

DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA NA AGRICULTURA: UM ESTUDO PARA AS CULTURAS DE MILHO E SOJA DO ESTADO DE SÃO PAULO

Pedro Soares¹
Humberto F. S. Spolador²

RESUMO

O presente artigo analisou a eficiência técnica dos produtores paulistas de soja e milho, utilizando os microdados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuárias do Estado de São Paulo, realizado pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento, para o ano safra 2007-2008 (último censo disponível). Os resultados estimados, por meio de fronteira estocástica, indicaram que os produtores paulistas de soja são tecnicamente mais eficientes do que os produtores de milho. Dentre as variáveis que mais contribuíram para promover a eficiência dos produtores de milho e soja destacam-se o manejo integrado de pragas, plantio direto, nível de instrução, adubação verde e colheita mecanizada.

Palavras-chave: Agricultura, Eficiência técnica; Fronteira estocástica; Microdados

ABSTRACT

This article analyzes the technical efficiency of soybeans and corn's producers in the state of São Paulo, using microdata from the Census Survey of Agricultural Production Units of São Paulo, published by the Secretariat of Agriculture and Supply, for the crop year 2007-2008 (last Census available). The estimated results through stochastic frontier methods suggests that the soybean producers are technically more efficient than the corn producers are. Among the variables that more contributed to promote the efficiency of corn and soybean are the integrated pest management, tillage, educational level, green fertilizing and mechanical harvesting.

Keywords: Agriculture, Technical efficiency; Stochastic frontier; Microdata

Área de submissão: Área 11 – Economia Agrícola e do Meio Ambiente

JEL classification: Q10, Q12

¹ Economista, e Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da ESALQ/USP

² Professor Associado do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ/USP

1. Introdução

O setor agropecuário brasileiro apresentou recentemente significativos ganhos de produtividade, assegurando a crescente inserção do país no mercado agrícola internacional, especialmente com a produção de grãos (CONCEIÇÃO, CONCEIÇÃO, 2014). Helfand, Magalhães e Rada (2015) informaram que, ao longo das últimas duas décadas, o Brasil foi um dos países que apresentou taxas mais elevadas de crescimento da produtividade total dos fatores (PTF) do setor agrícola, e mencionando alguns resultados da literatura, destacaram alguns dos principais determinantes para este crescimento, como: investimentos públicos em pesquisa agrícola, infraestrutura de transportes, diferencial de taxas de crescimento de produtividade entre lavoura e pecuária, e a expansão da produção para a região de Cerrado. Os autores ainda ressaltaram que, no período entre 1985-2006, as maiores taxas de crescimento da produtividade total dos fatores ocorreram nas menores (no intervalo de 0 a 5 hectares) e maiores propriedades (acima 500 hectares), sendo que os pequenos produtores foram os que obtiveram as maiores taxas de progresso técnico.

Segundo Hirakuri e Lazarotto (2014), a produção de soja está entre as atividades que apresentaram elevadas taxas de crescimento³, resultado esse que os autores atribuíram essencialmente a três fatores: crescimento do mercado internacional, uso de novas tecnologias, e uso da soja como fonte de proteína vegetal utilizada para o atendimento da demanda relacionada a produtos de origem animal. Somente nas duas últimas décadas, a produção nacional de grãos mais do que duplicou, alcançando 205,5 milhões de toneladas em 2015. Tal expansão ocorreu, principalmente, devido a ganhos de eficiência dos produtores (CONAB, 2016).

As cadeias produtivas de soja e milho estão entre os segmentos econômicos de maior relevância para o agronegócio brasileiro, com uma produção estimada de 95,6 e 76,2 milhões de toneladas, respectivamente, para a safra 2015-16, fato esse que faz do Brasil o segundo maior produtor mundial de milho e soja, atrás apenas dos Estados Unidos (CONAB, 2016). Conforme Hirakuri e Lazzarotto (2014), somente a produção de soja equivale a 52,9% da área destinada ao cultivo de grãos no país, sendo os estados de Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás os quatro principais produtores nacionais.

Apesar da baixa representatividade no PIB agrícola paulista⁴, ambas as culturas possuem importância estratégica para a segurança alimentar no estado de São Paulo, sendo utilizadas diretamente na alimentação, como óleos ou grãos, ou indiretamente, como ração animal. Por outro lado, observa-se que as culturas de milho e soja obtiveram nas últimas décadas expressivos ganhos de produtividade, que foram resultado da adoção de novas tecnologias, transmissão de conhecimentos, qualificação da mão de obra, além de mudanças no ambiente institucional e econômico.

A produtividade média da soja auferida no estado de São Paulo tem se mostrado, nos últimos anos, próxima daquela verificada nos maiores estados produtores, como Mato Grosso, Paraná, e acima da produtividade observada nos estados do Rio Grande do Sul e Goiás, conforme mostra a Figura 1.

³ Conforme dados dos autores, entre as safras de 2000/2001 e 2013/2014, a produção mundial de soja cresceu 61,5%, ao passo que a área cultivada cresceu 49,8% no mesmo período (Hirakuri e Lazarotto, 2014, p. 14).

⁴ Dados da Pesquisa Agrícola Municipal de 2010 revelaram uma participação no valor adicionado estadual de aproximadamente 5% do milho e 3% da soja.

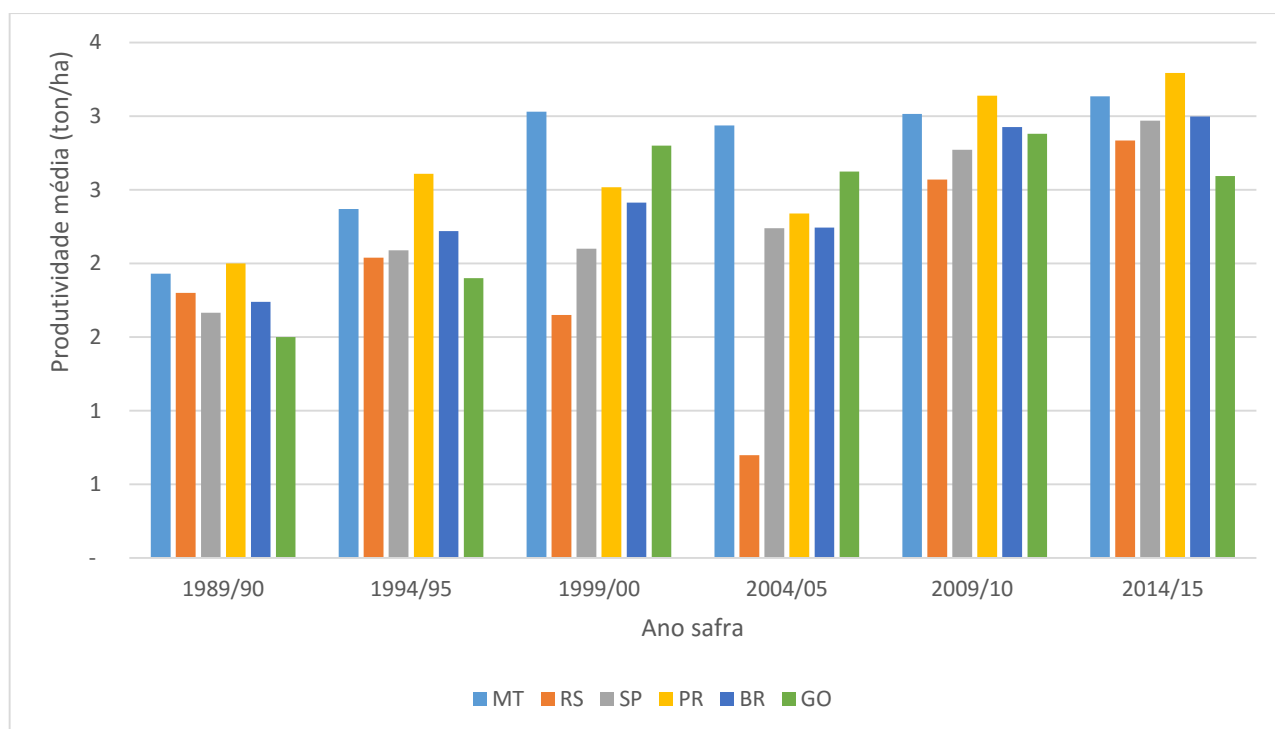


Figura 1 – Produtividade média dos estados selecionados e do Brasil para a cultura da soja
Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da CONAB (2016).

