essa argumentação é reforçada por Fuglie e Wang (2012) e Fuglie e Rada (2013). Já Lagakos e Waugh (2013) mostram que a maior ineficiência técnica de países em desenvolvimento é explicada pelo menor nível de qualificação dos trabalhadores.

Fuglie e Wang (2012a) e Davis *et al.* (2012) constataam que as capacidades nacionais na pesquisa agrícola e industrial estão significativamente correlacionadas com o crescimento da PTF agrícola. As capacidades nacionais em extensão agrícola e educação agrícola também são importantes. Contudo, Fuglie e Wang (2012a) e Headey *et al.* (2010) destacam que elas parecem ser menos importantes do que a capacidade de pesquisa na liberação de restrições à produtividade. Portanto, a construção de centros nacionais de pesquisa é um importante elemento por reduzir a ineficiência técnica.

A variável z_{6t} (consumo do governo), equação (12), indica a influência negativa sobre a eficiência técnica, resultado igual ao encontrado por Feitosa (2009). Este autor salienta que governos que têm maior propensão a gastar acarretam setores ineficientes. A intervenção do governo gera o evento aprisionamento, com subsídios que desestimulam a produtividade e a competitividade. Ademais, Luh (2012) argumenta que a intervenção pode resultar em distorção no uso dos insumos e demais recursos, privilegiando grupos específicos, o que reduz a eficiência técnica.

O indicador da inflação (z_{7t}), equação (12), apresenta resultado significativo a 90%, mas a relação com a ineficiência técnica não está de acordo com o apontado pela literatura. Segundo Fuglie e Wang (2012a), a presença de taxas mais elevadas de inflação pode desestimular a aquisição de insumos, o que acaba resultando em maior ineficiência técnica.

Por fim, o desvio da taxa de inflação em relação aos Estados Unidos (z_{8t}), equação (12), apresenta relação positiva com a ineficiência técnica. Isso sugere que maior inflação relativa resulta em maior ineficiência técnica na agropecuária. Segundo Feitosa (2009), o aumento da inflação relativa proporciona desestímulos ao setor produtivo nacional, pois dificulta a aquisição de insumos estrangeiros e o investimento.

Na Tabela 2 é exposto o crescimento da PTF e suas componentes que definem a mudança de escala, eficiência locativa, progresso técnico e ineficiência técnica que foram obtidas a partir da equação (6). Nesta tabela são apresentadas as variações dos insumos Trabalho (L), Valor Adicionado da agricultura (VA), Capital (K), Terra (T) e Insumos intermediários (I).

A expansão na produção foi acompanhada pela maior utilização de capital e insumos intermediários, assim como pela redução no uso de áreas de terra para a produção, vide Tabela 2. Esse resultado indica que a produção agropecuária cresceu de forma intensiva, corroborando as evidências encontradas por Miranda (2002) e Gasques *et al.*, (2008). Os resultados encontrados também reforçam a leitura favorável à argumentação de que as

fronteiras agropecuárias estão próximas de seus limites, uma vez que os dados apresentados na Tabela 2 mostram baixo crescimento do progresso técnico¹³.

Tabela 2: Média do crescimento dos fatores de produção, valor adicionado e as componentes da PTF por país no período de 1995-2009

