

EFICIÊNCIA TÉCNICA DA PRODUÇÃO DE SOJA NAS UNIDADES PRODUTIVAS DE SÃO PAULO, ANO-SAFRA 2007/08¹

Pedro Soares²

Humberto Francisco Silva Spolador³

1 - INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da soja está entre os segmentos econômicos de maior relevância para o agronegócio brasileiro, com uma produção de aproximadamente 114 milhões de toneladas na safra 2016/17 (CONAB, 2017), fato que faz do Brasil o segundo maior produtor mundial desta *commodity*, atrás apenas dos Estados Unidos (USDA, 2017).

Segundo Hirakuri e Lazarotto (2014), a produção de soja está entre as atividades que apresentaram elevadas taxas de crescimento nos últimos anos, resultado 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 para o atendimento da demanda relacionada a produtos de origem animal.

A produção desse grão concentra-se principalmente na região Centro-Sul, especialmente nos Estados de Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás, responsáveis por cerca de 70% da produção nacional do grão na safra 2016/17 (CONAB, 2017).

Segundo dados do último Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agrícola do Estado de São Paulo (LUPA, 2007/2008), na safra 2007/08, a soja era produzida em 7.816 estabelecimentos rurais paulistas, ou 2,41% do total⁴, ocupando cerca de 396.426,8 hectares concentrados, principalmente, nas Regiões Agrícolas de Itapeva, Assis e Orlândia.

Apesar da baixa representatividade na produção nacional de soja⁵, a produção paulista tem apresentado nos últimos anos uma produtividade média próxima àquela verificada nos maiores Estados produtores, como Mato Grosso e Paraná, e acima da produtividade observada nos Estados do Rio Grande do Sul e Goiás (Figura 1).

Entretanto, como destacou a Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de São Paulo (FAPESP), questões como clima, elevado valor da terra e ganhos de escala impedem que a rentabilidade da soja em São Paulo seja próxima a das lavouras da região Centro-Oeste (FAESP, 2016).

Nesse sentido, estudos empíricos que identifiquem os principais entraves para os ganhos de eficiência técnica e produtividade na agricultura ainda se fazem necessários, a fim de produzir informações que orientem o processo de tomada de decisões por parte dos produtores, políticas públicas implementadas pelo governo do estado direcionadas ao setor, e demais ações de agentes econômicos ligados ao setor, de modo a permitir o crescimento sustentado de longo prazo da produção.

O objetivo deste trabalho é analisar os principais determinantes da eficiência técnica da produção de soja no Estado de São Paulo, a partir da aplicação da metodologia de fronteira estocástica e da utilização dos microdados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agrícola do Estado de São Paulo, referente ao ano-safra 2007/08 (o mais recente publicado) (LUPA, 2007/2008).

¹Registrado no CCTC, IE-18/2017.

²Economista, Mestre, Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP) (e-mail: pedro.soares@usp.br).

³Economista, Doutor, Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP) (e-mail: hspolador@usp.br).

⁴A cana-de-açúcar foi produzida em 31% das unidades de produção agropecuária no período 2007/08, o que em termos de área correspondeu a aproximadamente 5,5 milhões de hectares. No relatório do LUPA 2007/2008 consta ainda que, em comparação com o levantamento anterior, de 1995/96 (PINO et al., 1997), o crescimento da área cultivada da cana-de-açúcar teve aumento de 90%.

⁵Segundo dados da CONAB (2016) a produção de soja no Estado de São Paulo representava cerca de 3% da produção nacional no ano safra 2015/16.

