


# Impactos dos preços e do crédito rural sobre a produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo

## *Impacts of prices and rural credit on sugarcane production in the São Paulo state*

Sergio Rangel Fernandes Figueira<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Administração, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Jaboticabal (SP), Brasil. E-mails: sergio.rf.figueira@unesp.br; sergio-figueira@uol.com.br

**Como citar:** Fernandes, S. R. F. (2020). Impactos dos preços e do crédito rural sobre a produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 58(4), e186266. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.186266>

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é o de mensurar as elasticidades do preço da cana-de-açúcar, do preço da carne bovina (ocorreu, principalmente, substituição de pastos por canavial no estado) e da variação da concessão de crédito rural sobre a produção canavieira, a área plantada e a produtividade no estado de São Paulo. Utilizou-se o modelo de dados em painel para os trinta Escritórios de Desenvolvimento Rural com maior participação na produção canavieira no estado, entre 1995 e 2012. Os resultados mostram que o preço da cana-de-açúcar em quatro defasagens impactou sobre a produção, a área plantada e a produtividade. O preço da carne bovina, em uma e duas defasagens, e a concessão de crédito, em quatro defasagens, impactaram na produção e na área plantada. Concluiu-se que as expectativas de preços para as decisões relacionadas a área plantada e compra de insumos para incrementar a produtividade consideram preços passados. A concessão de crédito rural impactou na área plantada e, conseqüentemente, na produção. O modelo de produção foi muito parecido com o modelo para área plantada com cana-de-açúcar no estado de São Paulo. A variação da produção foi mais influenciada pela variação de área do que de produtividade.

**Palavras-chave:** elasticidades, preços da cana-de-açúcar, preços da carne bovina, concessão de crédito rural, produção de cana-de-açúcar, estado de São Paulo.

**Abstract:** The objective of this study is to measure the elasticities of the sugarcane price, the price of beef (mainly the replacement of pastures by cane fields in the state), and the variation of the rural credit concession on sugarcane production, productivity and planted area in the São Paulo state. The panel data model was used for the thirty Rural Development Offices with the largest participation in sugarcane production in the state between 1995 and 2012. The results show that the price of sugarcane in four lags impacted on the production, the planted area, and productivity. The price of beef, in one and two lags, and the concession of credit, in four lags, impacted in the production and the planted area. We concluded that price expectations for decisions related to planted area and purchase of inputs to increase productivity consider past prices. The rural credit concession impacted the planted area and consequently the production. The model of production was very similar to the model for area planted with sugarcane in the state of São Paulo. Production variation was more influenced by area variation than productivity.

**Keywords:** elasticities, sugarcane prices, beef prices, rural credit concession, sugarcane production, São Paulo state.

## 1) INTRODUÇÃO

A oferta de um produto agrícola depende da decisão dos produtores rurais, da variação da área plantada com esta cultura e da aquisição de insumos, como fertilizantes, para ampliar a produtividade. Trabalhos de autores, como de Barros (2007), Haile et al. (2015),



2016) procuram analisar teórica e/ou empiricamente como as variáveis econômicas, principalmente o preço, impactam nas escolhas produtivas dos produtores rurais.

A decisão da área plantada pelo produtor de uma determinada cultura agrícola deverá levar em consideração tanto a expectativa de preços desta cultura quanto as expectativas de preços de outros produtos substitutos na oferta, os quais o produtor também tem condições de produzir. O preço esperado pela cultura também serve como incentivo para a aquisição de insumos com o intuito de proteger a lavoura e incrementar sua produtividade (Haile et al., 2016).

O acesso ao crédito também é considerado como empecilho para o produtor rural ampliar a produção e a produtividade. Conforme Ciaian et al. (2012), o acesso ao crédito agrícola impacta na tomada de decisão de compra de insumos (*inputs*) utilizados na produção e, conseqüentemente, na produção e na produtividade da produção rural. Mesmo que a expectativa de preços esteja favorável à ampliação da oferta de determinado produto agrícola, o investimento do produtor ficará restrito à sua disponibilidade de capital próprio ou ao acesso ao crédito. No Brasil, trabalhos de Belik (2015a) e Gasques et al. (2008) ressaltam que a concessão de crédito rural contribuiu com o crescimento do uso de insumos e, conseqüentemente, com o aumento da produtividade da agricultura.

Após a desregulamentação do setor sucroalcooleiro (a liberalização dos preços em todos os elos da cadeia produtiva e o fim das quotas de exportação), na década de 1990, vem ocorrendo sistemático crescimento da produção canavieira no estado de São Paulo destinada para a produção de açúcar e etanol. Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019), a produção de cana-de-açúcar para uso industrial passou de aproximadamente 175 milhões de toneladas em 1995 para 450 milhões de toneladas em 2017, um crescimento de aproximadamente 157%. O crescimento da produção canavieira no estado de São Paulo foi muito mais em decorrência da expansão da área do que da expansão da produtividade, pois a área cultivada passou de aproximadamente 2,2 milhões de hectares plantados no estado de São Paulo em 1995 para 5,6 milhões de hectares em 2017, um crescimento de aproximadamente 151%. A produtividade passou de 77,4 toneladas por hectare em 1995 para aproximadamente 79,2 toneladas por hectare em 2017, um crescimento de 2%. O crescimento mais intenso da produtividade ocorreu entre 1995 e 2010, sendo que, neste último ano, a produtividade atingiu 85,5 toneladas por hectare, um crescimento de aproximadamente 10%.

Trabalhos de autores como Alkimim et al. (2015), Adami et al. (2013), Companhia Nacional de Abastecimento (2010), Koga-Vicente et al. (2013), Camara & Caldarelli (2016), Igreja et al. (2008), Felipe (2008) e Camargo et al. (2008) salientam para a substituição de áreas antes ocupadas com pastagens para a pecuária bovina por áreas com plantação de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, identificando-se que a plantação com cana-de-açúcar e as pastagens para a pecuária bovina mostram-se bens substitutos de oferta, pois o produtor rural pode alterar a área antes ocupada com pastagens para a pecuária bovina para a plantação com cana-de-açúcar.