Apesar da alta produtividade paulista, a rentabilidade da cultura de soja no estado de São Paulo não compete com as lavouras da região Centro-Oeste pois, como destaca a Federação da Agricultura e Pecuária do estado de São Paulo “O clima, os ganhos de escala e o menor valor das terras naquela região conferem uma maior rentabilidade à produção da região Centro-Oeste” (FAESP, 2016).

Em relação à cultura de milho, como ilustra a Figura 2, apesar da produtividade no estado de São Paulo ter acompanhado a tendência de crescimento observada nos principais estados produtores, a produtividade de São Paulo ficou abaixo do observado naqueles estados, e ligeiramente acima da média nacional.

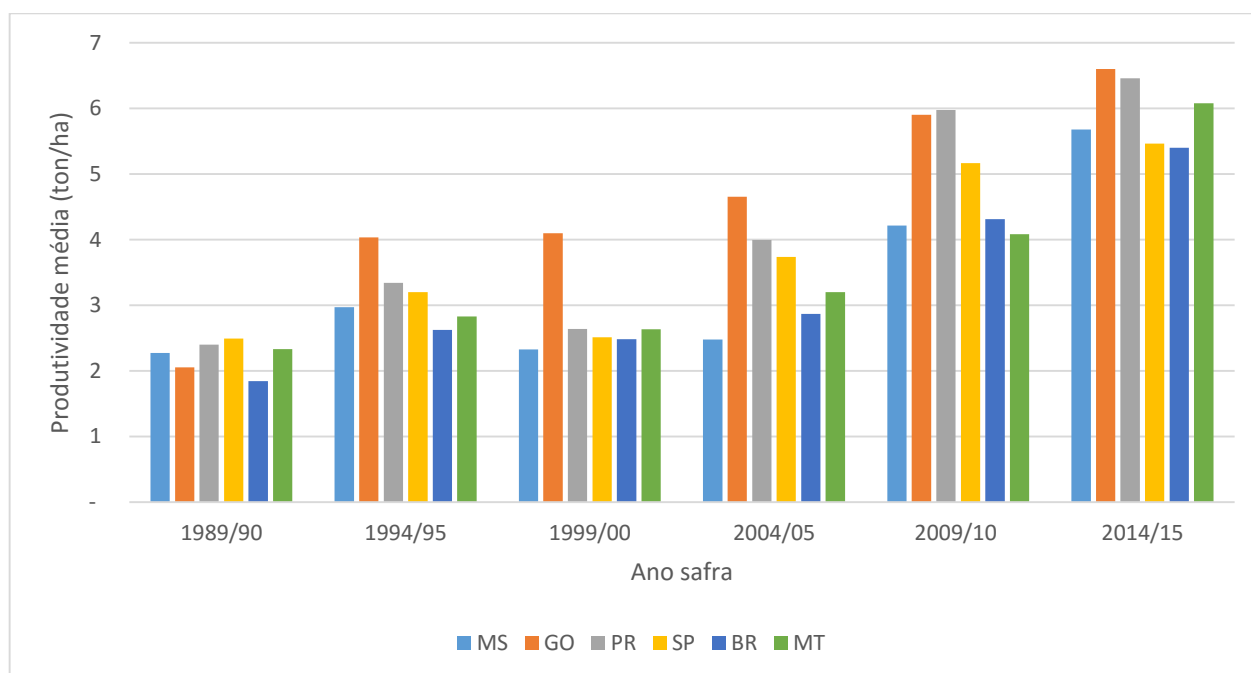


Figura 2 – Produtividade média dos estados selecionados e Brasil para a cultura de milho
Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da CONAB (2016).

Tendo em vista a escassez de estudos regionais sobre os determinantes da produtividade agrícola, estudos empíricos que identifiquem os principais entraves para os ganhos de eficiência técnica na agricultura ainda se fazem necessários, a fim de produzir informações que garantam a competitividade do setor nos mercados doméstico e internacional, e seu crescimento sustentado de longo prazo.

O objetivo deste trabalho é contribuir com a literatura sobre a análise dos determinantes de eficiência técnica da agricultura ao nível estadual no Brasil, aplicando a metodologia de fronteira estocástica para analisar as produções de soja e milho no estado de São Paulo. Os trabalhos sobre o tema na literatura nacional têm utilizado o Censo Agropecuário, cuja última publicação ocorreu em 2006. Por se tratar de uma análise da agricultura paulista, optou-se por utilizar os microdados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (LUPA), produzido pelo Instituto de Economia Agrícola no ano safra 2007/2008 (último período com informações disponíveis). O presente artigo está dividido em cinco seções. A próxima seção apresenta uma breve revisão de literatura. A terceira seção apresenta o referencial metodológico; a quarta expõe os principais resultados e discussões. Por fim, a seção cinco contém as considerações finais.

2. Revisão de literatura

São diversos os trabalhos na literatura econômica que têm destacado o elevado crescimento da produtividade total dos fatores da agricultura brasileira. As estimativas de Gasques *et al.* (2015) mostram um crescimento da PTF de 3,53% ao ano no período 1975 a 2014; no subperíodo 2000/2014, a taxa anual média de crescimento da PTF estimada pelos autores foi de 4,01% ao ano. Gasques *et al.* (2015) ainda observaram uma mudança na tendência de crescimento da PTF a partir de 1998, que os autores atribuíram aos seguintes fatores: crescimento da produtividade mundial, alteração da política agrícola e efeitos da estabilização monetária, adoção de novas tecnologias e preço dos insumos. Dentre as tecnologias que contribuíram para o crescimento da produtividade, aqueles autores mencionaram a viabilização da segunda safra de verão, o desenvolvimento de resistência genética às principais doenças, e o plantio direto na palha. Em um trabalho com foco no estado de Minas Gerais, Campos, Coelho e Gomes (2012) verificaram, a partir de dados do Censo Agropecuário de 2006, o impacto positivo de práticas agropecuárias como plantio em nível e terraços para a eficiência da produção agrícola dos municípios daquele estado.

Contini *et al.* (2010) observaram que entre 1975 e 2010, as cinco principais culturas de grãos (soja, milho, feijão, arroz e trigo) apresentaram uma taxa anual média de crescimento da produção da ordem de 3,66% ao ano, sendo o aumento da produtividade da ordem de 2,95% ao ano. Para os autores, os principais instrumentos que contribuíram para a modernização do setor agrícola brasileiro foram basicamente o crédito rural, os investimentos em ciência e tecnologia, e a extensão rural pública (e a extensão rural privada em período mais recente). Fatores adicionais para o aumento da eficiência do setor, segundo os autores, foram a oferta abundante de fatores de produção, destacadamente terras baratas e mecanizáveis, a maior disponibilidade de insumos modernos, e o empreendedorismo dos produtores rurais. Em relação à evolução da produtividade das culturas de soja e milho, Contini *et al.* (2010) mostraram que a soja teve, entre 1975 e 2010, uma expansão anual da área de 3,58%, a produção cresceu em média 5,55% ao ano e a produtividade 1,90% ao ano; o milho, por sua vez, teve um crescimento anual de área de 0,38% ao ano, a produção de 3,43% ao ano, e a produtividade 3,04% ao ano.

Rivera e Constantin (2007), utilizando técnicas paramétricas e não paramétricas de estimação de eficiência técnica, mensuraram a produtividade total dos fatores das lavouras brasileiras de arroz, feijão, milho, soja e trigo, para os anos de 2001 a 2006. Os autores não observaram ganhos de eficiência para o período analisado nas culturas selecionadas. Além disso, as regiões Nordeste, Norte, Sudeste, Sul e Centro-Oeste apresentaram, respectivamente, os maiores graus relativos de eficiência. Investigando o impacto dos fatores de produção e institucionais para a eficiência agrícola, Rivera e Constantin (2007) apontaram que o fator terra e o crédito agrícola atuaram como elementos aumentadores de eficiência, enquanto os defensivos agrícolas e aplicação de calcário não explicaram, significativamente, a produtividade agrícola brasileira para o período analisado.

Analisando o crescimento da produtividade do setor agrícola, Carvalho, Laureto e Pena (2015), mostraram que a produtividade do setor cresceu aproximadamente 55% entre 1990 e 2012, sendo que em 1990 a produtividade do setor era de 9,25 toneladas por hectare, e em 2012 atingiu a produção de 14,32

toneladas por hectare. A região Sudeste foi a que apresentou a maior produtividade no estudo dos autores, tendo atingido a produção de 30,75 toneladas por hectare.