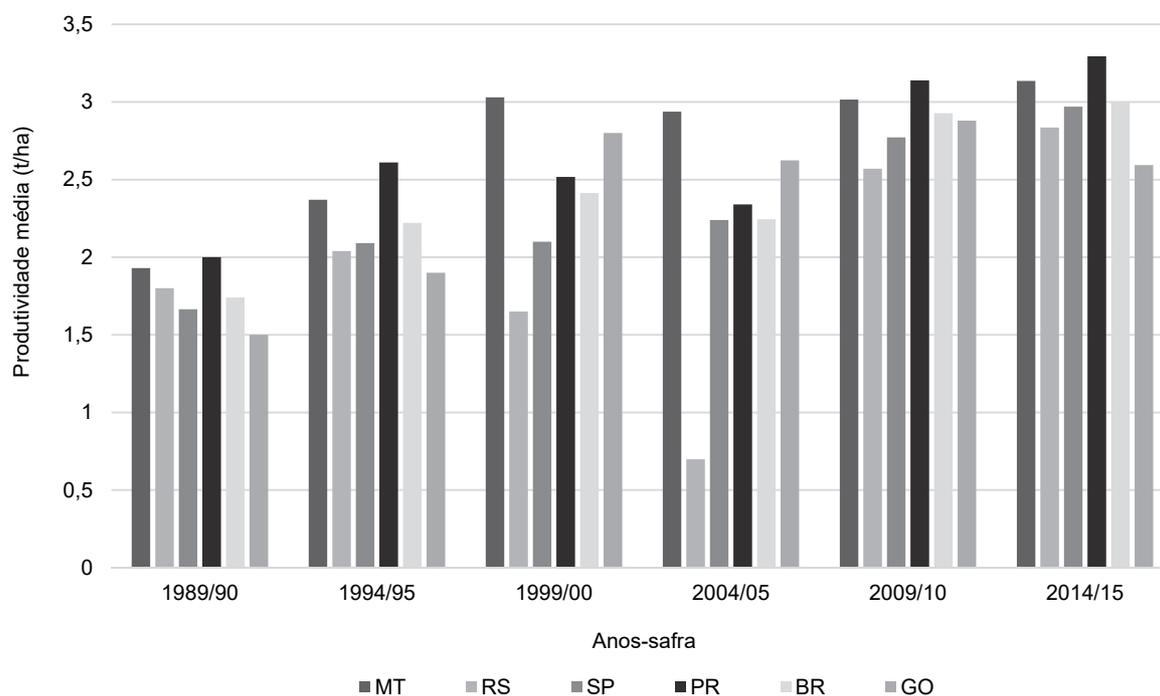


Figura 1 - Produtividade Média dos Estados Seleccionados e do Brasil para a Cultura da Soja, Anos-safra 1989/90 a 2014/15. Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados da CONAB (2016).

Este trabalho faz uma breve revisão de literatura na seção 2. A seção 3 apresenta o referencial metodológico e as informações sobre a base de dados utilizada. Na quarta seção são apresentados os principais resultados e discussões. Por fim, a seção 5 contém as considerações finais dos autores.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

Uma análise da eficiência técnica da agricultura brasileira pode ser encontrada em Helfand e Levine (2004). Aplicando a metodologia de análise envoltória de dados, com informações do Censo Agropecuário de 1995/96, os autores estudaram os determinantes da eficiência técnica e a relação entre tamanho das unidades produtivas e eficiência no Centro-Oeste brasileiro. De acordo com Helfand e Levine (2004), os principais componentes associados a diferenças de eficiência nas propriedades rurais foram: tipo de posse de terra, acesso à infraestrutura e eletricidade e acesso ao mercado de irrigação e fertilizantes.

Rivera e Constantin (2007) implementaram modelos empíricos para estimar a eficiência técnica e estudar os principais componentes que impulsionaram alterações na produtividade total

dos fatores das lavouras brasileiras de arroz, feijão, milho, soja e trigo, entre os anos de 2001 a 2006. Os resultados não mostraram ganhos de eficiência no período analisado e indicaram a terra e o crédito agrícola como elementos aumentadores de eficiência.

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 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 cultura de soja, Contini et al. (2010) mostraram que a soja teve, entre 1975 e 2010, uma expansão anual de 3,58% da área cultivada, 5,55% da produção e 1,90% da produtividade.

Imori, Guilhoto e Postali (2012) investigaram a eficiência técnica dos estabelecimentos rurais familiares e patronais a partir de informações do Censo Agropecuário 2007/08. Os autores observaram que os estabelecimentos familiares apresentaram menor desempenho em relação à agricultura patronal. Analisando a eficiência regionalmente, os autores verificaram que a região Sul do país apresentou a maior média para a agricultura patronal e, juntamente com a região Centro-Oeste do país, as maiores eficiências médias para a agricultura familiar. Ainda segundo esses autores, os principais elementos que contribuíram para ganhos de eficiência foram a educação formal e o acesso ao crédito.

Este artigo pretende contribuir com a literatura sobre economia agrícola no âmbito regional, apresentando um estudo sobre os determinantes de eficiência técnica da produção de soja no Estado de São Paulo que, embora não fosse a principal lavoura do estado, era produzida no ano-safra 2007/08 em 7.816 estabelecimentos rurais, que demandavam, entre outros, serviços específicos de assistência técnica, crédito e demais instrumentos de política pública, e cuja realidade não foi estudada de modo isolado por outros autores.

3 - METODOLOGIA

A análise dos determinantes da eficiência técnica dos sojicultores paulistas foi realizada por meio da aplicação da metodologia inicialmente desenvolvida por Aigner, Lovell e Schmidt (1977) conhecida como Análise de Fronteira Estocástica.

Segundo Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015), a existência de condições adversas ao processo produtivo, como ambiente institucional desfavorável, baixo nível de capacitação dos produtores e trabalhadores, entre outras, impedem os produtores de atingirem os valores ótimos de produção.

Ainda segundo os autores, a eficiência técnica de cada unidade produtiva pode ser mensurada a partir da estimação da fronteira de produção, que fornece os valores ótimos da produção, de acordo com os conjuntos dos insumos, e da análise do *gap* entre a produção observada e a máxima possível.

A formulação geral do modelo de fronteira estocástica, conforme apresentado por Theriault e Serra (2014), é representada por:

$$Y_i = f(x_i; \beta) + v_i - u_i \quad (1)$$

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, v_i é o componente 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 .

Reescrevendo o termo de ineficiência técnica, conforme Theriault e Serra (2014), define-se:

$$u_i = z_i \delta + w_i \quad (2)$$

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.