	VA	L	K	T	I	Escala	Locativa	PT	Ineficiência técnica	g_{PTF}
Holanda	0,0156	0,0080	0,0099	-0,006	0,0112	0,0012	-0,0514	0,0005	-1,9814	1,9316
Letônia	0,0234	-0,037	0,0715	-0,003	0,0140	0,0035	0,7721	0,0040	0,0412	0,7384
Eslováquia	0,0559	-0,083	0,0413	-0,019	0,0140	0,0020	0,6454	0,0015	-3,1246	0,5881
Hungria	0,0559	-0,039	-0,016	-0,005	0,0640	0,0035	0,0089	0,0012	-0,4568	0,4703
Estônia	0,0390	-0,062	0,1065	0,0204	0,0293	0,0057	0,4501	0,0074	0,0609	0,4023
Rússia	0,0007	-0,017	-0,013	0,0010	0,0482	0,0027	0,2683	0,0013	0,0382	0,2341
Austrália	0,0406	0,0187	0,0747	-0,009	0,0272	0,0049	0,1516	0,0035	0,0198	0,1402
Eslovênia	0,0031	-0,040	0,1103	-0,009	-0,009	0,0034	0,0048	0,0033	-0,0748	0,0862
Alemanha	0,0143	-0,005	-0,003	-0,003	0,0103	0,0005	0,0202	-0,001	-0,0284	0,0489
Dinamarca	0,0214	-0,009	0,0072	-0,006	0,0100	0,0009	-0,0433	0,0001	-0,0534	0,0112
Reino Unido	0,0252	-0,011	-0,000	-0,001	-0,019	-0,0014	0,0241	-0,002	0,0243	-0,003
Áustria	-0,003	0,0081	0,0004	-0,006	0,0032	0,0003	-0,0035	-0,001	0,0025	-0,006
Suécia	0,0216	0,003	0,0142	-0,004	0,0084	0,0012	-0,0292	0,0004	-0,0204	-0,007
Canadá	0,0125	-0,012	0,0009	-0,004	0,0283	0,0019	-0,0032	0,0009	0,0084	-0,008
Brasil	0,0360	-0,008	0,0659	0,0028	0,0347	0,0049	0,1467	0,0035	0,1690	-0,013
USA	0,0463	-0,007	0,0138	0,0004	-0,009	-0,0002	-0,0277	-0,001	-0,0032	-0,025
Índia	0,0274	-0,011	0,0470	-0,001	0,0176	0,0030	-0,0302	0,0014	0,0056	-0,031
República Checa	-0,001	-0,040	0,0178	0,0006	0,0120	0,0013	-0,0483	0,0004	-0,0083	-0,038
Itália	0,0040	-0,010	0,0077	-0,004	-0,002	0,0001	-0,0134	-0,001	0,0382	-0,052
Rep. da Coreia	0,0220	0,0002	0,0322	-0,009	0,0123	0,0021	-0,0755	0,0007	-0,0060	-0,066
Finlândia	0,0136	0,0090	0,0140	-0,000	0,0030	0,0008	-0,0782	0,0001	0,0007	-0,078
Irlanda	-0,018	-0,023	0,0146	-0,004	0,0131	0,0013	-0,0243	0,0005	0,0568	-0,079
França	0,0137	0,0019	0,0090	-0,003	0,0536	0,0040	-0,0681	0,0025	0,0190	-0,080
Malta	0,0081	0,0170	0,0143	-0,010	0,0372	0,0032	-0,1036	0,0046	-0,0044	-0,091
Polônia	0,0146	0,0207	0,0352	-0,011	0,0166	0,0026	-0,0999	0,0016	0,0049	-0,100
México	0,0183	0,0041	0,0309	-0,001	0,0177	0,0024	-0,0643	0,0012	0,0567	-0,117
Portugal	-0,007	-0,001	0,0143	0,0089	0,0357	0,0030	-0,0497	0,0024	0,0989	-0,143
Espanha	0,0132	0,0218	0,0090	-0,003	0,0288	0,0025	-0,0448	0,0015	0,1325	-0,173
Japão	0,0031	-0,004	0,0780	-0,016	0,0038	0,0033	-0,2264	0,0012	-0,0025	-0,219
Grécia	-0,002	-0,023	0,0381	-0,009	-0,010	0,0006	-0,0422	-0,001	0,3309	-0,372
Chipre	-0,020	0,0033	0,0169	-0,003	0,0041	0,0010	-0,0547	0,0001	0,3906	-0,444
Turkey	0,0169	-0,005	0,0225	0,0023	0,0175	0,0020	-0,0840	0,0016	0,5325	-0,612
Indonésia	0,0250	0,0405	0,0144	0,0142	0,0488	0,0042	0,0125	0,0018	0,8539	-0,835

Fonte: Elaboração própria.

Os ganhos de escala e progresso técnico apresentam taxa de crescimento positiva, mas baixa, contribuindo para uma expansão da PTF de forma gradual neste período (Tabela 2). Este resultado corrobora as evidências levantadas por Alene (2010); Ludena (2010); Flugie e Wang (2012), Albergoni e Pelaez (2007), Conceição e Araújo (1998) e Vicente (2004). Por exemplo, no caso do Brasil, os ganhos de escala foram de 0,0049, (coluna sete), o que indica que a contribuição dos ganhos de escala para o crescimento da produtividade total dos fatores desse período foi próxima de nula.