Helfand e Levine (2004) aplicaram a metodologia de análise envoltória de dados com informações do Censo Agropecuário de 1995/96 para estudar os determinantes da eficiência técnica, e a relação entre tamanho das unidades produtivas e eficiência no Centro-Oeste brasileiro. A relação encontrada entre o tamanho das unidades produtivas e eficiência foi não linear, com a eficiência diminuindo e então aumentando conforme as dimensões das unidades. Entre os determinantes das diferenças de eficiência entre propriedades rurais os autores destacaram: tipo de posse de terra, acesso à infraestrutura e eletricidade, e mercado de insumos modernos (irrigação e fertilizantes).

O estudo de Helfand, Magalhães e Rada (2015) estimou um crescimento anual médio da PTF agrícola no Brasil, entre 1985 e 2006 da ordem de 1,74%, composta por 5% de progresso técnico e -3,26% de mudança na eficiência técnica. Na região Sudeste, segundo os autores onde 61% do produto agrícola regional é gerado nas maiores propriedades (entre 100 e 500 hectares, e acima de 500 hectares), embora 87% das propriedades rurais possuam até 100 hectares, o crescimento da PTF no período foi estimado em 1,52% ao ano, sendo composto por 4,25% de progresso técnico e -2,73% de mudança na eficiência técnica.

Ao nível das unidades produtivas, os resultados de eficiência técnica proporcionam informações importantes para decisões de gestão ao nível da firma, e na implementação de políticas públicas (Guesmi, Serra e Featherstone, 2015). Na literatura econômica, duas metodologias têm se destacado na avaliação de eficiência técnica segundo Guesmi, Serra e Featherstone (2015); uma é a análise de fronteira estocástica, e a outra é a análise envoltória de dados. De acordo com os autores, a vantagem de uma fronteira de produção estocástica é avaliar a performance do processo de produção envolvendo variáveis aleatórias, o que é particularmente relevante no caso da agricultura, visto a influência de inúmeros fatores que não são controlados pelos produtores, como o clima, por exemplo.

Guesmi e Serra (2015) argumentaram que as medidas de eficiência técnica têm sido utilizadas para avaliar a performance econômica e ambiental de firmas agrícolas, uma vez que sistemas agrícolas intensivos têm impactos gerando poluição, perda de biodiversidade e sobre utilização de recursos naturais. Nesse sentido, os autores enfatizaram que as medidas de eficiência técnica podem subsidiar políticas para incentivar a redução do uso de produtos químicos, e aumentar o uso de melhores práticas ambientais. Um exemplo disso pode ser observado no artigo de Bravo-Ureta e Evenson (1994), que verificaram que ganhos de produção, por meio de crescimento da produtividade, tornaram-se cada vez mais importantes para o Paraguai, uma vez oportunidades para adicionar novas terras para a lavoura estava diminuindo significativamente. Em um outro trabalho, Bravo-Ureta *et al.* (2011), a partir de um estudo para Honduras, verificaram que aqueles produtores que pertencem a grupos organizados, recebem assistência técnica, adotam produção diversificada e utilizam práticas ecológicas, e têm maior possibilidade de participarem de programas de gestão de recursos naturais, o que é uma informação relevante para a formulação e implementação de políticas voltadas para o desenvolvimento rural.

No estado de São Paulo, os dados da CONAB mostram que, entre as safras de 1976/77 e 2014/2015, a área destinada ao cultivo de soja cresceu a uma taxa média de 1,45% ao ano, a produção a uma taxa de 2,77% ao ano e a produtividade a 1,32% ao ano, aproximadamente. Entre as mesmas safras, a área destinada à cultura do milho no estado teve uma redução anual média de 0,99% ao ano, enquanto que a produção cresceu a uma taxa de 1,26% ao ano e a produtividade a uma taxa de 2,25% ao ano.

Este artigo pretende contribuir para a limitada literatura sobre os determinantes da eficiência técnica da agricultura paulista. Diferente de estudos na literatura de economia agrícola no Brasil, e baseado nos trabalhos de Theriault e Serra (2014) e Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015), foi estimado um modelo empírico que incluiu variáveis agronômicas e institucionais na tentativa de se captar os potenciais impactos destas variáveis sobre a eficiência técnica da produção de soja e milho no estado de São Paulo, a partir dos mais recentes dados censitários disponíveis.

3. Metodologia

Por meio da aplicação de metodologia inicialmente desenvolvida por Aigner *et al.* (1977), e também empregada por Theriault e Serra (2014), conhecida como Análise de Fronteira Estocástica, foi analisado o

impacto de variáveis institucionais e agronômicas na eficiência técnica de cada unidade produtiva de soja e milho no estado de São Paulo.

O modelo geral, conforme apresentado por Theriault e Serra (2014), é representado por:

$$Y_i = f(x_i; \beta) + \varepsilon_i = \exp(x_i \beta + \varepsilon_i), i = 1, \dots, N \quad (1)$$

onde Y_i é a produção do i -ésimo produtor, x_i denota um vetor de fatores de produção, β é um vetor de parâmetros desconhecidos a ser estimado, e ε_i um termo de erro, podendo ser reescrito como:

$$\varepsilon_i = v_i - u_i \quad (2)$$

sendo v_i o componente simétrico de erro, com distribuição normal, média zero e variância σ_v^2 , e u_i o termo de ineficiência do produtor, derivado de uma distribuição *half-normal* com média zero e variância σ_u^2 .

Admite-se também que cada v_i seja distribuído independentemente de u_i , e ambos os erros não sejam correlacionados com o vetor de variáveis explanatórias x_i (COELLI *et al.*, 2005).

Reescrevendo o termo de ineficiência técnica define-se:

$$u_i = z_i \delta + w_i \quad (3)$$

onde z_i é um vetor de variáveis do ambiente institucional, δ um vetor de parâmetros desconhecidos a ser estimado, e w_i o erro associado ao termo de ineficiência.

A etapa inicial da estimação, segundo Theriault e Serra (2014), é a especificação da forma funcional da função de produção. Para o presente estudo optou-se pela especificação de uma função Cobb-Douglas (eq. 4) em sua forma log-linear, e uma função translog (eq. 5).

$$\ln Y_i = \beta_{0i} + \sum_{j=1}^m \beta_j \ln x_{ji} - \sum_{j=1}^n \delta_j z_{ji} - w_i + v_i \quad (4)$$

$$\ln Y_i = \beta_{0i} + \sum_{j=1}^m \beta_j \ln x_{ji} + \frac{1}{2} \sum_j \sum_l \beta_{jli} \ln x_j \ln x_l - \sum_{j=1}^n \delta_j z_{ji} - w_i + v_i \quad (5)$$

O diferencial da função Cobb-Douglas na forma log-linear é seu grau de homogeneidade $\beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j$, e o fato de seus coeficientes estimados representarem a elasticidade da produção em relação aos insumos.

Por fim, a partir da estimação dos parâmetros da fronteira de produção, pode ser mensurada a eficiência técnica (TE) de cada produtor. Para tanto, adotou-se a formulação exposta em Coelli *et al.* (2005), como sendo a razão entre a quantidade produzida (variável observada), e a quantidade estimada via fronteira estocástica

$$TE = \frac{q_i}{\exp(x_i' \beta + v_i)} = \frac{\exp(x_i' \beta + v_i - u_i)}{\exp(x_i' \beta + v_i)} = \exp(-u_i) \quad (6)$$

com $0 \leq TE \leq 1$, onde TE=1 indica um produtor plenamente eficiente, e TE=0 um totalmente ineficiente.

3.1 Base de dados

O Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (Projeto LUPA), realizado pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA) do estado de São Paulo, e gerenciado pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) e Instituto de Economia Agrícola (IEA), fornece informações sobre a produção agrícola dos agricultores paulistas, abrangendo o ano agrícola 2007/2008.

Cada unidade de levantamento, chamada unidade de produção agropecuária (UPA), é definida como:

- a) conjunto de propriedades agrícolas contíguas e pertencente ao (s) mesmo (s) proprietário (s);
- b) localizadas inteiramente dentro de um mesmo município, inclusive dentro do perímetro urbano;
- c) com área total igual ou superior a 0,1ha;
- d) não destinada exclusivamente para lazer. (SÃO PAULO, 2008)

O LUPA ainda fornece informações desagregadas sobre o uso do solo, produtividade, características dos produtores rurais e dos estabelecimentos agrícolas, pessoal ocupado nas atividades agrícolas, investimentos em máquinas e equipamentos, entre outras.

Na safra 2007/2008, o milho era produzido em 51.694 unidades de produção agropecuária (UPA) do estado (com uma área equivalente de 667684,57 hectares), o que equivalia a 15,93% do total, enquanto que a soja era produzida em 7.816 UPAs (em 396426,8 hectares), ou 2,41% do total⁵.