Sendo a metodologia de Fronteira Estocástica uma abordagem paramétrica, foram adotadas neste estudo funções de produção na especificação *Cobb-Douglas* log-linear (eq. 3) e translog (eq. 4):

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j \ln x_{ji} - \sum_{j=1}^n \delta_j z_{ji} - w_i + v_i \quad (3)$$

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j \ln x_{ji} + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^m \beta_{jl} \ln x_{ji} \ln x_{li} - \sum_{j=1}^n \delta_j z_{ji} - w_i + v_i \quad (4)$$

Foram incluídas, também, três variáveis binárias na função de produção, refletindo o primeiro, segundo e terceiro quartis dos tamanhos amostrais das propriedades, a fim de captar características próprias de cada grupo de área.

3.1 - Base de Dados

O Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária, realizado pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo durante o ano-safra 2007/08 (LUPA, 2007/2008), fornece informações desagregadas sobre a produção e as características dos estabelecimentos agropecuários e produtores rurais paulistas. Além disso, permite o detalhamento do emprego no meio rural, dos investimentos em máquinas e equipamentos, entre outras questões.

A variável para aptidão do solo, clima e relevo, obtida de Sparovek et al. (2014), reflete as condições edafoclimáticas e de relevo para o cultivo sem irrigação de culturas anuais e perenes a que os produtores estão expostos, permitindo classificar cada município paulista em uma das três categorias de aptidão: baixa, média e alta.

A tabela 1 apresenta a relação das variáveis utilizadas neste estudo e suas respectivas unidades. Nos anexos 1 a 7 encontram-se as tabelas com as frequências das variáveis utilizadas para medir a influência sobre a eficiência técnica da produção de soja, bem como as estatísticas

descritivas das variáveis da função de produção.

A fim de melhorar a consistência das estimativas, foram excluídas da base de dados observações com valores atípicos para a produtividade média⁶, com produção orientada à produção de sementes, com mão de obra total nula, além das observações em que a área explorada com a cultura superava a área total do estabelecimento, ocasionando uma perda de 1.217 estabelecimentos rurais (aproximadamente 16% do total de sojicultores) e 8% da produção total.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Kumbhakar, Wang e Homcastle (2015), foram estimadas previamente regressões de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), considerando apenas os componentes da função de produção e um componente geral de erro aleatório. A partir dessas estimativas para o termo de erro, foram realizados testes estatísticos de normalidade e assimetria, a fim de se verificar a presença de componentes não aleatórios no erro, admitidos como ineficiência técnica. Os re-

TABELA 1 - Variáveis Utilizadas para a Produção de Soja, Estado de São Paulo, Ano-Safra 2007/08

Descrição da variável	Unidade
Produção ¹	kg
Área cultivada	ha
Estoque de capital do produtor ²	R\$
Mão de obra familiar	Unidade
Mão de obra permanente	Unidade
Uso de assistência técnica	Dummy
Aptidão do solo, clima e relevo	Dummy
Utilização de crédito rural	Dummy
Adoção de manejo integrado de pragas	Dummy
Conservação de solo	Dummy
Associação a cooperativas	Dummy
Uso de adubação verde	Dummy
Sementes melhoradas	Dummy
Plantio direto	Dummy
Nível de instrução	Dummy

¹A produção de soja foi calculada a partir das informações disponíveis no LUPA sobre produtividade média e área explorada para a cultura.

²O estoque de capital foi estimado a partir das quantidades de trator de pneus, colhedeira automotriz, colhedeira acoplada e semeadeira/plantadeira para o plantio direto disponíveis no LUPA e de seus respectivos preços médios, mensais pagos pela agricultura calculadas pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA, 2016) e do Projeto FAPESP nº 2012/51209-4 (NICOLELLA; LIMA; ARAÚJO, 2015).

Fonte: LUPA (2007/2008) e Sparovek et al. (2014).

⁶Os limites para a produtividade média foram obtidos do sistema interno de consistência do Projeto LUPA (2007/2008), variando entre 630 e 4.160 kg/ha.

sultados dos testes (Anexo 1) indicaram, no nível de confiança de 99%, erros assimetricamente distribuídos à esquerda para ambas as especificações da função de produção, indicando que o modelo de fronteira estocástica é o mais apropriado. Os resultados da estimação via fronteira estocástica são apresentadas na tabela 2.

Verifica-se nos testes, comparando-se as especificações da função de produção (Cobb-Douglas ou translog), que há um melhor ajuste dos dados à forma funcional translog (Anexo 1). O teste para verificação de retornos constantes à escala levou à não aceitação da hipótese nula (de retornos constantes) apenas para a função de produção na especificação Cobb-Douglas (Anexo 1).

Em valores médios, os produtores paulistas de soja considerados neste estudo produziram 144 toneladas de soja na safra 2007/08, utilizando 52 hectares, R\$223 mil em máquinas e equipamentos e três trabalhadores, em sua maioria trabalhadores não familiares (Anexo 2).