Existe na literatura escassez de pesquisas relacionadas à estimação do impacto de variáveis econômicas sobre a oferta canavieira (área plantada e a produtividade), no estado de São Paulo. A exceção é o trabalho de Satolo & Bacchi (2009), que, utilizando-se da metodologia de Auto-Regressão Vetorial (VAR) estrutural entre 1976 e 2006, constataram que o preço da cana foi a variável de maior importância para explicar o crescimento da produção canavieira paulista, principalmente por seu impacto sobre a produtividade.

Para auxiliar a compreender o crescimento da produção canavieira paulista após a desregulamentação na década de 1990, o objetivo geral deste trabalho foi utilizar o método econométrico de dados em painel para mensurar as elasticidades do preço da cana-de-açúcar e da carne bovina, e da concessão de crédito rural sobre a produção e as suas formas: a área plantada e a produtividade da cana-de-açúcar nos trinta<sup>1</sup> Escritórios de

---

<sup>1</sup>Os trinta Escritórios de Desenvolvimento Rural com maior participação na produção canavieira paulista entre 1995 e 2012: Andradina, Araçatuba, Araraquara, Assis, Avaré, Barretos, Bauru, Botucatu, Catanduva, Dracena, Fernandópolis, Franca, General Salgado, Itapetininga, Jaboticabal, Jales, Jaú, Limeira, Lins, Mogi-Mirim, Orlandia,

Desenvolvimento Rural (EDR) com maior participação<sup>2</sup> na produção canavieira paulista entre 1995 e 2012<sup>3</sup>. Para se cumprir o objetivo geral, este trabalho realizou os seguintes objetivos específicos:

- i) Mensurar as elasticidades das variáveis: preço da cana-de-açúcar, preço da carne bovina e a concessão de crédito rural sobre a oferta canavieira no estado de São Paulo
- ii) Mensurar a elasticidade do preço da cana-de-açúcar, preço da carne bovina e da concessão de crédito rural sobre a área plantada com cana-de-açúcar.
- iii) Mensurar a elasticidade do preço da cana-de-açúcar, preço da carne bovina e da concessão de crédito rural sobre a produtividade.

A hipótese deste trabalho é a de que o preço da cana-de-açúcar possui impacto direto sobre a produção de cana-de-açúcar considerando tanto a área plantada como a produtividade. O preço da carne bovina possui impacto inverso sobre a área plantada com cana-de-açúcar e, conseqüentemente, sobre a produção canavieira no estado. A concessão de crédito rural possui impacto direto sobre a área plantada e sobre a produtividade no estado de São Paulo.

Justifica-se a realização da pesquisa devido à importância da produção paulista na produção nacional. Conforme dados da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (2019b), a produção paulista respondeu por aproximadamente 55% da produção canavieira brasileira, na safra 2017/2018.

A análise da oferta de produtos agrícolas permite entender o mecanismo de resposta do setor produtor a diversas variáveis e prever as mudanças na oferta (Barros, 2007), propondo-se a auxiliar a compreender como as variações dos preços da cana-de-açúcar e da carne bovina, e da concessão de crédito rural impactaram na variação da oferta canavieira paulista.

Este trabalho contém cinco seções: na primeira, está a introdução. Na segunda, a revisão de literatura, apresenta-se um panorama do setor sucroalcooleiro paulista e a fundamentação teórica do modelo. Na terceira, nos materiais e métodos, descrevem-se como os dados foram obtidos, o método empregado e a estratégia da análise. Na quarta, contêm-se os resultados e discussões. Na quinta, apresentam-se as considerações finais.

## REVISÃO DE LITERATURA

Iniciando-se, tópicos 1 e 2, com um panorama da produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo; posteriormente, aborda-se a evolução e a importância do crédito rural no Brasil. Estes tópicos permitem respaldar empiricamente a construção do modelo e auxiliar na interpretação dos resultados. Os tópicos 3 e 4 fornecem a consistência teórica sobre os impactos dos preços e da concessão de crédito rural sobre a oferta de produtos agrícolas.

### 2.1 Panorama da produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo

Na década de 1990 e principalmente na década de 2000, ocorrem dois fatores com grande impacto para a oferta canavieira: a expansão da demanda internacional de açúcar e o crescimento da demanda por etanol anidro e hidratado do consumidor brasileiro. Conforme Brasil (2019), ocorreu crescimento da quantidade e do valor exportado de açúcar entre 1995 e 2010. No período entre 2000 e 2011, ocorreu maior crescimento dos valores exportados de açúcar.

O mercado brasileiro de etanol para uso como combustível automotivo surgiu na década de 1970. Na década de 1990, o declínio dos preços internacionais do Petróleo e o fim dos incentivos fiscais para a compra de carros a álcool desestimularam a venda de álcool hidratado, neste

---

Ourinhos, Piracicaba, Presidente Prudente, Presidente Venceslau, Ribeirão Preto, São João da Boa Vista, São José do Rio Preto, Tupã e Votuporanga.

<sup>2</sup>Conforme Instituto de Economia Agrícola (2019), os trinta escritórios responderam por 98,4% da produção paulista de cana-de-açúcar em 2018.

<sup>3</sup>O ano de 2012 é o último ano no qual o anuário estatístico do crédito rural disponibiliza informações sobre a concessão de crédito rural para municípios.