As variáveis utilizadas no presente estudo, e suas respectivas unidades, encontram-se na Tabela 1. No Anexo encontram-se tabelas com as frequências das variáveis utilizadas para medir a influência sobre a eficiência técnica das produções de soja e milho, bem como as estatísticas descritivas das variáveis da função de produção.

Tabela 1 – Variáveis utilizadas

Variável	Unidade
Produção de soja/milho	Kg
Área cultivada com soja/milho	hectare
Valor total de tratores de pneus na propriedade	R\$ de 2007
Famíliares do proprietário que trabalham na UPA	unidades
Mão de obra permanente	unidades
Irrigação	dummy
Arrendamento	dummy
Práticas de conservação do solo	dummy
Nível de instrução	dummy
Sindicalizado	dummy
Outras rendas não agropecuárias	decimal
Assistência técnica	dummy
Crédito rural	dummy
Seguro rural	dummy
Sementes melhoradas	dummy
Manejo integrado de pragas	dummy
Plantio direto	dummy
Análise de solo	dummy
Colheita mecanizada	dummy
Colheita manual	dummy
Tipo de adubação	dummy

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08).

Visto que o Levantamento não dispõe da informação sobre a quantidade produzida para cada cultura, tal variável foi calculada a partir da multiplicação da produtividade média, informada pelos entrevistados, e área cultivada para cada cultura.

⁵ A cana de açúcar foi produzida em 31% das unidades de produção agropecuária no período 2007/2008, o que em termos de área correspondeu a aproximadamente 5,5 milhões de hectares. O relatório do LUPA ainda informou que, em comparação com o levantamento anterior, de 1995/96, o crescimento da área cultivada da cana de açúcar teve um aumento de 90%.

Além disso, o estoque de capital do produtor, representado pelo valor dos tratores de pneu na propriedade, foi calculado pela multiplicação da quantidade de pneus de tratores pela média dos valores de um trator novo entre os anos de 2007 e 2008⁶, obtida a partir de dados do Projeto FAPESP2012/51209-4⁷.

4. Resultados

A fim de estimar a eficiência técnica dos produtores paulistas de milho e soja, foram estimadas previamente regressões de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) para a função de produção nas especificações Cobb-Douglas e translog, considerando apenas os componentes da função de produção e um componente geral de erro aleatório.

A partir das estimativas de mínimos quadrados para o termo de erro, foram realizados testes estatísticos a fim de se verificar a presença de componentes não aleatórios no erro, admitidos como ineficiência técnica.

Verificada a existência de ineficiência técnica, foram estimadas as funções de produção incluindo variáveis de ineficiência, via um modelo de análise de fronteira estocástica.

Para realizar as estimativas das funções de produção e da eficiência técnica dos produtores, foi utilizado o *software* estatístico *Stata 14*, e comandos específicos disponíveis em Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015).

4.1. Estimativas da eficiência técnica para a cultura do milho

A verificação de assimetria no termo de erro das estimativas de Mínimos Quadrados Ordinários revelou valores negativos para as especificações Cobb-Douglas e translog, indicando resíduos assimetricamente distribuídos à esquerda, e contrariando a hipótese de normalidade do erro prevista na regressão de mínimos quadrados.

A fim de verificar a significância estatística do coeficiente de assimetria calculado, foi empregado o teste de normalidade proposto por D'Agostino, Belanger e D'Agostino Jr (1990) *apud* Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015). O resultado permitiu, no intervalo de 99% de significância, a não aceitação da hipótese nula de não haver assimetria nos resíduos da estimação por mínimos quadrados.

Um segundo teste aplicado aos erros da regressão de mínimos quadrados, conforme Coelli (1995) *apud* Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015), corroborou a validade do modelo de fronteira estocástica, visto que este apresentou valores (-106,40944 para função Cobb-Douglas e -105,43995 para a função translog) muito aquém do valor crítico (1,96), levando novamente à não aceitação da hipótese nula de não assimetria nos resíduos MQO. O teste da razão de verossimilhança, aplicado para comparar as duas especificações da função de produção, levou à não aceitação da hipótese nula de que não haja diferenças significativas entre os dois modelos, indicando o melhor ajuste aos dados da especificação translog.

A Tabela 2 apresenta os resultados do modelo de fronteira estocástica, considerando as duas especificações estimadas da função de produção.

Tabela 2 – Estimativas da função de produção e ineficiência técnica – milho

Variável	Coeficiente	
	Cobb-Douglas	Translog
<i>Fronteira de produção</i>		
constante	8,87568 *	8,87319 *
área da cultura	1,02551 *	1,03366 *
mão de obra familiar	0,01347 *	0,01629 *
mão de obra permanente	0,00079	0,01659 *
trator de pneus	-0,00031	-0,00862 **
área da cultura x área da cultura	-	-0,00521 *

⁶ Essa adaptação para o estoque de capital foi necessária, uma vez que o LUPA não divulgou informações sobre o valor do estoque de capital das unidades de produção agropecuária.

⁷ Contribuição da FAPESP ao desenvolvimento da Agricultura Paulista. Projeto FAPESP 2012/51209-4, Relatório Parcial, 2015.

mão de obra familiar x mão de obra familiar	-	-0,01152 ***
mão de obra permanente x mão de obra permanente	-	0,00491
trator de pneus x trator de pneus	-	0,00157 *
área da cultura x mão de obra familiar	-	0,00450 *
área da cultura x mão de obra permanente	-	0,00005
área da cultura x trator de pneus	-	-0,00044 *
mão de obra familiar x mão de obra permanente	-	-0,00690 ***
mão de obra familiar x trator de pneus	-	-0,00034
mão de obra permanente x trator de pneus	-	-0,00173 *

Termo de ineficiência

constante	-0,62793 *	-0,63161 *
assistência técnica		
pública	0,11927 *	0,12034 *
privada	-0,00012	0,00106
pública e privada	0,07488 *	0,07686 *
sementes melhoradas	-0,18833 *	-0,18715 *
seguro rural	0,02787	0,02494
crédito rural	0,08051 *	0,08037 *
irrigação	-0,02604	-0,03625
manejo integrado de pragas	-0,45077 *	-0,45518 *
sindicalizado	0,12275 *	0,12439 *
arrendamento	0,05226 **	0,04695 ***
conservação do solo	-0,15072 *	-0,14663 *
plantio direto	-0,17862 *	-0,18830 *
nível de instrução		
Primário completo	-0,10743 *	-0,10609 *
Primeiro grau completo	-0,14204 *	-0,14159 *
Segundo grau completo	-0,07511 *	-0,07534 *
Curso superior completo	-0,07388 *	-0,07617 *
análise de solo	0,10494 *	0,10663 *
participação agricultura na renda familiar	-0,00081 *	-0,00080 *
colheita mecanizada	-0,25303 *	-0,25134 *
colheita manual	0,50646 *	0,50343 *
adubação mineral	-0,03442 **	-0,03285 **
adubação orgânica	0,05714 *	0,05554 *
adubação verde	-0,15732 *	-0,15793 *

<i>erro aleatório</i>	-5,26891 *	-5,29706 *
-----------------------	------------	------------

<i>Total de observações</i>	46.728
-----------------------------	--------

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08).

Notas: Dados numéricos arredondados.

Estatisticamente significativo nos intervalos de confiança de * 99%, ** 95% e *** 90%.

Os testes aplicados com a soma dos coeficientes da função de produção levaram à não aceitação da hipótese nula, de retornos constantes à escala, para ambas as especificações da função de produção. Além

disso, a soma dos coeficientes foi de 1,0394541 e 1,042817 para a Cobb-Douglas e translog, respectivamente.

Os resultados indicaram, também, a área destinada à cultura e a utilização de mão de obra, familiar para a especificação Cobb-Douglas e não familiar para a translog, como as variáveis de maior impacto para aumentar a produção.

Analisando os elementos do termo de ineficiência técnica, observa-se que o componente que mais contribuiu para reduzir a ineficiência dos produtores paulistas de milho foi o manejo integrado de pragas (MIP), seguido da colheita mecanizada.

O MIP é um sistema de integração de várias técnicas de manejo em que o processo de tomada de decisão envolve o uso coordenado de múltiplas táticas, a fim de otimizar o controle de pragas de um modo sustentável e economicamente eficaz (BUENO *et al.*, 2012). Utilizado deste modo, o MIP garante ao produtor uma economia dos recursos produtivos, reduzindo o número de aplicações de inseticidas, a quantidade aplicada, e a demanda por mão de obra e equipamento.