Por mais que os países estejam apresentando produção mais intensiva em capital e insumos, a contribuição negativa na mudança da alocação dos fatores para a maioria dos países sugere que, no período analisado, o crescimento da produção mais intensiva não implicou necessariamente em melhor alocação dos fatores. O resultado foi positivo especialmente para os países do leste europeu, que inclui Letônia, Eslováquia, Hungria, Estônia, Rússia, Eslovênia, Áustria (Tabela 2). Cabe observar que esses países apresentaram, mais recentemente, a abertura de suas economias e a maior aproximação do mercado europeu, o que pode ter contribuído para a alocação mais eficiente dos fatores de produção no período. Oliveira (2006) destaca que a União Europeia (UE) é conhecida pela interferência que impõe

¹³ Para mais informações FAO (2009; 2013).

aos seus parceiros comerciais, impactando o país, que desponta como competidor no mercado internacional que a UE subsidia.

A ineficiência técnica também apresenta contribuição negativa, explicando parte considerável da distância dos países em relação à fronteira eficiente no período 1995 a 2009. Cabe ressaltar que valores positivos em ineficiência técnica significam que o país apresenta ineficiência na magnitude indicada, enquanto que valores negativos indicam que o país tem incrementos de eficiência técnica. Nesse item, destacam-se a Eslováquia, Holanda, Letônia, Hungria e Estônia Holanda e Eslováquia, que apresentam taxas muito maiores que os demais países em eficiência técnica, o que reflete importantes ganhos de eficiência técnica nesse período. Assim, as elevadas taxas de crescimento da PTF nesse grupo de países são explicadas por essas mudanças. Os resultados obtidos com a decomposição, Tabela 2, sugerem que em anos específicos, meados de 2000 a 2005, esses países tiveram variações elevadas na ineficiência técnica, o que é explicado pelo valor próximo à zero em alguns anos¹⁴.

As evidências encontradas neste trabalho estão de acordo com os resultados alcançados por Helfand *et al.* (2015), o qual mostra que as fazendas brasileiras apresentam perda de eficiência técnica. O fenômeno parece não ter sido exclusivamente brasileiro, estando associado ao aumento do conteúdo tecnológico e das exigências técnicas necessárias para a realização da produção agropecuária no cenário mundial. A literatura internacional reporta que a presença de ineficiência técnica é o principal elemento que explica as diferenças de produtividade entre os países (ANIK *et al.* 2017; NIN-PRATT, 2016; LUH, 2012; DAVIS *et al.* 2012; ALSTON *et al.* 2010).

O menor ritmo de crescimento da produtividade no período em análise no Brasil é explicado pela ineficiência técnica de 0,1690 e a maior contribuição positiva para o crescimento foi locativa, em 0,1467. No período 2003 a 2006, a quantidade empregada de fatores de produção aumentou, todavia a produção cresceu em ritmo menor. Em 2003, observa-se aumento da quantidade utilizada de capital em 5%, trabalho em 2% e insumos intermediários em 8%, o que resultou em aumento de 6% na produção. No ano de 2004, se observa aumento da quantidade de capital em 5%, trabalho em 7%, terra em 1% e insumos intermediários em 4%, paralelo ao aumento da produção em apenas 2%. Em 2005, verifica-se crescimento da quantidade utilizada de capital em 5%, trabalho em 1% e insumos intermediários em 2%, sem que isto gere aumento da produção. Ademais, em 2006, a quantidade de capital aumentou em 7%, a quantidade de insumos aumentou em 1% e a quantidade de trabalho se reduziu em 3%, sendo que a produção aumentou em apenas 5%. Entretanto, os ganhos de progresso técnico e eficiência locativa contribuíram para que o impacto negativo da ineficiência técnica não fosse de maior magnitude (Tabela 2). Resultado semelhante é encontrado por Vicente (2004) para o período de 1970 a 1995. Vicente (2004), Fuglie e Wang (2012) e Alston *et al.* (2010) salientam que existe espaço para o crescimento da produtividade agrícola nos países analisados por meio da realização de políticas que resultem no aumento da eficiência técnica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

¹⁴Qualquer valor dividido por um número próximo a zero resulta em um número relativamente elevado.