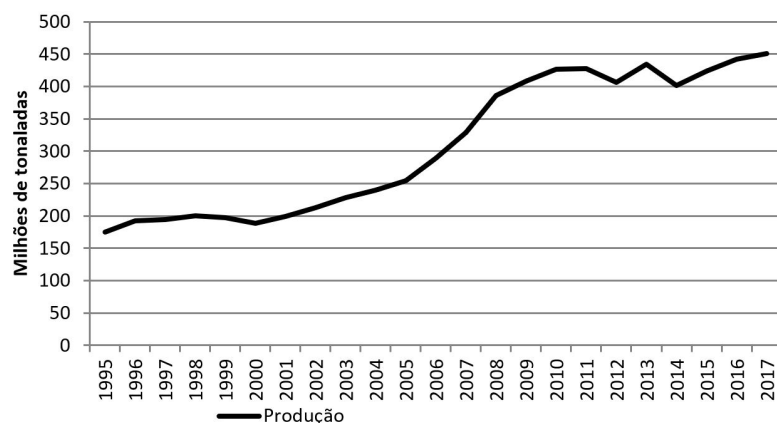
período. No entanto, em meados da década de 2000, a elevação da venda de carros bicombustíveis (flex), a partir de 2003, trouxe uma nova perspectiva para o setor, ocorrendo ampliação da oferta principalmente do etanol hidratado (Távora, 2011). Conforme União da Indústria de Cana-de-Açúcar (2019a), neste período ocorreu crescimento da produção brasileira de etanol anidro e hidratado. A produção de etanol anidro passou de aproximadamente 3 milhões de metros cúbicos na safra 1995/1996 para uma produção de 11 milhões de metros cúbicos na safra 2017/18. A produção de etanol hidratado passou de aproximadamente 10 milhões de metros cúbicos na safra 1995/1996 para uma produção de aproximadamente 16 milhões de metros cúbicos na safra 2017/2018.

Desde o final da segunda guerra mundial, o estado de São Paulo assumiu a posição de maior produtor nacional de cana-de-açúcar. As políticas públicas voltadas para o setor sucroalcooleiro brasileiro permitiram e estimularam o crescimento da produção de açúcar paulista, enfraquecendo o protecionismo concedido para as usinas na Região Nordeste. Os motivos para as políticas de fomento para a produção paulista foram a sua maior produtividade e possibilidade de crescimento da produção, proximidade com o crescente mercado consumidor urbano da região Sudeste brasileira e a possibilidade de exportação através do Porto de Santos. Com o advento do Proálcool, na década de 1970, ocorreu novo estímulo para a produção sucroalcooleira no estado de São Paulo (Ferreira & Alves, 2009).

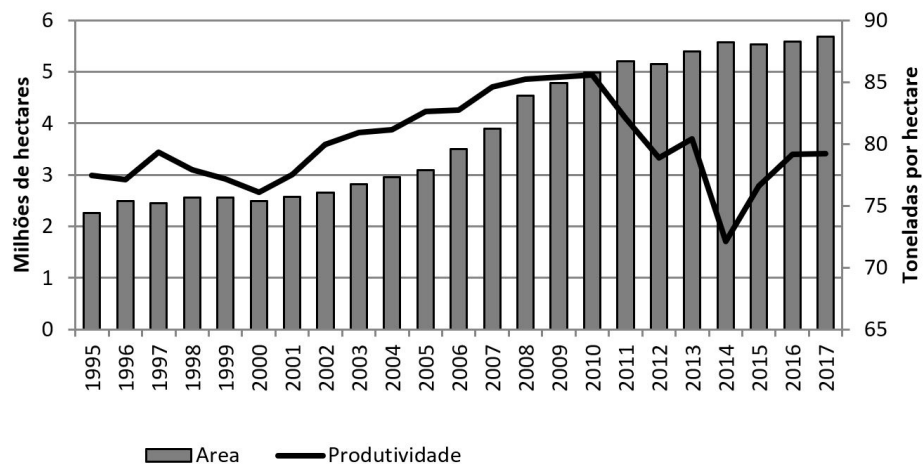
Nas décadas de 1990 e 2000, constatou-se crescimento da produção canieira no estado de São Paulo, passando de aproximadamente 175 milhões de toneladas em 1995 para 450 milhões de toneladas em 2017, um crescimento de aproximadamente 157% (Figura 1). O crescimento foi mais intenso entre 2001 e 2010, passando de aproximadamente 199 milhões de toneladas para aproximadamente 427 milhões de toneladas, um crescimento de aproximadamente 114%.

O crescimento da produção foi preponderantemente gerado pela variação da área plantada, a qual apresentou crescimento de aproximadamente 2,2 milhões de hectares em 1995 para aproximadamente 5,6 milhões de hectares em 2017, um crescimento de aproximadamente 151% (Figura 1). O maior crescimento da área plantada ocorreu entre 2001 e 2010, passando de aproximadamente 2,5 milhões de hectares para 4,9 milhões de hectares, um crescimento de aproximadamente 96%.

A produtividade cresceu em aproximadamente 2% entre 1995 e 2017, passando de uma produtividade de aproximadamente 77,4 toneladas por hectare em 1995 para aproximadamente 79,2 toneladas por hectare em 2017. Os maiores crescimentos de produtividade ocorreram entre 2001 e 2008, com a produtividade passando de aproximadamente 77,4 toneladas por hectare em 2001 para 85,2 toneladas por hectare em 2008, um crescimento de aproximadamente 10%. Entre os anos de 2008 e 2010, a produtividade se mantém nos patamares de aproximadamente 85 toneladas por hectare e passa a ocorrer queda após este período (Figura 2).



**Figura 1** - Evolução da produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo entre 1995 e 2017.  
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019).



**Figura 2** - Evolução da área plantada e da produtividade da cana-de-açúcar no estado de São Paulo entre 1995 e 2017. Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019).

Ocorreu substituição de áreas antes ocupadas com pastagens por áreas com plantação de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Adami et al. (2013), utilizando imagens e resolução espacial, tipo Landsat, mapearam o uso e a cobertura da terra anterior à cana-de-açúcar plantada entre 2005 e 2011, no estado de São Paulo. Constatou-se que aproximadamente 63% das áreas ocupadas com cana-de-açúcar no estado de São Paulo eram utilizadas anteriormente como pastagens para a pecuária bovina, 33% eram ocupadas com atividade agrícola e 4,0% eram ocupadas com citrus.