O coeficiente associado à utilização de crédito rural não apresentou sinal esperado, apesar de estatisticamente significativo no intervalo de confiança de 99%. Este resultado, embora não seja esperado, é observado na literatura econômica, visto que Theriault e Serra (2014), utilizando o mesmo referencial metodológico, obtiveram resultados similares para esta variável.

O uso de sementes melhoradas destacou-se, também, como elemento redutor de ineficiência. Segundo Cruz e Pereira Filho (2009), as sementes melhoradas apresentam menor custo relativo e podem, com um manejo adequado, serem reutilizadas sem perda substancial de produtividade.

Ressalta-se que esta variável se refere, basicamente, a sementes melhoradas, mas não geneticamente modificadas, visto que a liberação para comercialização das sementes geneticamente melhoradas ocorreu apenas em agosto de 2007 tendo, portanto, pouca participação na produção do ano safra 2007-2008, ano em que o LUPA foi realizado.

O plantio direto, definido como “*o cultivo de sementes sobre resíduos de cobertura vegetal*” de modo “*(...) que a interferência da mecanização para revolver o solo seja mínima ao se plantar nova sementes ou mudas*” (ITAIPU BINACIONAL, 2015, p. 12) é importante para o cultivo de milho, pois os resultados do modelo indicaram que esta variável é contribuiu para a redução da ineficiência técnica.

Além disso, outra relevante contribuição do plantio direto foi a de viabilizar economicamente a cultura do milho segunda safra, visto que este surgiu como opção para o produtor no período entressafras, minimizando custos antes destinados à correção do solo no pousio. Neste panorama, o plantio direto contribuiu para a redução do uso de máquinas, mão de obra e combustível para preparação do solo na entressafra, além de diminuir o tempo da terra ociosa, reduzindo o custo de oportunidade do produtor.

Apesar da significativa contribuição à redução da ineficiência técnica dos produtores de milho, apenas 3,01% da amostra utilizada no presente estudo relatou utilizar manejo integrado de pragas, enquanto 9,13% afirmou fazer o plantio direto.

Os resultados para a variável nível de instrução do produtor foram significativos para todos os níveis de instrução, mas indicaram uma contribuição maior para o aumento da eficiência das classes “primeiro grau completo” (que corresponde ao atual ensino fundamental) e “primário completo”. Tal resultado não diminui a importância da qualificação do produtor, mas pode indicar que, para a cultura de milho no estado, a experiência prévia do produtor com a cultura tenha maior impacto para reduzir a ineficiência técnica.

O coeficiente relacionado à análise de solo não apresentou o sinal esperado, e foi estatisticamente significativo no intervalo de 99% de confiança. Resultado semelhante foi obtido por Rodrigues *et al.* (2016) utilizando a mesma base de dados, mas aplicada para a cultura de cana-de-açúcar.

Dentre os três tipos de adubação contempladas pelo LUPA, a adubação verde foi a que mostrou maior impacto sobre a redução da ineficiência, seguida da adubação mineral. A adubação orgânica, por sua vez, apareceu como elemento aumentador de ineficiência técnica.

O uso de assistência técnica rural (ATER) exclusivamente pública ou a utilização de assistência técnica pública e privada apresentaram-se como fatores aumentadores de ineficiência. Tal fato pode indicar uma oferta deficitária do serviço aos produtores, baixa qualidade do serviço prestado e/ou sub aproveitamento das orientações fornecidas pela ATER. Os impactos da ATER sobre a eficiência da

produção agrícola também podem ser encontrados nos trabalhos de Mariano (2004) e Essilfie, Asiamah e Nimoh (2011).

Agrupando as estimativas da eficiência técnica dos produtores em classes de eficiência, observou-se que a maior parcela dos produtores paulistas de milho encontra-se no intervalo entre 0,4001 a 0,800 tanto para a especificação Cobb-Douglas, como para a especificação translog. De modo geral, aproximadamente mais de 50% dos produtores paulistas de milho apresentaram eficiência técnica variando entre 0,4001 e 0,800, conforme os dados da Tabela 3.

Tabela 3 – Classes de eficiência - milho

Intervalo	Cobb-Douglas		Translog	
	Obs.	Freq.	Obs.	Freq.
0 - 0,200	2.563	5,48%	2.569	5,50%
0,2001 - 0,400	6.587	14,10%	6.691	14,32%
0,4001 - 0,600	11.419	24,44%	11.361	24,31%
0,6001 - 0,800	12.691	27,16%	13.291	28,44%
0,8001 - 1	13.468	28,82%	12.816	27,43%

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08).

Há de se considerar, entretanto, a relevante parcela de produtores com eficiência entre 0,2001 a 0,600 (em torno de 38%), fato que contribuiu para que a eficiência média dos produtores para o estado tenha sido moderada, de aproximadamente 0,616. Além disso, o valor mínimo observado foi de aproximadamente 0,111 para ambos os modelos, sinalizando que ganhos de eficiência ainda são possíveis.

Uma análise da distribuição espacial da eficiência técnica desses produtores (Figura 3) revelou uma desigual distribuição da eficiência dentro do estado, com alta eficiência nos municípios de Valinhos, Paraíso, Pinhalzinho, Nova Castilho, Holambra, São José do Rio Pardo, Morungaba e Itaberá. Já os municípios de Iporanga, Barra do Turvo, São Sebastião, Santo Antônio do Aracanguá, Caiuá, Rinópolis e Mineiros do Tietê apresentaram os menores níveis de eficiência técnica.

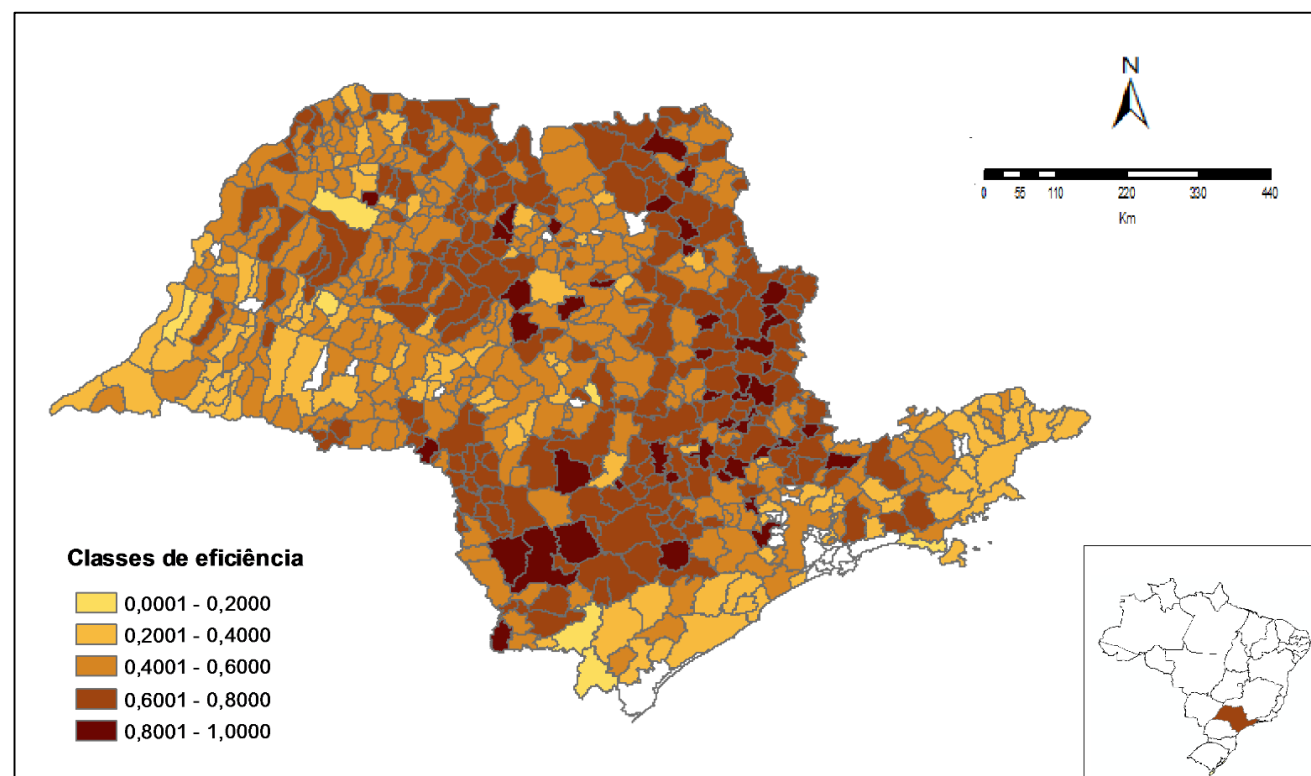


Figura 3 – Eficiência técnica média dos produtores de milho ao nível municipal e do estado de São Paulo
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08).