Os resultados para os coeficientes da função de produção na forma translog evidenciaram a importância da área cultivada para a quantidade produzida. Os coeficientes para mão de obra familiar permanente e estoque de capital não foram estatisticamente significativos aos níveis usuais de confiança. Ressalta-se que Rodrigues et al. (2015) utilizando a mesma base de dados não obtiveram significância estatística para as mesmas variáveis, o que pode indicar que, embora sejam as únicas *proxies* possíveis, essas variáveis não representam idealmente o trabalho e o estoque de capital efetivamente utilizados pelos produtores.

A partir das estimativas da eficiência técnica verifica-se, de modo geral, altos níveis de eficiência dos sojicultores paulistas, com a média calculada para o estado próxima a 0,813. Agrupando as estimativas em classes de eficiência, observou-se que a maior parcela dos produtores paulistas de soja encontra-se no intervalo entre 0,8 e 1 (Tabela 3).

Especialmente, verifica-se uma distribuição homogênea entre os níveis de eficiência dentro do estado. Os municípios de Santo Anastácio, Laranjal Paulista, Tambaú, Itaoca, Bariri e Santa Cruz das Palmeiras apresentaram os maiores índices de eficiência, enquanto os municípios de Jaú, Tatuí, Biritiba Mirim, Arandu, Inúbia Paulista e Salto de Pirapora apresentaram os menores valores (Figura 2).

Analisando os componentes do termo de

ineficiência, observa-se a elevada influência de níveis altos e médios da aptidão do solo, clima e relevo para sua redução, corroborando a hipótese de que condições biofísicas são relevantes para explicar o nível de eficiência técnica da cultura de soja no Estado de São Paulo. Observa-se, entretanto, que o maior valor de mercado de terras com melhor aptidão para o cultivo, conforme apresentado por Camargo (2016), poderia criar barreiras à entrada para pequenos produtores menos capitalizados.

O plantio direto sob a palha, sistema de manejo no qual a semeadura é realizada no solo não revolvido, mostrou o terceiro maior coeficiente redutor de ineficiência. Apesar da sua importância, cerca de 36% dos produtores de soja considerados neste estudo não empregavam esta prática na safra 2007/08 (Anexo 3).

A fim de melhor investigar o impacto da adoção do plantio direto na eficiência técnica dos produtores de soja, foi aplicado o teste t de *Student* para verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre a eficiência média dos produtores que utilizam e não utilizam essa prática agrícola. O resultado do teste (Anexo 4) confirmou a relevância do plantio direto, indicando, ao nível de confiança de 99%, que produtores que adotaram essa prática apresentaram eficiência técnica maior do que aqueles que não a utilizaram.

Os coeficientes associados ao uso de assistência técnica rural (ATER) exclusivamente pública ou privada indicaram uma contribuição dessas variáveis para os ganhos de eficiência. A modalidade mais frequente de ATER verificada entre os sojicultores foi o uso conjunto de assistência técnica pública e privada, utilizada por cerca de 43% dos produtores, seguida da assistência técnica exclusivamente pública (Anexo 3). Como analisaram Araújo et al. (2002), o serviço de assistência técnica rural pública, juntamente com as Instituições Públicas de ensino e pesquisa, contribuiu de modo significativo para o desenvolvimento da agricultura paulista nas últimas décadas, auxiliando na disseminação de conhecimento e tecnologia para o campo.

O manejo integrado de pragas (MIP) mostrou-se também como componente relevante para ganhos de eficiência na produção de soja, embora fosse utilizado por apenas 6% dos produtores entrevistados (Anexo 3). O teste de médias para essa variável (Anexo 5) indicou maiores eficiências médias no grupo que adota o MIP.

TABELA 2 - Estimativas da Função de Produção e Ineficiência Técnica¹

Variável	Coeficiente	
	Cobb-Douglas	Translog
Fronteira de produção		
Constante	8,211* (0,015)	8,266* (0,019)
Área	0,985* (0,003)	0,938* (0,008)
Trabalho familiar	-0,003 (0,004)	-0,009 (0,016)
Trabalho permanente	0,016* (0,004)	-0,005 (0,017)
Capital	-0,001* (0,0004)	-0,002 (0,004)
Área x área	-	0,015* (0,003)
Trabalho familiar x trabalho familiar	-	0,037** (0,016)
Trabalho permanente x trabalho permanente	-	-0,006 (0,005)
Capital x capital	-	-0,0002 (0,001)
Área x trabalho familiar	-	-0,006*** (0,004)
Área x trabalho permanente	-	0,004 (0,004)
Área x capital	-	0,001** (0,0004)
Trabalho familiar x trabalho permanente	-	-0,003 (0,007)
Trabalho familiar x capital	-	-0,002** (0,001)
Trabalho permanente x capital	-	0,001 (0,001)
<i>Dummy</i> tamanho 1	-0,078* (0,011)	-0,078* (0,011)
<i>Dummy</i> tamanho 2	-0,071* (0,008)	-0,049* (0,009)
<i>Dummy</i> tamanho 3	-0,036* (0,007)	-0,014** (0,007)
<i>u</i> sigma		
Constante	-0,275 (0,590)	-0,206 (0,590)
ATER pública	-0,252* (0,045)	-0,241* (0,045)
ATER privada	-0,184* (0,059)	-0,187* (0,059)
Média aptidão	-1,472* (0,598)	-1,511* (0,597)
Alta aptidão	-2,057* (0,593)	-2,123* (0,592)
MIP	-0,161** (0,080)	-0,167** (0,080)
Sementes melhoradas	-0,018 (0,059)	-0,024 (0,059)
Crédito rural	0,194* (0,042)	0,190* (0,042)
Plantio direto	-0,279* (0,044)	-0,272* (0,044)
Conservação do solo	0,196** (0,102)	0,178*** (0,101)
Cooperado	0,116* (0,042)	0,114* (0,042)
Adubação verde	-0,180* (0,059)	-0,173* (0,059)
Primário completo	-0,212* (0,069)	-0,212* (0,069)
Primeiro grau completo	-0,169** (0,082)	-0,166** (0,082)
Segundo grau completo	-0,019 (0,081)	-0,011 (0,081)
Curso superior completo	-0,086 (0,079)	-0,065 (0,079)
<i>v</i> sigma		
Constante	-4,952* (0,048)	-4,997* (0,048)
Total de observações	6.599	6.599
Log <i>likelihood</i>	1.722	1.778
Wald χ^2	397.217	361.629
Prob > χ^2	0,000	0,000