A Companhia Nacional de Abastecimento (2010), realizando entrevistas em 367 unidades de produção em 20 estados, incluindo o estado de São Paulo, infere através deste método de pesquisa que, na safra 2008/09, aproximadamente 82,8% da área plantada com cana-de-açúcar substituiu pastagens para a pecuária bovina, 5,5% substituiu a soja, 2,4% substituiu o milho, 4,4%, a laranja, e 0,3%, o café.

Koga-Vicente et al. (2013) relatam que levantamentos realizados pelo canasat mostraram que 69,7% da expansão da área plantada com cana-de-açúcar no estado de São Paulo ocorreu sobre áreas de pastagens. Constatou-se ainda que o crescimento da produção paulista foi mais em decorrência da expansão de área do que da produtividade.

Alkimim et al. (2015), utilizando do *Multicriteria Decision Analysis* (MCDA) model e incluindo variáveis relacionadas ao solo, ao clima, à topografia e à acessibilidade da infraestrutura, concluíram que as áreas ocupada com pastagens para a pecuária bovina no estado de São Paulo são adequadas para a produção canavieira, indicando que as pastagens e a cana-de-açúcar são produtos substitutos de oferta para os produtores rurais, viabilizando a substituição da pastagem pela plantação da cana-de-açúcar.

Camara & Caldarelli (2016), utilizando o modelo de efeito *shift-share* para se analisar a expansão da área cultivada com cana-de-açúcar no estado de São Paulo, entre 1995 e 2013, ressaltam também a substituição da área ocupada com pastagens para a pecuária bovina pela área plantada com cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Segundo a pesquisa, a expansão da área plantada com cana-de-açúcar substituindo outras culturas plantadas anteriormente foi de 2,3 milhões de hectares, sendo 1,6 milhão de hectares, aproximadamente 66%, oriundo de áreas ocupadas anteriormente com pastagens para a pecuária bovina.

Igreja et al. (2008) salientam que, em levantamento junto a lideranças de órgãos representativos da cadeia da carne bovina no estado de São Paulo, a expansão da cana-de-açúcar no estado foi apontada como uma das principais ameaças às condições de operações técnica e econômica da cadeia da carne bovina em São Paulo, transferindo a produção de carne bovina para as regiões Norte e Centro-Oeste. Devido à percepção de concorrência entre a produção canavieira e a de carne bovina, analisa-se a concorrência entre ambas nas diferentes regiões brasileiras e no estado de São Paulo. Para tanto, utiliza-se o modelo de *shift-share* para o período 1997-2005, confirmando-se a substituição de áreas antes ocupadas com pastagens pela produção canavieira.

Felipe (2008) constatou o fato de a cana-de-açúcar e a soja serem as atividades com maior ganho de área no estado de São Paulo, entre 1990 e 2005. Através da utilização do modelo *shift share*, concluiu-se que o crescimento da produção canavieira anual paulista entre 1990 e 2005 foi resultado principalmente da expansão da área plantada. Os ganhos de produtividade tiveram menor efeito sobre a produção canavieira paulista.

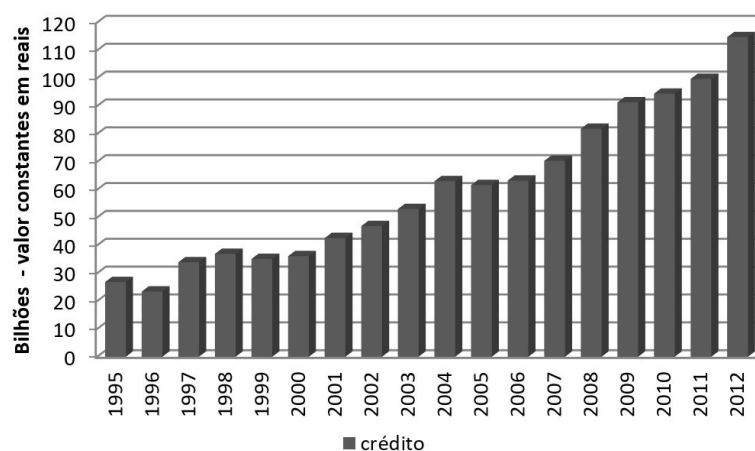
Camargo et al. (2008) analisaram as atividades agrícolas que mais cederam área para a produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, entre 2001 e 2006. Aproximadamente 725 mil hectares de pastagens cultivadas e naturais transformaram-se em canaviais, representando aproximadamente 75% das culturas que perderam espaço no estado para o crescimento da produção canavieira; o milho foi a segunda cultura que mais cedeu área (aproximadamente 129,7 mil hectares), cerca de 14%, e a terceira cultura foi a do feijão, com aproximadamente 4%.

Para se compreenderem os motivos da dinâmica da produção canavieira paulista, mostra-se importante consultar o trabalho de Satolo & Bacchi (2009), que utilizaram a técnica econométrica de Auto-Regressão Vetorial (VAR) com correção de erros para se analisarem os choques de demanda e oferta na evolução da produção canavieira paulista entre 1976 e 2006. Quanto ao impacto do preço sobre a produção canavieira paulista, constatou-se o fato de um aumento inesperado de 1% na taxa de crescimento do preço da cana-de-açúcar ampliar em 0,32% a taxa de crescimento contemporânea da produção. Para a explicação da produtividade canavieira, o preço da cana-de-açúcar foi a segunda variável mais importante para explicar a produtividade (23,62%), sendo que a variável mais importante foi a produtividade defasada (53,32%). Um choque de 1% no preço da cana-de-açúcar provocou um aumento contemporâneo de 0,31% na taxa de crescimento da produtividade, mas este tende a ser reduzido já no período seguinte.

## 2.2. Evolução e importância do crédito rural no Brasil

No Brasil, o crédito rural adquiriu importância a partir da década de 1960, com a criação do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), responsável, em grande parte, pela modernização agrícola que ocorreria a partir de então (Souza et al., 2015). Belik (2015b) salienta os fatos de existir uma correlação entre o crédito rural e a elevação da produção, e de este ser um elemento importante para o crescimento da produtividade dos estabelecimentos agrícolas.