4.2 Estimativas da eficiência técnica para a cultura de soja

No caso da soja, após serem realizados os testes de verificação de assimetria nos termos de erros das estimativas de Mínimos Quadrados Ordinários, foi observada, no intervalo de 99% de significância estatística, a existência de componentes não aleatórios no erro. Além disso, o teste proposto por Coelli (1995) *apud* Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015) apresentou valores (-71,447207 para Cobb-Douglas e -72,100747 para a translog) além do que o valor crítico (1,96). O teste da razão de verossimilhança indicou o melhor ajuste da função translog.

Uma adaptação necessária no modelo para a cultura de soja foi a supressão da variável “participação da agricultura na renda familiar” no termo de ineficiência para a especificação translog da função de produção, pois a inclusão desta variável não permitia o modelo de máxima verossimilhança convergir para algum resultado.

Tabela 4 – Estimativas da função de produção e ineficiência técnica - soja

Variável	Coeficiente	
	Cobb-Douglas	Translog
<i>Fronteira de produção</i>		
constante	8,10090 *	8,14708 *
área da cultura	1,00274 *	0,96403 *
mão de obra familiar	0,00071	0,00487
mão de obra permanente	0,02078*	0,02142
trator de pneus	-0,00040	-0,00613
área da cultura x área da cultura	-	0,01332 *
mão de obra familiar x mão de obra familiar	-	0,03324 **
mão de obra permanente x mão de obra permanente	-	-0,00756
trator de pneus x trator de pneus	-	0,00083
área da cultura x mão de obra familiar	-	-0,00811 *
área da cultura x mão de obra permanente	-	-0,00078
área da cultura x trator de pneus	-	-0,00042
mão de obra familiar x mão de obra permanente	-	-0,00323
mão de obra familiar x trator de pneus	-	-0,00155 **
mão de obra permanente x trator de pneus	-	-0,00022
<i>Termo de ineficiência</i>		
constante	-2,32371 *	-2,14189 *
assistência técnica		
pública	-0,20568 *	-0,18988 *
privada	-0,12909 ***	-0,14049 **
pública e privada	0,08489	-0,07999
sementes melhoradas	-0,00251	0,00949
seguro rural	0,49238*	0,50739*
crédito rural	0,00944	0,02377
irrigação	-0,45634 *	-0,38362 *
manejo integrado de pragas	-0,18192 **	-0,19831 **
sindicalizado	-0,13925 *	-0,13640 *
arrendamento	-0,01973	-0,03276
conservação do solo	-0,12485	-0,15843
plantio direto	-0,15651 *	-0,16132 *
nível de instrução		
Primário completo	-0,16960 *	-0,16248 **

Primeiro grau completo	-0,15171 ***	-0,13768 ***
Segundo grau completo	0,03628	0,04297
Curso superior completo	-0,01983	-0,00963
análise de solo	-0,01195	-0,00122
participação agricultura na renda familiar	0,00207 *	-
colheita mecanizada	-0,19212	-0,21099
colheita manual	0,49599 *	0,47752 *
adubação mineral	0,28436 *	0,26882 *
adubação orgânica	0,12181 **	0,10050 ***
adubação verde	-0,15204 *	-0,14110 **
<i>erro aleatório</i>	-4,91369 *	-4,95452 *
<i>Total de observações</i>	6.992	

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08).

Notas: Dados numéricos arredondados.

Estatisticamente significativo nos intervalos de confiança de * 99%, ** 95% e *** 90%.

Diferentemente dos resultados estimados para a cultura de milho, o teste para verificação de retornos constantes à escala levou à não aceitação da hipótese nula (de presença de retornos constantes) apenas para a função de produção na especificação Cobb-Douglas.

Os resultados para os coeficientes da função de produção evidenciaram, a exemplo da cultura do milho, a importância da área da cultura, e o uso de mão de obra não familiar para a quantidade produzida.

Analisando os resultados para a ineficiência técnica, o componente que mais contribuiu para reduzi-la foi o uso de irrigação. Apesar disso, apenas 3,62% dos entrevistados informaram utilizar técnicas de irrigação da produção.

O uso de manejo integrado de pragas, plantio direto e colheita mecanizada apresentaram sinais esperados, embora o coeficiente para colheita mecanizada não tenha sido estatisticamente significativo.

Diferentemente dos resultados para a cultura de milho, os coeficientes associados ao uso de assistência técnica rural, especialmente ATER pública e privada, se mostraram como aumentadores de eficiência. Ademais, o uso de ATER exclusivamente pública apresentou o resultado mais significativo para redução da ineficiência, e a utilização de ATERs pública e privada não apresentou coeficiente estatisticamente significativo.

O coeficiente associado à utilização do seguro rural apresentou sinal diferente do esperado. Tal fato, somado à baixa frequência de utilização entre os produtores (aproximadamente 21%), pode indicar um efeito de seleção adversa dos segurados. Paredes (2016) fez uma análise de impacto do Proagro Mais⁸; para isso, o autor implementou um *Propensity Score Matching*, cujo resultado mostrou que após um período de perda de rendimento, o grupo de controle apresentou um valor médio mais elevado de crédito por hectare do que os beneficiários do programa, de modo que os contratantes desta modalidade de seguro não apresentariam melhores condições de tomada de crédito de custeio agrícola. Portanto, baseado nas conclusões de Paredes (2016) para os contratantes do Proagro Mais, é possível supor que as modalidades de seguro não apresentem funcionalidade prática para contratantes, ao menos para os mais eficientes.

Conforme apontaram Guimarães e Nogueira (2009), um dos principais problemas do mercado de seguro agrícola é a possibilidade de assimetria de informação, favorecendo a seleção adversa e risco moral, o que faz com que este mercado dependa fortemente de subsídio governamental. Ozaki (2013) avaliou que o insuficiente nível de subvenção governamental, e o contingenciamentos recentes no Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural, têm gerado incertezas e expectativas negativas ao mercado de seguro rural, impedindo seu pleno desenvolvimento no Brasil.

⁸ Modalidade de seguro voltada para a agricultura familiar, instituído pela resolução N° 3.234 de 31 de agosto de 2004 (Paredes, 2016, p. 23).

Embora as três modalidades de adubação tenham apresentado coeficientes estatisticamente significativos, apenas a adubação verde mostrou-se como elemento capaz de reduzir a ineficiência dos produtores.

A variável nível de instrução indicou que graus mais baixos de qualificação, especialmente o primário completo e primeiro grau completo, contribuíram de forma mais significativa para reduzir a ineficiência dos produtores de soja. Como no caso do milho, os resultados podem indicar que possivelmente a experiência do produtor seja mais relevante do que sua qualificação para reduzir sua ineficiência.

A Tabela 5 apresenta a quantidade e frequência de produtores em cada classe de eficiência técnica para a cultura de soja no estado de São Paulo. É possível observar que os sojicultores paulistas são altamente eficientes, visto que o intervalo de eficiência com maior frequência foi entre 0,8001 e 1. Além disso, a média e o valor mínimo para a eficiência técnica na especificação Cobb-Douglas foram de 0,81382 e 0,21477, respectivamente, e para a translog 0,81474 e 0,22264, respectivamente.

Tabela 5 – Classes de eficiência - soja

Intervalo	Cobb-Douglas		Translog	
	Obs.	Freq.	Obs.	Freq.
0 - 0,200	0	0,00%	0	0,00%
0,2001 - 0,400	127	1,82%	122	1,74%
0,4001 - 0,600	192	2,75%	206	2,95%
0,6001 - 0,800	2.203	31,51%	2.234	31,95%
0,8001 - 1	4.470	63,93%	4.430	63,36%

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08).

A eficiência técnica média, ao nível municipal, está na Figura 4. Observa-se que o cultivo do grão, diferentemente do milho, está concentrado em algumas regiões do estado. Além disso, a distribuição de eficiência por município é mais homogênea do que o observado para a cultura de milho, com os municípios de Santo Anastácio, Laranjal Paulista, Bariri, Itaoca, Tambaú e Santa Cruz das Palmeiras concentrando os maiores índices de eficiência, e os municípios de Jaú, Tatuí, Piedade, Rinópolis, Arandu e Salto de Pirapora apresentando os menores valores.