Diante das expectativas de crescimento da renda e da população mundial nas próximas décadas, haverá pressão adicional sobre a demanda de alimentos. Nessas circunstâncias, a expansão da oferta de alimentos se coloca como condição necessária para evitar maiores conflitos de acesso a estes e, conseqüentemente, um aumento da fome no mundo.

A produtividade agropecuária mundial, embora tenha apresentado aumento considerável nas últimas décadas, vem demonstrando maiores dificuldades para manter essa expansão. O ritmo de crescimento da produtividade está caindo, e a expansão da produção se torna um desafio cada vez maior. Dada a limitação do aumento da oferta de alimentos através da expansão da área plantada, o aumento da produtividade se coloca como primordial para que a pressão adicional sobre a oferta de alimentos seja reduzida. Nesse contexto, o presente trabalho buscou identificar quais foram os principais fatores responsáveis pelo comportamento apresentado pela produtividade agropecuária nos principais países produtores de alimentos entre 1995 e 2009.

Os resultados corroboram a hipótese levantada, isto é, não se pode rejeitar a hipótese de que o crescimento da eficiência técnica e a melhor alocação dos fatores de produção contribuíram para o avanço na produtividade agropecuária e, por conseqüência, na oferta de alimentos. No período recente, o crescimento da PTF foi positivamente influenciado pelo progresso técnico. Porém, este está desacelerando, principalmente nos países desenvolvidos.

Ademais, a introdução de capital na agropecuária se apresentou como fator determinante para o aumento da produção. Por conseguinte, o capital e o maior uso de insumos químicos proporcionaram relação de substituição dos fatores de produção, resultando em maior produção com menor quantidade de terra e trabalho que refletiram em melhorias na eficiência alocativa. Observa-se também que os maiores produtores de alimentos são os países que apresentaram ganhos de escala.

Os resultados obtidos para a decomposição da PFT mostraram que os países em desenvolvimento estão apresentando elevada mudança tecnológica, mas ainda apresentam ineficiências alocativas e ineficiências técnicas. Estas são explicadas pelo baixo grau de acesso à informação, carência de habilidades entre os agricultores e por problemas de fornecimento de insumos. Neste contexto, a adoção de políticas voltadas para a pesquisa adaptativa, extensão, educação dos fazendeiros e melhor fornecimento de insumos podem resultar em crescimento considerável da produtividade, ao reduzir essas ineficiências. Conforme destacado por Fuglie e Wang (2012a) e Headey et al. (2010), a criação de centros nacionais de P&D e de programas de cooperação e transferência tecnológica são as principais políticas que os países devem adotar para reduzir a ineficiência técnica.