Após um período de redução do montante concedido de crédito rural na década de 1980, volta a ocorrer crescimento de disponibilidade de crédito na década de 1990 e, principalmente, na década de 2000. Entre 1995 e 2016, ocorreu ainda expansão de crédito rural, passando de aproximadamente 26,8 bilhões de reais em 1995 para aproximadamente 114,7 bilhões de reais<sup>4</sup> (Figura 3).



**Figura 3** - Concessão de crédito rural entre 1995 e 2012. Fonte: Banco Central do Brasil (2017a).

<sup>4</sup>Os valores divulgados pelo anuário estatístico do crédito rural foram deflacionados para valores de 2012.

Para Belik (2015a), os crescentes volumes de crédito público da década de 2000 contribuíram para a expansão da produção brasileira no período, pois o crédito rural representava um recurso barato e abundante. Para Gasques et al. (2008), o crescimento do uso de insumos e os aumentos de produtividade da agricultura brasileira têm revelado aspectos essenciais relacionados à melhor compreensão das fontes de crescimento da agricultura nos anos recentes. A maior concessão de crédito rural afeta a produtividade total dos fatores (PTF), pois permite aos produtores ter acesso à inovação, o que contribui para o aumento da produtividade das atividades agropecuárias.

Para melhor avaliar o impacto do crédito rural sobre a agropecuária brasileira, Brigatte & Teixeira (2011) e Santos & Braga (2013) analisaram o impacto do crédito sobre a produtividade rural brasileira. Brigatte & Teixeira (2011) utilizaram do modelo VAR para analisar o impacto das variáveis – educação, investimento em infraestrutura e crédito rural – na produção e na produtividade de longo prazo da agropecuária brasileira entre 1974 e 2005. Os autores não encontraram relação estatisticamente significativa entre o crédito e a produtividade agropecuária. No entanto, encontrou-se relação positiva entre o crédito rural e o PIB agropecuário brasileiro. Para elevação de aproximadamente 1% no crédito rural, constatou-se elevação de aproximadamente 0,06% no PIB agropecuário. Os autores justificam este resultado afirmando que, até meados da década de 1990, os recursos de crédito rural estiveram mais associados à aquisição de novas terras, inclusive para proteger a renda de aumentos inflacionários em vez de investimentos para ganho de produtividade. Com o fim da inflação, a partir de meados da década de 1990, o crédito fica mais destinado para investimentos em ganho de produtividade.

Santos & Braga (2013) usaram o modelo Probit para analisar o impacto do crédito rural na produtividade da terra utilizando, como dados, o censo agropecuário de 2006. Constatou-se efetividade do crédito rural na produtividade apenas na região Nordeste e, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, não se constatou impacto do crédito na produtividade agropecuária.

### 2.3. Fundamentação teórica para o impacto dos preços relacionados sobre a oferta

A decisão de produção das empresas privadas para produzir determinado produto leva em consideração o objetivo da maximização de lucros, considerando as receitas auferidas com as quantidades produzidas e com os custos de produção (ver Equação 1) (Silberberg, 1990).

$$\pi = pf(x_1, x_2) - w_1x_1 - w_2x_2 \quad (1)$$

Supondo uma função de produção simplificada de uma firma utilizando dois insumos, o lucro é resultado do preço  $p$  obtido pela firma e da quantidade final produzida subtraída dos custos de produção representados pela quantidade de insumos  $x_1$  e  $x_2$  utilizados e dos respectivos preços destes insumos:  $w_1$  e  $w_2$ .

A decisão de produção de uma firma considerando qual a quantidade de insumos será utilizada para a maximização do lucro dependerá do preço final do produto, da função de produção de cada produto e do preço dos insumos (ver Equação 2 e Equação 3). A variação no preço do produto ou no preço dos insumos afetará a decisão de produção da empresa. Uma elevação do preço do produto e/ou redução do preço dos insumos desencadeará elevação na produção e uma redução do preço do produto e/ou elevação do preço dos insumos desencadeará redução da produção (Silberberg, 1990).

$$pf_1(x_1, x_2) - w_1 = 0 \quad (2)$$

$$pf_2(x_1, x_2) - w_2 = 0 \quad (3)$$

A produção de um produto é decorrência da produção de um conjunto de empresas individuais (ver Equação 4). Portanto, variações de preços do produto ou dos insumos

deverão influenciar conjuntamente a decisão de produção destas empresas, impactando em elevação ou redução da produção do conjunto das empresas produtoras (Varian, 1992).

$$Y = \sum_{j=1}^m Y_j \quad (4)$$

Y representa todos os planos de produção que podem ser obtidos por uma distribuição de produção das firmas  $j=1, \dots, m$ .

Além da quantidade produzida, a empresa deve optar por qual(is) produto(s) será(ão) produzido(s), considerando o custo de oportunidade. Conforme Ferguson (2003), o custo de oportunidade da produção de uma mercadoria X é o montante de mercadoria Y que deve ser sacrificado, a fim de que os recursos sejam alocados para produzir a mercadoria X em vez da mercadoria Y.

Portanto, a decisão da produção de uma empresa deve contemplar uma série de preços, como a variação do preço do produto. Quanto maior o preço do produto, maior deverá ser a sua produção e os preços de bens substitutos da oferta, devendo-se observar uma relação inversa entre o preço do produto substituto e a quantidade ofertada de determinado produto.

#### 2.4. Fundamentação teórica para o impacto do acesso ao crédito sobre a oferta agrícola

O acesso ao crédito agrícola impacta na tomada de decisão de compra de insumos (*inputs*) utilizados na produção e, conseqüentemente, na produção e na produtividade da produção rural (Ciaian et al., 2012).

Considera-se por restrição de crédito não apenas as empresas que requisierem crédito para utilizar no processo produtivo e não o obtiveram, mas também o fato de o agente não ter solicitado crédito por considerar uma pequena probabilidade de sucesso (Santos & Braga, 2013).