¹Dados numéricos arredondados; desvio-padrão entre parênteses. Estatisticamente significante nos intervalos de confiança de * 99%, ** 95% e *** 90%.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados do LUPA (2007/2008).

TABELA 3 - Classes de Eficiência

Intervalo	Número de estabelecimentos	% de total de estabelecimentos
(0,2 , 0,4]	113	1,71
(0,4 , 0,6]	200	3,03
(0,6 , 0,8]	2.144	32,49
(0,8 , 1]	4.142	62,77

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados do LUPA (2007/2008).

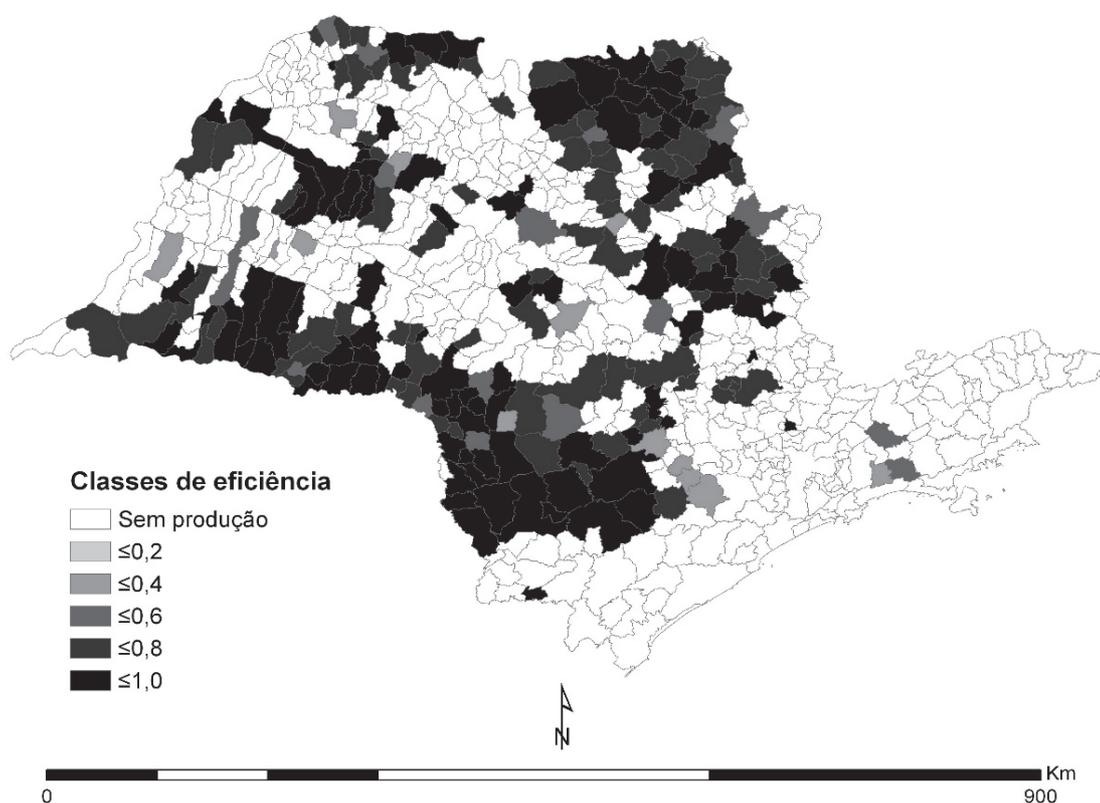


Figura 2 - Eficiência Técnica Média dos Produtores de Soja em Nível Municipal, Estado de São Paulo, 2007/08.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados do LUPA (2007/2008).

Bueno et al. (2011), comparando o impacto na produtividade da adoção do manejo integrado de pragas, controle biológico e uso profilático de inseticidas na cultura de soja, não observaram diferenças estatisticamente significativas entre os três tratamentos. Diante disso, e tendo em vista o menor número de aplicações de inseticidas proporcionada pelo MIP, os autores indicaram o manejo integrado como a melhor alternativa para controle de pragas na lavoura de soja.