Portanto, a produção mundial de alimentos pode crescer por meio de melhorias na eficiência produtiva e melhor locação de recursos. Além disso, as inovações podem ampliar a oferta de alimentos, sem necessidade de expansão dos limites territoriais já explorados. O presente trabalho, ao analisar o comportamento da produtividade agropecuária em diversos países, permitiu destacar alguns fatores que podem ajudar a manter a expansão da produção de alimentos nas próximas décadas, amenizando os problemas de insegurança alimentar.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. Alimentos versus população: está ressurgindo o fantasma malthusiano? *Ciência e Cultura*, v. 62, n. 4, p. 38-42, 2010.
- AIGNER, D. J.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. **Formulation and estimation of stochastic frontier production functions models**. *Journal of Econometrics*, v.6, p. 21-37, 1977.
- ALBERGONI, L.; PELAEZ, V. Da revolução verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas. *Revista de Economia*, v. 33, n.1, 2007.
- ALENE, A. D. **Productivity growth and the effects of R&D in African agriculture**. *Agricultural Economics*, v. 41, n. 3, p. 223-238, 2010.
- ALESINA, A.; SPOLARE, E.; ROMAN, W. **Trade, Growth and Size of Countries**. *Handbook of Economic Growth*. Mimeo, 2004.
- ALI, M.; BYERLEE, D. **Economic efficiency of small farmers in a changing world: A survey of recent evidence**. *Journal of International Development*, v. 3, n. 1, p. 1-27, 1991.
- ALSTON, J. M.; BABCOCK, B. A.; PARDEY, P. G. **The shifting patterns of agricultural production and productivity worldwide**. Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center, 2010.
- ALVES, E. **O que significam as medidas de produtividade da agricultura?** *Revista de Economia e Agronegócio*, v. 8, n. 3, p. 349-370, 2010.
- ALVES, E. **O que significam as medidas de produtividade da agricultura?** *Revista de Economia e Agronegócio-REA*, v. 8, n.3, 2015.
- ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S.; GOMES, E. G. **Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil**. Área de Informação da Sede-Livro científico (ALICE), 2013.
- ANIK, A. R.; RAHMAN, S.; SARKER, J. R. **Agricultural Productivity Growth and the Role of Capital in South Asia (1980–2013)**. *Sustainability*, v. 9, n. 3, p. 470, 2017.
- BANK, T. W. The World Bank. **Working for a World Free of Poverty**. Databank, 2015.
- BARÁTH, L.; FERTŐ, I. **Productivity and Convergence in European Agriculture**. *Journal of Agricultural Economics*, v. 68, n. 1, p. 228–248, 2017.
- BARRO, R. J.; SALA, M. X. **Technological diffusion, convergence, and growth**. *Journal of Economic Growth*, v.1, p. 1-27, 1997.
- BATTESE, G. E.; CORRA, G. **Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of Eastern Australia**. *Australian journal of agricultural economics*, v. 21, n. 3, p. 169-179, 1977.
- BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. **A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data**. *Empirical economics*, v. 20, n. 2, p. 325-332, 1995.
- BAUER, P. W. **Recent developments in the econometric estimation of frontiers**. *Journal of Econometrics*, v. 46, p. 39-56, 1990.
- BRANDÃO, A. S. P.; REZENDE, G. C.; MARQUES, R. W.C. **Crescimento agrícola no período 1999–2004. Explosão da Área Plantada com Soja e Meio Ambiente no Brasil**, EMBRAPA, 2005.
- BRANDÃO, A. S. P.; REZENDE, G. C.; MARQUES, R. W. C. **Crescimento agrícola no Brasil no período 1999-2004: explosão da soja e da pecuária bovina e seu impacto sobre o meio ambiente**, EMBRAPA, 2005b.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Plano Agrícola e Pecuário 2014/2015. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/PAP%202014-2015.pdf, 2015.
- BRESSER PEREIRA, L. C. **A taxa de câmbio no centro da teoria do desenvolvimento**. *Estudos avançados*, v. 26, n. 75, p. 7-28, 2012.