A restrição de crédito restringe a ampliação da produção de uma empresa mesmo sem estar no nível de produção de maximização do lucro, pois a empresa tem o potencial de ampliar o seu lucro ampliando a produção (ver Equação 5), através da aquisição de insumos ou outros investimentos, mas não possui recursos para realizá-los (Ciaian et al., 2012).

$$\alpha w_1 x_1 + \delta w_2 x_2 \leq C \quad (5)$$

As variáveis  $\alpha$  e  $\delta$  são variáveis *dummy*, pelas quais se distinguem as restrições quantitativas de crédito entre os dois insumos, implicando em menores disponibilidades de crédito em relação ao desejado.

Como decorrência desta restrição, a produção maximizadora de lucros fica restrita aos créditos disponíveis para a aquisição dos insumos (ver Equação 6) (Ciaian & Swinnen, 2009), ou realizar os investimentos necessários para ampliar a produção e/ou a sua produtividade (Ciaian et al., 2012).

$$\Psi = pf(x_1, x_2) - w_1 x_1 - w_2 x_2 - \lambda (\alpha w_1 x_1 + \delta w_2 x_2 - C) \quad (6)$$

Em que  $\lambda$  é o preço sombra da restrição de crédito.

Pode-se ainda considerar que a restrição de crédito tem impactos na produção e na produtividade tanto no curto como no longo prazo. No curto prazo, apenas os insumos variáveis sofrem impacto da restrição de crédito. No longo prazo, todos os insumos, inclusive os considerados fixos, sofrem impacto das restrições de crédito (Blancard et al., 2006).

Blancard et al. (2006) pesquisou a existência de restrição de crédito rural em 178 propriedades rurais francesas, no período de 1994 a 2001. Utilizando-se da técnica de dados de painel, constatou-se que 67% das propriedades sofrem com restrição de crédito no curto prazo e todas as propriedades sofrem com restrição de crédito de longo prazo, impactando em perdas de lucro de 8% no curto prazo e 49% no longo prazo.



Ciaian et al. (2012) analisaram o impacto das restrições de crédito em oito países em transição da União Europeia quanto a utilização de terras, insumos, trabalho e capital. Concluíram que, para uma elevação de 1.000 euros no crédito rural, possibilitaria elevação de 1,9% na utilização de insumos e 29% na utilização de bens de capital, desencadeando elevação na produtividade de 1,9%.

### 3) MATERIAIS E MÉTODOS

No Instituto de Economia Agrícola (IEA), coletaram-se as seguintes séries históricas nas trinta EDRs paulistas: área plantada e quantidade produzida com cana-de-açúcar, preço da cana-de-açúcar e da carne bovina. O levantamento sobre a área plantada e a produção de culturas anuais é realizada pelo IEA em conjunto com a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI). Quanto ao valor da produção de cana-de-açúcar em cada EDR, o preço médio recebido pelos produtores foi calculado com base no rendimento de Açúcar Total Recuperável (ATR) por tonelada no ano-safra e no preço do quilograma de ATR, de acordo com o sistema de remuneração da tonelada de cana pela qualidade do Conselho de Produtores de Cana-de-açúcar e Álcool de São Paulo (CONSECANA) (Instituto de Economia Agrícola, 2016).

Justifica-se a escolha da variável preço da cana-de-açúcar no modelo por este refletir as variações dos preços do açúcar e do álcool, e a escassez ou abundância da cana para moagem. Corrobora com a decisão da escolha desta variável o trabalho de Satolo & Bacchi (2009), que aponta como a variação de preços do açúcar e do álcool impacta no preço da cana-de-açúcar e este na produção canavieira.

Os dados relativos ao crédito rural para as trinta EDRs analisadas foram obtidos junto ao Anuário Estatístico do Crédito Rural obtido no Banco Central do Brasil (2017a). O último ano em que o anuário foi divulgado foi em 2012. Coletaram-se valores de crédito rural concedido para a atividade agrícola nos municípios localizados nas EDRs analisadas, abrangendo-se o crédito rural concedido para 462 municípios, entre 1995 e 2012, e posteriormente o valor foi agregado para cada EDR analisada. Utilizou-se o Índice Geral de Preços (IGP) divulgado pela Calculadora do Cidadão disponibilizada no Banco Central do Brasil (2017b), para deflacionar os valores.

Realizaram-se análises sobre o impacto dos preços da cana-de-açúcar e da carne bovina, e da concessão de crédito sobre as duas formas da oferta canavieira: a área plantada e a produtividade, pois, conforme Haile et al. (2015) relatam, pesquisas com o propósito de analisar as variações da oferta agrícola verificam o impacto das variações de preços sobre a área plantada, a produtividade e a produção.

A expansão da área plantada com cana-de-açúcar decorre da expectativa de preço obtida com a atividade agrícola. Na produção de qualquer bem, especialmente na agricultura, a decisão sobre o uso dos insumos deve ser feita bem antes que a produção tenha lugar. Portanto, os preços passados vão influenciar na decisão da produção futura (Barros, 2007).

A decisão do produtor rural para melhoria de produtividade depende da expectativa de preços futuros não apenas para a aquisição de insumos para melhoria de produtividade como também da renovação do canavial. A cana-de-açúcar após plantada é colhida vários anos, ocorrendo declínio de seu rendimento após cada colheita (Companhia Nacional de Abastecimento, 2013). Ressalta-se, no entanto, para a perda de produtividade entre os distintos cortes (Brasil, 2012).

Além da renovação do canavial, a produtividade do canavial depende de uma série de operações mecânicas e manuais, denominadas de tratamentos culturais, os quais são responsáveis diretos pela manutenção do potencial produtivo e pela longevidade do canavial, através da aplicação de insumos e da recuperação do ambiente de produção. Os principais tratamentos culturais são a aplicação de herbicidas e o fornecimento de adubação complementar ao plantio (Beauclair et al., 2015).

Embora exista custo ao produtor para efetuar a adubação, este tratamento cultural permite não apenas ampliar a produtividade do atual corte da cana como também amplia a longevidade do canavial. Fato desejável, ao reduzir o custo de produção total, pois evita os custos de implantação do canavial, na qual incidem as maiores despesas (Rosseto et al., 2008).