Embora aproximadamente 45% dos so-

jicultores paulistas considerados neste estudo tenham relatado utilizar alguma linha de crédito rural, o coeficiente estimado para esta variável não apresentou sinal esperado, revelando-se aumentadora de ineficiência técnica. Resultados similares para esta variável (crédito) podem ser encontrados na literatura econômica, como em Theriault e Serra (2014), por exemplo.

Outro elemento que proporciona ganhos de eficiência é a adubação verde, que apresentou baixa adesão entre os produtores de soja, sendo

empregada por apenas 13,02% dos entrevistados (Anexo 3). Como Carlos, Costa e Costa (2006) relataram, os principais benefícios da adubação verde são: aumento da matéria orgânica do solo, melhor aproveitamento e eficiência de outros adubos e corretivos, diminuição da incidência de pragas, entre outros. Infere-se pelo teste de médias entre grupos que adotaram ou não essa técnica de manejo (Anexo 6) que, ao nível de confiança de 99%, os maiores níveis de eficiência estão no grupo que realiza adubação verde.

O uso de sementes melhoradas não apresentou coeficientes estatisticamente significativos para ambas as especificações da função de produção. Entretanto, no teste de médias para essa variável (Anexo 7) infere-se que os produtores que utilizaram sementes melhoradas eram menos eficientes do que aqueles que não as utilizaram. Uma possível explicação para este resultado pode estar associada ao uso de sementes geneticamente modificadas ainda não adaptadas ao solo e clima brasileiro⁷. Entretanto, como no LUPA não se diferencia sementes geneticamente modificadas das demais sementes melhoradas, essa hipótese não pôde ser analisada.

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. Ressalta-se, entretanto, que outras variáveis correlacionadas com o nível de instrução podem ter influenciado os coeficientes estimados. Uma dessas possíveis variáveis, a participação da renda agrícola na renda familiar apresentou maiores valores médios para os níveis mais baixos de instrução⁸, de modo que quanto maior a participação da renda agrícola na renda familiar (caso de produtores com menor escolaridade), maiores são os incentivos para aumentar a eficiência técnica da produção. Além disso, para os níveis mais baixos de instrução, a experiência do produtor na atividade pode mitigar a menor qualificação formal, contribuindo para reduzir os índices de ineficiência.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, a partir da metodologia de fronteira estocástica, estimou-se o nível de eficiência técnica, bem como seus determinantes, da produção paulista de soja, a partir de microdados do Projeto LUPA para o ano-safra 2007/08.

Foi observado um elevado valor médio da eficiência técnica da produção de soja em São Paulo, indicando um bom uso dos recursos produtivos pelos sojicultores. Além disso, constatou-se uma distribuição homogênea do nível de eficiência média no estado.

As principais variáveis que contribuíram para ganhos de eficiência foram as condições edafoclimáticas e de relevo, o uso de plantio direto, assistência técnica rural, manejo integrado de pragas e adubação verde. Tendo em vista o elevado número de produtores que utilizam o serviço de assistência técnica pública, uma possibilidade de ação para essas agências de ATER seria fomentar o uso de técnicas mais modernas de cultivo, especialmente o manejo integrado de pragas e adubação verde, variáveis com baixa utilização entre os produtores de soja no Estado de São Paulo.

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 soja o tempo de experiência seja mais relevante para explicar o nível de eficiência da produção.

Por fim, o uso de sementes melhoradas apresentou sinal diferente do esperado, atuando como elemento redutor de eficiência. Uma possibilidade de estudos futuros, com as próximas edições do LUPA, seria avaliar de maneira mais detalhada o impacto efetivo de sementes melhoradas, especialmente as geneticamente melhoradas, para os ganhos de eficiência dos produtores.

⁷A comercialização de sementes transgênicas de soja no Brasil foi liberada apenas em março de 2005 pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (SCHIOSCHET; PAULA, 2008).

⁸Os valores médios calculados para os níveis ensino primário, 1º grau completo, 2º grau completo e ensino superior foram, respectivamente, 80,86%, 79,11%, 75,09% e 63,20%.

LITERATURA CITADA

AIGNER, D.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics**, Netherlands, Vol. 6, Issue 1, pp. 21-37, 1977.

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. 176 p.

BUENO, A. T. et al. Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. **Crop Protection**, Vol. 30, Issue 7, pp. 937-945, 2011.

CAMARGO, F. P. Metodologia e resultados do levantamento do valor de terra nua – projeto piloto. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 11, n. 7, jul. 2016.

CARLOS, J. A. D.; COSTA, J. A.; COSTA, M. B. **Adubação verde: do conceito a prática**. Piracicaba: ESALQ, 2006. 32 p. (Série Produtor Rural, n. 30).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira grãos Safra 2016/2017, décimo segundo levantamento. **Conab**, Brasília, v. 4, n. 2, p. 1-154, set. 2017.