- BRÜMMER, B.; GLAUBEN, T.; LU, W. **Policy reform and productivity change in Chinese agriculture: A distance function approach.** *Journal of Development Economics*, v. 81, n. 1, p. 61-79, 2006.
- CEPII - Centre de recherche français dans le domaine de l'économie internationale. **The world economy in 2050: a tentative picture**, CEPII Working paper 2010-27.
- CONCEIÇÃO, P.; CONCEIÇÃO, J. **Uma contribuição metodológica para análise de decomposição da produtividade total dos fatores na agricultura brasileira.** In: *V Internacional PENSA Conference on Agri-food Chains/Networks Economics and Management*, 2005.
- CONCEIÇÃO, P. **Análise da produtividade e mudança técnica na agricultura brasileira: período de 1955/1994.** 1998. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Economia Aplicada)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz–USP, Piracicaba, 1998.
- CORDELL, D.; DRANGERT, Ja-Olof; WHITE, S. **The story of phosphorus: global food security and food for thought.** *Global environmental change*, v. 19, n. 2, p. 292-305, 2009.
- CUNHA, A.S. C. **Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos cerrados.** Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE), 1994.
- DAVIS, K. **Impact of farmer field schools on agricultural productivity and poverty in East Africa.** *World Development*, v. 40, n. 2, p. 402-413, 2012.
- DE CASTRO, J. **Geografia da fome.** Casa do Estudante do Brasil, 1952.
- DONOVAN, K. **Agricultural Risk, Intermediate Inputs, and Cross-Country Productivity Differences.** Unpublished Manuscript, University of Notre Dame. 2013.
- EHRlich, P. **The Population Bomb.** New York: Ballantine Books, 1968.
- FAO. **Fao statistical yearbook 2013 world food and agriculture.** Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome p. 307, 2013.
- FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Trade – Crops and livestock products, 2015.
- FAO. **How to feed the world in 2050. High level expert forum.** Convened at FAO Headquarters in Rome on 12-13 October, 2009.
- FAO. **The state of food insecurity in the world 2014.** Food and Agriculture Organization of the United Nations Disponível em <<http://www.fao.org/publications/sofi/en/>> Acesso Dez, 2017.
- FÄRE, R. **Productivity changes in Swedish pharmacies 1980–1989: A non-parametric Malmquist approach.** Springer Netherlands, 1992.
- FEITOSA, D. G. **Três ensaios sobre crescimento econômico na América Latina e no Brasil.** (Tese de Doutorado) – Universidade Federal do Ceará. 2009
- FELEMA, J.; RAIHER, A. P.; FERREIRA, C. R. **Agropecuária Brasileira: desempenho regional e determinantes de produtividade.** *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 51, n. 3, p. 555-573, 2013.
- FONSECA, R. M. **Função de produção para a agricultura e produtividade total dos fatores no Brasil, 1995-96.** Tese (Doutorado) — Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.
- FORNAZIER, A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Heterogeneidade estrutural na produção agropecuária: uma comparação da produtividade total dos fatores no Brasil e nos Estados Unidos.** Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2013.
- FREITAS, C. A.; BACHA, C. J. C. **Contribuição do capital humano para o crescimento da agropecuária brasileira: período de 1970 a 1996.** *Revista Brasileira de Economia*, v. 58, n. 4, p. 533-557, 2004.
- FUGLIE, K. O. **Productivity Growth and Technology Capital in the Global Agricultural Economy. Productivity growth in agriculture: An international perspective,** p. 335, 2012.

- FUGLIE, K. O.; WANG, S. L. **New evidence points to robust but uneven productivity growth in global agriculture**. *Global Journal of Emerging Market Economies*, v. 5, n. 1, p. 23-30, 2013.
- FUGLIE, K. O. **Contabilização do crescimento da agricultura global**. *Bio-based and applied economics*, v. 4, n. 3, p. 201-234, 2015.
- Fuglie, K. O.; Rada, N. **Resources, Policies, and Agricultural Productivity in Sub-Saharan Africa** (February 2013). USDA-ERS Economic Research Report No. 145. Available SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2266459> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2266459>
- FUGLIE, K.; WANG, Sun Ling. **New Evidence Points to Robust But Uneven Productivity Growth in Global Agriculture**. *Amber Waves*, n. 3., 2012a.
- GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. **Produtividade e fontes de crescimento da agricultura brasileira**. In: DE NEGRI, J. A.; KUBOTA, L. C. (Eds.). *Políticas de incentivo à inovação tecnológica*. Brasília: Ipea, p. 435-459, 2008.
- GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. **Produtividade da agricultura brasileira e os efeitos de algumas políticas**. Brasília: Mapa, 2012.
- GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. **Transformações estruturais da agricultura e produtividade total dos fatores**. Brasília: Ipea, Texto para Discussão, n. 768, 2000.
- GASQUES, J. G.; VILLA VERDE, C. M.; OLIVEIRA, J. A. F. G. **Crédito rural e estruturas de financiamento**. Brasília: Ipea, texto para Discussão, n. 1036, 2004.
- GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, P. R. J.; CONCEIÇÃO, Julia. C. P. R. **Condicionantes da produtividade da agropecuária brasileira**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2004.
- GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. P. **Produtividade na agricultura brasileira**. *AgroANALYSIS*, v. 28, n. 8, p. 47-48, 2011.
- GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. P.; VALDEZ, C. **Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados dos censos agropecuários**. *A agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas*. Brasília, DF: IPEA, p. 19-44, 2010.
- GASQUES, J. G.; VILLA VERDE, C. M. **Crescimento da agricultura brasileira e política agrícola nos anos oitenta**. EMBRAPA, 1990.
- GOODMAN, D.; Redclif M. **Refashioning nature: food, ecology and culture**. Routledge, 1991.
- GRAZIANO DA SILVA, J. F. **A nova dinâmica da agricultura brasileira**. Campinas: IE/ UNICAMP, 1996.
- HARDIN, G. **The tragedy of the commons**. *Science*, v. 162, n. 3859, p.1243-1248, 1968.
- HEADEY, D.; ALAUDDIN, M.; RAO, D. S. **Explaining agricultural productivity growth: an international perspective**. *Agricultural Economics*, v. 41, n. 1, p. 1-14, 2010.
- HELFAND, S.; MAGALHÃES, M.; RADA, N. E. **Brazil's Agricultural Total Factor Productivity Growth by Farm Size**. *Agricultural & Applied Economics Association's 2015 AAEA & WAEA Joint Annual Meeting*, San Francisco, CA, July 26-28, 2015.
- HERTEL, T. W.; BALDOS, U. L. C. **Crescimento da Produtividade e Rendimentos no Setor de Culturas Globais: Mudança Global e os Desafios da Alimentação Sustentável de um Planeta em crescimento**. Springer International Publishing, 2016. p. 27-39.
- KHUSH, G. S. **Green revolution: the way forward**. *Nature Reviews Genetics*, v. 2, n. 10, p. 815-822, 2001.
- KODE, D. A.; PALM, F. C. **Wald criteria for jointly testing equality and inequality restrictions**. *Econometrica*, Notes and Comments, vol. 54, n. 5, p. 1243-1248, 1986.
- KUMBHAKAR, S. C.; DENNY, M.; FUSS, M. **Estimation and decomposition of productivity change when production is not efficient: a panel data approach**. *Econometric Reviews*, v. 19, n. 4, p. 312-320, 2000.