Para a adubação dos canaviais, além dos fertilizantes adquiridos comercialmente, utiliza-se a vinhaça (resíduo industrial após a destilação fracionada da cana-de-açúcar) para

auxiliar no processo de adubação dos canaviais. No entanto, a utilização da vinhaça depende da topografia, da distribuição de terras da usina e da legislação ambiental (no estado de São Paulo, por exemplo, existe uma restrição para a utilização da vinhaça em áreas vulneráveis ambientalmente, como pontos de recarga de importantes aquíferos paulistas), (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2008).

Apesar de a vinhaça também ser um resíduo industrial sem custos, o transporte da vinhaça para ser utilizada como fertilizante constitui uma operação crítica e custosa, pois é um fertilizante orgânico e possui teores relativamente baixos dos nutrientes, sendo necessárias várias aplicações de altas quantidades do material para suprir as necessidades nutricionais da cultura. Existem três modalidades de transporte: por caminhão, por canal ou adutora. O transporte por caminhão é bastante flexível, mas exige alto custo operacional; o transporte por canal é bastante acessível, mas existe uma série de dificuldades para sua implantação, como a restrição topográfica, passar por outras propriedades e a dificuldade para a mecanização. O transporte por adutora evita a exposição do canal, mas tem custos de implantação adicionais (Beauclair et al., 2015).

### Modelo econométrico

Foi utilizada a técnica econométrica de dados em painel utilizando-se as trinta EDRs ( $i=1, \dots, 30$ ) com maior produção no estado de São Paulo, para se mensurarem as elasticidades do preço da cana-de-açúcar, do preço da carne bovina e da concessão de crédito rural sobre a produção, a área plantada e a produtividade.

Para a escolha das variáveis componentes do modelo e as suas defasagens, utilizou-se o critério de *Bayesian Information Criterion*, como feito por Zuo et al. (2015), para selecionar a melhor forma estrutural (para maiores detalhes, ver Greene, 2000). Os modelos foram elaborados na forma funcional com todas as variáveis em logaritmo natural com os coeficientes indicando a elasticidade. Conforme Silberberg (1990), a elasticidade é a variação percentual da variável dependente devido a uma variação percentual da variável independente. Utilizou-se o critério de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Schin (KPSS) para se verificar a estacionariedade das séries (para maior detalhes, ver Bueno, 2008). Caso as séries não sejam estacionárias, utiliza-se a transformação das variáveis em diferenças até a obtenção da estacionariedade das séries.

Foram apresentadas tabelas com os resultados dos três tipos de dados em painel: *pooled*, efeito fixo e efeito aleatório, assim como realizado por Faria & Almeida (2016). Utilizou-se o teste de Chow para se certificar sobre a maior adequabilidade do modelo de efeito fixo em relação ao *pooled*. Utilizaram-se os testes de Hausman e o de Breusch e Pagan para se identificar a melhor adequabilidade do modelo de efeito aleatório em relação ao modelo de efeito fixo, assim como Cardoso & Bittencourt (2013). Realizou-se ainda a análise do Fator de inflação da variância (FIV) com o intuito de se averiguar a existência de multicolinearidade. Os modelos foram realizados no programa STATA v.12.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão apresentados em três seções. Na primeira, apresentam-se os resultados dos impactos do preço da cana-de-açúcar, do preço da carne bovina e da concessão de crédito sobre a produção. Na segunda, o impacto das variáveis selecionadas sobre a área plantada, e na terceira, o impacto sobre a produtividade.

### 4.1 Impactos do preço da cana-de-açúcar, do preço da carne bovina e da concessão de crédito na produção canavieira nas trinta EDRs com maior produção no estado de São Paulo.

Não se constatou problema de multicolinearidade ao realizar o teste de Fator de Inflação de Variância (FIV), pois, para todas as variáveis explicativas, o FIV mostrou-se próximo de um. Ao realizar o teste de KPSS, as variáveis se tornaram estacionárias na primeira diferença. Conforme teste de BIC, o melhor modelo para representar a produção canavieira paulista incluiu como variáveis explicativas o preço e a concessão de crédito em

quatro defasagens e o preço da carne bovina em uma defasagem, e a própria produção canavieira em uma defasagem. Observe-se a Equação 7.

$$\Delta \ln Prod_{it} = \alpha_i + \beta_1 \Delta \ln PC_{(t-1)} + \beta_2 \Delta \ln PC_{(t-2)} + \beta_3 \Delta \ln PC_{(t-3)} + \beta_4 \Delta \ln PC_{(t-4)} + \phi_1 \Delta \ln CR_{i(t-1)} + \phi_2 \Delta \ln CR_{i(t-2)} + \phi_3 \Delta \ln CR_{i(t-3)} + \phi_4 \Delta \ln CR_{i(t-4)} + \gamma_p \Delta \ln PCAR_{i(t-1)} + \Delta \ln Prod_{i(t-1)} + u_{it} \quad (7)$$

i refere as trinta EDRs mensuradas:  $i = 1, 2, \dots, 30$

t refere aos 18 anos analisados, entre 1995 e 2012.

Em que: Prod = produção; PC = preço da cana-de-açúcar; CR = concessão de crédito rural; PCAR = preço da carne bovina.

Apesar de apresentar os resultados dos modelos de painel: *pooled*, efeitos fixos e efeitos aleatórios, o teste de Hausman e o teste de Breusch e Pagan indicam que o modelo de efeito fixo foi o mais adequado em relação ao de efeito aleatório, e o teste de Chow indicou para a melhor adequação do modelo de efeito fixo em relação ao *pooled*. Evidenciou-se impacto da variável preço da cana-de-açúcar na segunda, terceira e quarta defasagens; da concessão de crédito, na primeira, segunda e quarta defasagens, e do preço da carne bovina, na primeira defasagem (Tabela 1).