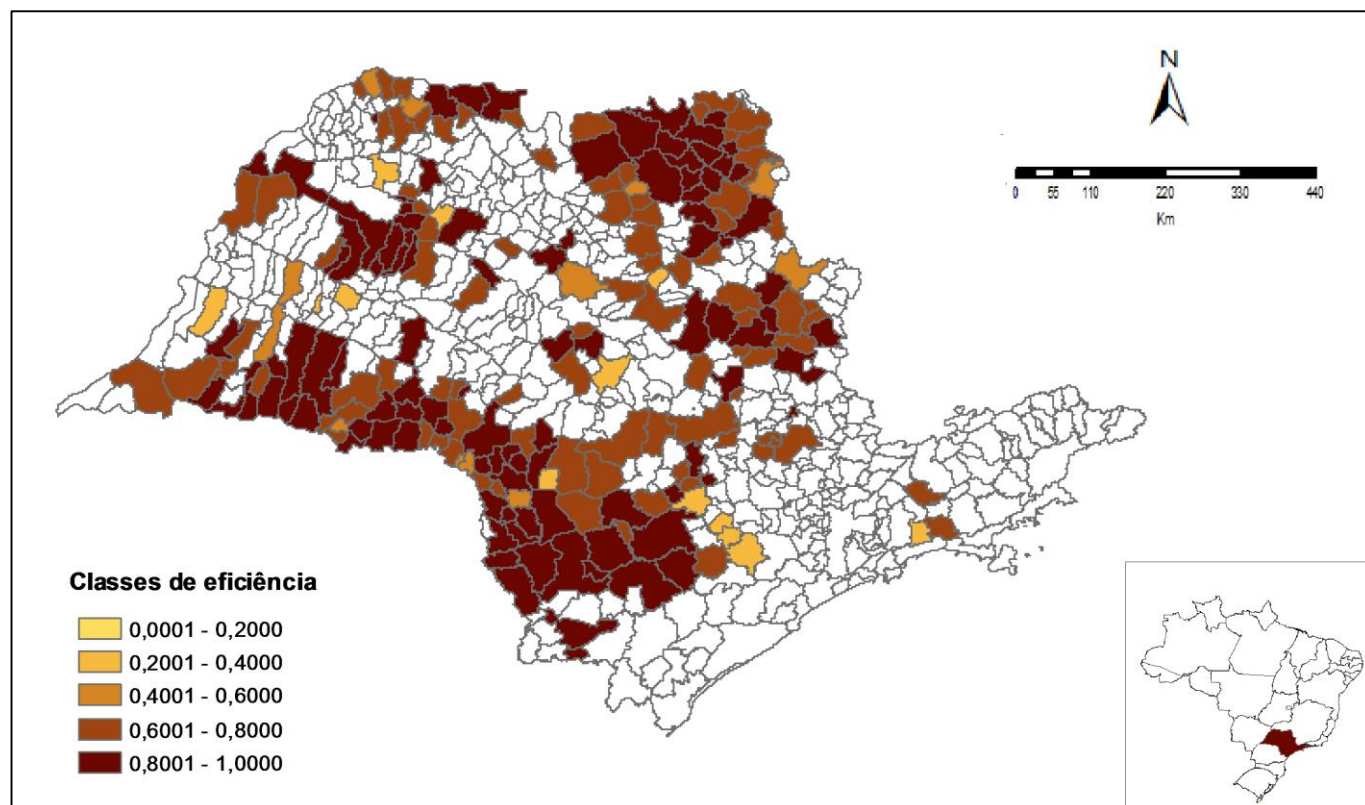


Figura 4 – Eficiência técnica média dos produtores de soja ao nível municipal e do estado de São Paulo
 Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08).

5. Conclusões

O presente artigo analisou o impacto de variáveis institucionais e agronômicas sobre a eficiência técnica dos produtores paulistas de milho e soja, para o ano safra 2007-2008, a partir de dados do Projeto LUPA.

Foi observado que o valor médio da eficiência técnica dos produtores paulistas de soja foi significativamente superior à média dos produtores de milho, indicando um melhor uso dos recursos produtivos pelos sojicultores.

Tal fato pode ser explicado pela menor utilização de práticas modernas de plantio e manejo pelos produtores de milho, indicando que o cultivo de milho em 2007-2008 era realizado de modo mais tradicional no estado de São Paulo, relativamente à cultura de soja.

O uso de Assistência Técnica pública apresentou sinais distintos para cada cultura, podendo indicar um sub aproveitamento dos serviços pelos produtores paulistas de milho. Entretanto, deve-se ressaltar a importância deste serviço para o desenvolvimento da agricultura paulista. Conforme Araújo *et al.* (2002), as Instituições Públicas de ensino, pesquisa e assistência técnica desempenharam papel fundamental na disseminação de conhecimento e tecnologia para a agricultura paulista, contribuindo significativamente para seu desenvolvimento.

Os resultados para o grau de instrução indicaram que os níveis menores de escolaridade afetam mais a eficiência técnica. Entretanto, uma análise mais completa, considerando também a experiência do produtor com o cultivo, embora esta informação não conste na base de dados, poderia indicar que para os produtores paulistas de ambas as culturas o tempo de experiência seja mais relevante.

O uso de sementes melhoradas também apresentou sinais diferentes para cada cultura. Uma possibilidade de estudos futuros, com as próximas edições do Levantamento seria avaliar de maneira mais detalhada o impacto efetivo de sementes melhoradas, especialmente as geneticamente melhoradas, para a eficiência dos produtores.

Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, P. F. C. et al. O Crescimento da Agricultura Paulista e as Instituições de Ensino, Pesquisa e Extensão numa Perspectiva de Longo Prazo. 1. ed. São Paulo: FAPESP, 2002. v. 1. 176p.
- BRAVO-URETA, B.; EVENSON, R. E. Efficiency in agricultural production: the case of peasant farmers in eastern Paraguay. *Agricultural Economics* 10(1994), 27-37.
- BRAVO-URETA, B.; ALMEIDA, A.N.; SOLÍS, D.; INESTROZA, A. The economic impact of Marena's investments on sustainable agricultural systems in Honduras. *Journal of Agricultural Economics*, v.62, p.429-448, 2011.
- BUENO et al. Histórico e Evolução do Manejo Integrado de Pragas no Brasil. In HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012, 859 p.
- CAMPOS, S.A.C.; COELHO, A.B.; GOMES, A.P. Influência das condições ambientais e ação antrópica sobre a eficiência produtiva agropecuária em Minas Gerais. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.50, pp.563-576, 2012.
- CARVALHO, A.X.Y.; LAURETO, C.R.; PENA, M.G. Crescimento da produtividade agrícola nas microrregiões brasileiras. IPEA, Texto para Discussão 2099, Rio de Janeiro, Junho de 2015, 68p.
- COELI, T. J. et al. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. 2.ed. Springer, 2005. 349 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. v. 9 Safra 2015/2016 - Nono levantamento. Brasília, p. 1-174, junho 2016.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries históricas**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?t=&a=1252&filtrar=1&f=1&p=115&e=0&d=0&m=0&s=0&ac=0&tps=0&lvs=0&l=0&ed=0&i=>>>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2016.
- CONCEIÇÃO, J. C.; CONCEIÇÃO, P. H. Z. **Agricultura: Evolução e importância para a balança comercial brasileira**. Texto para discussão 1944. IPEA, 2014.
- CONTINI, E.; GASQUES, J.G.; ALVES, E.; BASTOS, E.T. Dinamismo da agricultura brasileira. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, v. 19, Edição especial de aniversário do MAPA – 150 anos, p. 42-64, Jul. 2010.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Cultivares**. In: CRUZ, J. C. Sistemas de produção: cultivo do milho. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/cultivares.htm>. Acesso em: 25 de junho de 2016.
- ESSELFIE, F. L.; ASIAMAH, M. T.; NIMOH, F. **Estimation of farm level technical efficiency in small scale maize production in the Mfantseman Municipality in the Central Region of Ghana: A stochastic frontier approach**. *Journal of Development and Agricultural Economics*, v. 3, n. 14, p. 645-654, 2011.
- FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DE SÃO PAULO – FAESP. **Produtos: Soja**. Disponível em: <<http://www.faespsenar.com.br/faesp/pagina/exibe/faesp/produtos/soja/596>>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2016.
- GASQUES, J. C.; BACCHI, M.R.P.; RODRIGUES, L.; BASTOS, E.T.; VALDES, C. Produtividade da Agricultura Brasileira, a Hipótese da Desaceleração. Seminário: Agricultura e Crescimento. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Brasília, 3 de dezembro de 2015.
- GUESMI, B.; SERRA, T. FEATHESTONE, A. Technical efficiency of Kansas arable crop farms: a local maximum likelihood approach. *Agricultural Economics*, 46(2015), 1-11.
- GUESMI, B.; SERRA, T. Can we improve farm performance? The determinants of farm technical and environmental efficiency. *Applied Economic Perspectives and Policy* (2015), volume 37, number 4, pp.692-717.
- GUIMARÃES, M. F.; NOGUEIRA, J. M. A experiência norte-americana com o seguro agrícola: lições ao Brasil?. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 27-58, março 2009.
- HELFAND, S. M.; MAGALHÃES, M. M.; RADA, N. E. Brazil's agricultural total factor productivity growth by farm size. IDB Working Paper Series No 609, September 2015.
- HELFAND, S. M.; LEVINE, E. S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. *Agricultural Economics*, 31(2004), 241-249.

- HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Soja, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Documentos 349, Londrina, Junho de 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sistema de Recuperação Automática (SIDRA). **Pesquisa Pecuária Municipal, 1990-2014**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 30 abril 2016.
- ITAIPU BINACIONAL. **Plantio direto: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira**. Foz de Iguaçu: Parque Itaipu, 2015, 144 p.
- KUMBHAKAR, S. C.; WANG, H.; HORNCastle, A. P. **A Practitioner's Guide to Stochastic Frontier Analysis Using Stata**. New York: Cambridge University Press, 2015, 476 p.
- MARIANO, J. L. **A Eficiência Técnica dos Produtores Familiares no Projeto de Irrigação do Baixo Açu/RN**. In: XLII CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 2004, Cuiabá - MT. Dinâmicas Setoriais e Desenvolvimento Regional, 2004.
- OZAKI, V. A. Qual o custo governamental do seguro agrícola?. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 51, n. 1, p. 123-136, março 2013.
- PAREDES, C.A.O. Avaliação de impacto do Proagro Mais: um estudo de caso. 2016. 172 p. Tese (Doutorado em Ciências, Área de Concentração: Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.
- RIVERA, E. B. B. R.; COSTANTIN, P. D.; Produtividade Total Dos Fatores Nas Principais Lavouras De Grãos Brasileiras: Análise De Fronteira Estocástica E Índice De Malmquist. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 35, 2007, Recife. **Artigos...** Recife: Anpec, 2007. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/encontro2007/artigos/A07A121.pdf>>. Acesso em: março de 2016.
- RODRIGUES, M. A. et al. Eficiência técnica na produção de cana-de-açúcar no et al de São Paulo. In: ARAÚJO, P. F. C. et al. **Contribuição da FAPESP ao Desenvolvimento da Agricultura do estado de São Paulo**. Piracicaba: FAPESP, 2015, chap. 4, p. 1-19.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008**. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: janeiro de 2016.
- THERIAULT, V.; SERRA, R. **Institutional Environment and Technical Efficiency: A Stochastic Frontier Analysis of Cotton Producers in West Africa**. *Journal of Agricultural Economics*, v. 65, n. 2, p. 383-405, 2014.

ANEXO

Tabela A1. Estatística descritiva das variáveis da função de produção de milho

Variável	Média	Desvio-padrão
Produtividade (kg/ha)	4.606,93	1.810,20
Produção (kg)	64.703,99	239.410,30
Mão de obra familiar (Qtd)	2,07	1,80
Mão de obra permanente (Qtd)	3,36	10,45
Área cultivada (ha)	12,26	42,02
Trator de pneus (R\$ de 2007)	86.291,81	192.867,70

Fonte: Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (Projeto LUPA) e elaboração dos autores

Tabela A2. Estatística descritiva das variáveis da função de produção de soja

Variável	Média	Desvio-padrão
Produtividade (kg/ha)	2.724,37	495,36
Produção (kg)	145.443,00	281.369,70
Mão de obra familiar (Qtd)	1,84	1,26

Mão de obra permanente (Qtd)	5,09	31,19
Área cultivada (ha)	52,06	96,66
Trator de pneus (R\$ de 2007)	140.364,10	339.064,60

Fonte: Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (Projeto LUPA) e elaboração dos autores

Tabela A3. Frequência das variáveis associadas à eficiência técnica da produção de milho

Variável	Frequência (Em %)	Número absoluto
<i>ATER</i>		
Não faz uso	34,09%	15.929
Apenas ATER pública	36,92%	17.253
Apenas ATER privada	12,13%	5.669
ATER pública e privada	16,86%	7.877
<i>Sementes melhoradas</i>		
Não utiliza	35,76%	16.709
Utiliza	64,24%	30.019
<i>Seguro rural</i>		
Não utiliza	95,57%	44.657
Utiliza	4,43%	2.071
<i>Crédito rural</i>		
Não utiliza	80,26%	37.503
Utiliza	19,74%	9.225
<i>Associação a sindicatos</i>		
Não é associado	73,56%	34.372
É associado	26,44%	12.356
<i>Irrigação</i>		
Não utiliza	97,06%	45.352
Utiliza	2,94%	1.376
<i>Arrendamento</i>		
Não faz uso	92,66%	43.296
Faz uso	7,34%	3.432
<i>Nível de instrução</i>		
Sem instrução, com instrução incompleta ou Pessoa Jurídica	14,04%	6.562
Primário completo	47,24%	22.072
1º grau completo	11,88%	5.549
2º grau completo	11,93%	5.573
Ensino superior completo	14,92%	6.972
<i>Conservação de solo</i>		
Não pratica	41,25%	19.276
Pratica	58,75%	27.452
<i>Plantio direto</i>		
Não faz uso	90,87%	42.461
Faz uso	9,13%	4.267
<i>Análise de solo</i>		
Não faz uso	65,37%	30.544
Faz uso	34,63%	16.184

Manejo integrado de pragas		
Não faz uso	96,99%	45.320
Faz uso	3,01%	1.408
Colheita manual		
Não faz uso	32,49%	15.182
Faz uso	67,51%	31.546
Colheita mecânica		
Não faz uso	61,11%	28.557
Faz uso	38,89%	18.171
Adubação mineral		
Não faz uso	32,68%	15.272
Faz uso	67,32%	31.456
Adubação orgânica		
Não faz uso	64,01%	29.910
Faz uso	35,99%	16.818
Adubação verde		
Não faz uso	91,16%	42.599
Faz uso	8,84%	4.129

Fonte: Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (Projeto LUPA) e elaboração dos autores

Tabela A4. Frequência das variáveis associadas à eficiência técnica da produção de soja

Variável	Frequência (Em %)	Número absoluto
ATER		
Não faz uso	16,39%	1.146
Apenas ATER pública	28,00%	1.958
Apenas ATER privada	13,09%	915
ATER pública e privada	42,52%	2.973
Sementes melhoradas		
Não utiliza	14,19%	992
Utiliza	85,81%	6.000
Seguro rural		
Não utiliza	79,39%	5.551
Utiliza	20,61%	1.441
Crédito rural		
Não utiliza	55,99%	3.915
Utiliza	44,01%	3.077
Associação a sindicatos		
Não é associado	60,04%	4.198
É associado	39,96%	2.794
Irrigação		
Não utiliza	96,38%	6.739
Utiliza	3,62%	253
Arrendamento		
Não faz uso	72,11%	5.042
Faz uso	27,89%	1.950
Nível de instrução		

Sem instrução, com instrução incompleta ou Pessoa Jurídica	9,10%	636
Primário completo	46,30%	3.237
1º grau completo	12,90%	902
2º grau completo	14,17%	991
Ensino superior completo	17,53%	1.226
<i>Conservação de solo</i>		
Não pratica	4,15%	290
Pratica	95,85%	6.702
<i>Plantio direto</i>		
Não faz uso	36,61%	2.560
Faz uso	63,39%	4.432
<i>Análise de solo</i>		
Não faz uso	23,84%	1.667
Faz uso	76,16%	5.325
<i>Manejo integrado de pragas</i>		
Não faz uso	93,38%	6.529
Faz uso	6,62%	463
<i>Colheita manual</i>		
Não faz uso	93,41%	6.531
Faz uso	6,59%	461
<i>Colheita mecânica</i>		
Não faz uso	4,86%	340
Faz uso	95,14%	6.652
<i>Adubação mineral</i>		
Não faz uso	11,64%	814
Faz uso	88,36%	6.178
<i>Adubação orgânica</i>		
Não faz uso	82,27%	5.752
Faz uso	17,73%	1.240
<i>Adubação verde</i>		
Não faz uso	87,23%	6.099
Faz uso	12,77%	893

Fonte: Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (Projeto LUPA) e elaboração dos autores