_____. **Séries históricas**. Brasília: CONAB, 2016. 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 fev. 2016.

CONTINI, E. et al. Dinamismo da agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, ano 19, p. 42-64, jul. 2010. (Edição especial de aniversário do MAPA, 150 anos).

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DE SÃO PAULO - FAESP. **Produtos: soja**. São Paulo: FAESP, 2016. Disponível em: <<http://www.faespsenar.com.br/faesp/pagina/exibe/faesp/produtos/soja/596>>. Acesso em: 21 fev. 2016.

HELFAND, S. M.; LEVINE, E. S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. **Agricultural Economics**, Netherlands, Vol. 31, Issue 2-3, pp. 241-249, 2004.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70 p. (Documentos 349).

IMORI, D.; GUILHOTO, J. J. M.; POSTALI, F. A. S. Eficiência técnica das agropecuárias familiar e patronal – diferenças regionais no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS REGIONAIS E URBANOS, 10., 2012, Recife. **Anais...** [S.L]: MPRA, 2012. p. 1-29.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Preços médios mensais pagos pela agricultura**. São Paulo: IEA, 2016. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/Precos_Medios.aspx?cod_sis=5>. Acesso em: set. de 2016.

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.

LEVANTAMENTO CENSITÁRIO DAS UNIDADES DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA DO ESTADO DE SÃO PAULO - LUPA. **Projeto 2007/2008**. São Paulo: CATI/IEA/SAA, 2007/2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: jan. 2016.

PINO, F. A. et al. (Orgs.). **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo**: IEA/CATI/SAA, 1997. 4 v.

NICOLELLA, A.; LIMA, M. S.; ARAÚJO, P. F. C. **Contribuição da FAPESP ao desenvolvimento da agricultura paulista**. São Paulo: FAPESP, 2015.

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. **Anais...** Recife: ANPEC, 2007. p. 1-18. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/encontro2007/artigos/A07A121.pdf>>. Acesso em: mar. 2016.

RODRIGUES, M. A. et al. Eficiência técnica na produção de cana-de-açúcar no estado 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, p. 1-19.

SCHIOSCHET, T., PAULA, N. Soja transgênica no Brasil: os limites do processo de difusão tecnológica. **Estudos Sociedades e Agricultura**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 27-53, 2008.

SPAROVEK, G. et al. **Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil**. Piracicaba: FEALQ/MI, 2014. 215 p.

THERIAULT, V.; SERRA, R. Institutional environment and technical efficiency: a stochastic frontier analysis of cotton producers in West Africa. **Journal of Agricultural Economics**, Oxford, Vol. 65, Issue 2, pp. 383-405, 2014.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **World agricultural supply and demand estimates**. United States: USDA, 2017. Disponível em: <<http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: nov. 2017.

**EFICIÊNCIA TÉCNICA DA PRODUÇÃO DE SOJA NAS UNIDADES
PRODUTIVAS DE SÃO PAULO, ANO-SAFRA 2007/08**

Anexo 1

TABELA A.1.1 - Testes de Hipóteses

Teste	Hipótese nula	Estatística do teste	Conclusão
Normalidade do erro			
<i>Cobb-Douglas</i>	$\varepsilon \sim N(\mu, \sigma)$	3.082,02	Rejeita-se H0
Translog		3.117,27	Rejeita-se H0
Soma dos coeficientes	$\varepsilon \sim N(\mu, \sigma)$		
<i>Cobb-Douglas</i>	$\Sigma\beta = 1$	-0,28	Não se rejeita H0
Translog	$\Sigma\beta = 1$	0,052	Rejeita-se H0
<i>Cobb-Douglas</i> x translog			
<i>Likelihood-ratio</i>	$\beta_{ij} = 0, \forall ij$	113,73	Rejeita-se H0

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

Anexo 2

TABELA A.2.1 - Estatística Descritiva das Variáveis da Função de Produção

Descrição da variável	Média (desvio-padrão)
Produção (kg)	144.803,2 (281.205,2)
Área cultivada (ha)	51,92 (96,45)
Estoque de capital do produtor (R\$)	223.282,30 (507.303,50)
Mão de obra familiar (unidade)	1,69 (1,31)
Mão de obra permanente (unidade)	1,75 (18,60)

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

Anexo 3

TABELA A.3.1 - Frequência das Variáveis Associadas à Eficiência Técnica

Descrição da variável	Unidade (%)
Apenas ATER privada	861 (13,05)
Apenas ATER pública	1.872 (28,37)
ATER pública e privada	2.838 (43,01)
Alta aptidão do solo, clima e relevo	6.355 (96,30)
Média aptidão do solo, clima e relevo	238 (3,61)
Baixa aptidão do solo, clima e relevo	6 (0,09)
Utilização de crédito rural	2.954 (44,76)
Adoção de manejo integrado de pragas	425 (6,44)
Conservação de solo	6.330 (95,92)
Associação a cooperativas	3.535 (53,57)
Uso de adubação verde	859 (13,02)
Colheita mecanizada	6.290 (95,32)
Sementes melhoradas	5.711 (86,54)
Plantio direto	4.241 (64,27)
Ensino primário	3.094 (46,89)
1º grau completo	863 (13,08)
2º grau completo	925 (14,02)
Ensino superior	1.124 (17,03)