LACHAUD, M. A.; BRAVO-URETA, B. E.; LUDENA, C. E. **Agricultural productivity in Latin America and the Caribbean in the presence of unobserved heterogeneity and climatic effects**. *Climatic Change*, v. 143, n. 3-4, p. 445-460, 2017.

LAGAKOS, D.; Michael E. Waugh. **Selection, Agriculture and Cross-Country Productivity Differences**. *American Economic Review*, v. 103, n. 2, p. 948-80, 2013.

LAL, R. **Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security**. *Science*, v. 304, n. 5677, p. 1623-1627, 2004.

LAL, R.; STEWART, B. A. **Soil erosion and land degradation: The global risks**. *Advances in soil science*. Springer-Verlag, New York, 1990.

LENIN, V. I. **Os economistas. O desenvolvimento do capitalismo na Rússia**. Editora Abril Cultura, São Paulo, 1982.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil. O estado das águas no Brasil**. Agência Nacional de Energia Elétrica. CD-ROM, 1999.

Ludena, C. E. **Agricultural Productivity Growth, Efficiency Change and Technical Progress in Latin America and the Caribbean** (May 2010). IDB Working Paper No. 61. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1817296> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1817296>

LUH, Y. H.; CHANG, C.C.; HUANG, F.M. **Efficiency change and productivity growth in agriculture: A comparative analysis for selected East Asian economies**. *Journal of Asian Economics*, v. 19, n. 4, p. 312-324, 2008.

MALTHUS, T. R. **An essay on the principle of population**. Cambridge University Press, 1798.

MARINHO, E.; ATALIBA, F. **Avaliação do crescimento da produtividade e progresso tecnológico dos estados do Nordeste com o uso da fronteira de produção estocástica**. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 30, n. 3, p. 427-452, 2000.

MEADOWS, D.; MEADOWS, D.; RANDERS, J.; **Beyond the limits: confronting global collapse, envisioning a sustainable future**. Post Mills, Vt: Chelsea Green, 1992.

MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. **Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error**. *International economic review*, p. 435-444, 1977.

MENDES, C.R.; MARTINS, F. A.; DOS SANTOS, M. L. **Eficiência e tecnologia na agricultura paulista entre 1985 e 2001**. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, v. 8, n. 2, 2006.