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

Anexo 4

TABELA A.4.1 - Testes t de Student, Uso de Plantio Direto¹

Grupo	Obs.	Média	Erro padrão	Desvio padrão
Não utiliza plantio direto	2.358	0,8072	0,0026	0,1253
Utiliza plantio direto	4.241	0,8155	0,0018	0,1183
Combinação	6.599	0,8125	0,0015	0,1209
Diferença		-0,0083	0,0031	
Diferença=média (não utiliza) - média (utiliza)			t =	-2,6673
H0: diferença=0			Graus de liberdade:	6.597
Ha: diferença<0		Ha: diferença≠0		Ha: diferença>0
Pr(T<t) = 0,0038		Pr(T > t) = 0,0077		Pr(T>t) = 0,9962

¹H0 refere-se à hipótese nula do teste e Ha às hipóteses alternativas.

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

Anexo 5

TABELA A.5.1 - Testes t de *Student*, Uso de Manejo Integrado de Pragas¹

Grupo	Obs.	Média	Erro padrão	Desvio padrão
Não utiliza manejo integrado de pragas	6.174	0,8112	0,0015	0,1216
Utiliza manejo integrado de pragas	425	0,8320	0,0053	0,1093
Combinação	6.599	0,8125	0,0015	0,1209
Diferença		-0,0208	0,0061	
Diferença=média (não utiliza) - média (utiliza)			t =	-3,4315
H0: diferença=0			Graus de liberdade:	6.597
Ha: diferença<0		Ha: diferença≠0		Ha: diferença>0
Pr(T<t) = 0,0003		Pr(T > t) = 0,0006		Pr(T>t) = 0,9997

¹H0 refere-se à hipótese nula do teste e Ha às hipóteses alternativas.

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

Anexo 6

TABELA A.6 - Testes t de *Student*, Uso de Adubação Verde¹

Grupo	Obs.	Média	Erro padrão	Desvio padrão
Não utiliza adubação verde	5.740	0,8108	0,0016	0,1202
Utiliza adubação verde	859	0,8245	0,0043	0,1252
Combinação	6.599	0,8125	0,0015	0,1209
Diferença		-0,0137	0,0044	
Diferença=média (não utiliza) - média (utiliza)			t =	-3,1003
H0: diferença=0			Graus de liberdade:	6.597
Ha: diferença<0		Ha: diferença≠0		Ha: diferença>0
Pr(T<t) = 0,001		Pr(T > t) = 0,0019		Pr(T>t) = 0,999

¹H0 refere-se à hipótese nula do teste e Ha às hipóteses alternativas.

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

Anexo 7

TABELA A.7.1 - Testes t de *Student*, Uso de Sementes Melhoradas¹

Grupo	Obs.	Média	Erro padrão	Desvio padrão
Não utiliza sementes melhoradas	888	0,8209	0,0043	0,1280
Utiliza sementes melhoradas	5.711	0,8112	0,0016	0,1198
Combinação	6.599	0,8125	0,0015	0,1209
Diferença		0,0096	0,0044	
Diferença=média (não utiliza) - média (utiliza)			t =	2,2037
H0: diferença=0			Graus de liberdade:	6.597
Ha: diferença<0	Ha: diferença≠0		Ha: diferença>0	
Pr(T<t) = 0,9862	Pr(T > t) = 0,0276		Pr(T>t) = 0,0138	

¹H0 refere-se à hipótese nula do teste e Ha às hipóteses alternativas.

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

EFICIÊNCIA TÉCNICA DA PRODUÇÃO DE SOJA NAS UNIDADES PRODUTIVAS DE SÃO PAULO, ANO-SAFRA 2007/08

RESUMO: Neste artigo analisaram-se os determinantes da eficiência técnica dos produtores paulistas de soja, a partir dos microdados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo (LUPA), realizado pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento para o ano-safra 2007/08. Verificou-se que variáveis como o nível de aptidão do solo, clima e relevo, além do uso de plantio direto, manejo integrado de pragas, adubação verde, serviços de assistência técnica e a escolaridade do produtor em nível do primeiro grau impactam positivamente a eficiência técnica dos produtores paulistas de soja.

Palavras-chave: agricultura, eficiência técnica, soja, projeto LUPA, microdados.

SOYBEAN PRODUCTION'S TECHNICAL EFFICIENCY IN SÃO PAULO'S PRODUCTION UNITS, BRAZIL, 2007/08

ABSTRACT: This article worked out the determinants of technical efficiency of soybean producers in the state of São Paulo by analyzing the micro data of the Census Survey of Agricultural Production Units of the state of São Paulo (LUPA), published by the State Secretariat of Agriculture and Supply, for the 2007/08 crop year. It was found that among the variables with a positive impact are: soil, climate and relief suitability levels, the use of no-tillage, integrated pest management, green manure, technical assistance services as well as producer' education at the basic level.

Key-words: agriculture, technical efficiency, soybean, LUPA database, micro data, São Paulo state, Brazil.

Recebido em 08/11/2017. Liberado para publicação em 15/06/2018.