MIRANDA, E.F.; **Agricultura: 1994/2002- Crescimento e modernização**. Panorama Macroeconômico Brasileiro, Ministério da Fazenda Secretaria de Política Econômica, Agosto, 2002.

NELSON, R. R.; PHELPS, E. S. **Investment in humans, technological diffusion, and economic growth**. *The American Economic Review*, v. 56 n.2 p. 69-75, 1966.

NIN-PRATT, A. **Insumos, Produtividade e Crescimento Agrícola na África Subsaariana**. *Análise de Produtividade e Eficiência*. Springer, Cham, 2016. p. 175-201.

O'Donnell, C.J. **A program for decomposing productivity index numbers**. University of Queensland, Australia: Queensland, 2011b.

OCDE – ORGANIZAÇÃO DE COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Fostering productivity and competitiveness in agriculture**. OECD, 2011.

OLIVEIRA, S. J. M. **A expansão da União Européia em 2004 e seus impactos no agronegócio brasileiro**. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2006.

ONU. *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). Paris, UNESCO, 2015.

Penn World Table. PWT 8.1. disponível em: <http://www.rug.nl/research/ggdc/data/pwt/pwt-8.0>. Acesso Dez. 2017.

PEREIRA, M. F. P. D. Terhune, E. C.; Dyson H., R.; Rochereau, S.; Samis, R.; S., Eric A.; Denman, D. *Land degradation: effects on food and energy resources*. Science, v. 194, n. 4261, p. 149-155, 1976.

PITT, M. M.; LEE, L. **The measurement and sources of technical inefficiency in the Indonesian weaving industry**. Journal of development economics, v. 9, n. 1, p. 43-64, 1981.

RESENDE, G. C. **Ocupação Agrícola e Estrutura Agrícola no Cerrado: o Papel do Preço da Terra, dos Recursos Naturais e da Tecnologia**. Rio de Janeiro: IPEA, out 2002. (Texto para discussão n. 913).

RESTUCCIA, D.; YANG, D. T.; ZHU, X. **Agriculture and aggregate productivity: A quantitative cross-country analysis**. Journal of Monetary Economics, v. 55, n. 2, p. 234-250, 2008.

RICARDO, D. **Os Economistas- Princípios de Economia Política e Tributação**. Editora nova Cultura, São Paulo, 1996.

ROMER, P. **Endogenous technological change**. The Journal of Political Economy, v. 18 n.5 p. 71-102, 1990.

SCHMIDT, P.; SICKLES, R. C. **Production frontiers and panel data**. Journal of Business & Economic Statistics, v. 2, n. 4, p. 367-374, 1984.

SOUZA, G. S.; GOMES, E. G.; GAZZOLA, R. **Um modelo de produção para a agricultura brasileira e a importância da pesquisa da Embrapa**. Área de Informação da Sede-Capítulo em livro científico (ALICE), 2012.

SOUZA, G. S.; GOMES, E. G.; GAZZOLA, R. **Eficiência técnica na agricultura brasileira: uma abordagem via fronteira estocástica**. In: Área de Informação da Sede-Artigo em anais de congresso (ALICE). Simpósio De Pesquisa Operacional E Logística Da Marinha, 13, 2010, Rio de Janeiro, 2010.

SUBRAMANIAN, S.; DEATON, A. *The demand for food and calories*. Journal of political economy p. 133-162. 1996.

VICENTE, J. R. **Mudança tecnológica, eficiência, produtividade total de fatores na agricultura brasileira, 1970-95**. *Economia Aplicada*, v. 8, n. 4, p. 729-760, 2004.

VICENTE, J. R.; ANEFALOS, L. C.; CASER, D. V. **Produtividade agrícola no Brasil, 1970-1995**. Agricultura em São Paulo. São Paulo, v. 48, n. 2, p. 33-55, 2001.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. **Mudança tecnológica na agricultura: uma revisão crítica da literatura e o papel das economias de aprendizado**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 50, n. 4, p. 721-742, 2012.

World Input-Output Database (WIOD). **Socio Economic Accounts**. Disponível em: <http://www.wiod.org/new_site/database/seas.htm>, Acesso Dez. 2017.