Os sinais das variáveis corroboram com o esperado pela construção teórica do modelo. O preço da cana-de-açúcar e o crédito influenciando diretamente na oferta canavieira e o preço da carne bovina influenciando inversamente na oferta canavieira. O preço da cana-de-açúcar foi mais relevante na terceira e quarta defasagens, com coeficientes de aproximadamente 0,30 e 0,29, respectivamente. Como os valores representam elasticidades, uma variação de 1% nos preços da cana na terceira e quarta defasagens gera uma variação de 0,29% e 0,30% na produção canavieira. O preço da carne bovina também mostrou impacto na produção canavieira na primeira defasagem, com elasticidades de -0,44. A concessão de crédito apresentou impacto na oferta canavieira na segunda e quarta defasagens, com valores de 0,08 e 0,06 (Tabela 1).

**Tabela 1** - Valores estimados das variáveis explicativas na produção de cana-de-açúcar nas trinta EDRs com maior produção canavieira do estado de São Paulo entre 1995 e 2012

Variáveis	Pooled	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios
Constante	0,07***	0,07***	0,07***
Preço cana (-1)	0,10	0,09	0,10
Preço cana (-2)	0,16***	0,16**	0,16***
Preço cana (-3)	0,30***	0,30***	0,30***
Preço cana (-4)	0,29***	0,29***	0,29***
Crédito (-1)	0,01	0,03	0,01
Crédito (-2)	0,06**	0,08*	0,06
Crédito (-3)	0,014	0,03	0,01
Crédito (-4)	0,048**	0,06***	0,04**
Preço carne (-1)	-0,43***	-0,44***	-0,43***
Produção (-1)	0,25***	0,16**	0,25***
Testes conjuntos	F= 7,3***	F= 14,52***	X <sup>2</sup> = 56,32***
R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> = 0,12 R <sup>2</sup> ajustado = 0,159	Within=0,15 Between = 0,09 Overall = 0,12	Within=0,149 Between = 0,058 Overall = 0,129
Chow		F(29, 350) = .74 Prob> F = 0.01	
Hausman			X <sup>2</sup> = 24,57 Prob>chi2 = 0,0001
Breusch e Pagan			X <sup>2</sup> = 0,00 Prob>chi2 = 1,0
Corr (u <sub>i</sub> , X <sub>b</sub> )		-0,047	0 (assumed)
N, observações	390	390	390

Valores entre parênteses: estatística "p" para *pooled* e efeito fixo, e "z" para efeitos aleatórios, \*p<0,10, \*\* p<0,05 e \*\*\*p<0,001, \*z<0,10, \*\* z<0,05 e \*\*\*z<0,001

#### 4.2 Impactos do preço da cana-de-açúcar, do preço da carne bovina e da concessão de crédito na área plantada com cana-de-açúcar nas trinta EDRs com maior produção no estado de São Paulo

Pelo teste de BIC, a área plantada com cana-de-açúcar no estado de São Paulo foi influenciada pelo preço real da cana-de-açúcar em quatro defasagens, pelo preço da carne bovina em duas defasagens e pelo crédito em quatro defasagens. A produtividade e a área defasadas também influenciaram na área plantada positivamente (ver Equação 8). Pelo teste KPSS, extraiu-se a primeira diferença das séries com o intuito de torná-las estacionárias.

$$\begin{aligned} \Delta \ln area_{it} = & \alpha_i + \beta_1 \Delta \ln PC_{(t-1)} + \beta_2 \Delta \ln PC_{(t-2)} + \beta_3 \Delta \ln PC_{(t-3)} + \beta_4 \Delta \ln PC_{(t-4)} + \\ & \phi_1 \Delta \ln CR_{i(t-1)} + \phi_2 \Delta \ln CR_{i(t-2)} + \phi_3 \Delta \ln CR_{i(t-3)} + \phi_4 \Delta \ln CR_{i(t-4)} + \gamma_1 \Delta \ln PCAR_{i(t-1)} + \\ & \gamma_2 \Delta \ln PCAR_{i(t-2)} + \zeta_1 \Delta \ln prod_{i(t-1)} + \rho_1 \Delta \ln area_{i(t-1)} + u_{it} \end{aligned} \quad (8)$$

i refere as trinta EDRs mensuradas:  $i = 1, 2, \dots, 30$

t refere aos 18 anos analisados entre 1995 e 2012.

Em que: area = área; PC = preço da cana-de-açúcar; CR = concessão de crédito rural; PCAR = preço da carne bovina; prod = produtividade.

O teste de Hausman, o de Breusch e Pagan e o de Chow indicam o modelo de efeito fixo como o mais indicado para a realização da análise (ver Tabela 2). Todos os sinais das variáveis mostram-se consistentes com relação ao esperado pela teoria econômica. O preço da carne bovina pago aos produtores rurais mostrou-se significativo em duas defasagens com elasticidades de -0,19 e -0,30, respectivamente. O preço da cana-de-açúcar mostrou-se significativo na segunda e na quarta defasagens de, respectivamente, 0,07 e 0,13. O crédito se mostrou significativo na primeira, segunda, terceira e quarta defasagens de, respectivamente, 0,04, 0,07, 0,03 e 0,03. O crescimento da área com uma defasagem mostrou-se significativa para explicar a variação da área, com coeficientes de 0,22. O crescimento da produtividade também impactou no crescimento da área plantada em 0,09.

**Tabela 2** - Valores estimados das variáveis explicativas na área plantada com cana-de-açúcar nas trinta EDRs com maior produção canavieira do estado de São Paulo entre 1995 e 2012

Variáveis	Pooled	Efeitos fixos	Efeitos aleatórios
Constante	0,05***	0,06***	0,05 ***
Preço cana (-1)	0,02	0,01	0,02
Preço cana (-2)	0,07	0,07*	0,07
Preço cana (-3)	0,04	0,04	0,04
Preço cana (-4)	0,13 ***	0,13**	0,13**
Crédito (-1)	0,03	0,04*	0,03
Crédito (-2)	0,43 *	0,07*	0,04 *
Crédito (-3)	0,01	0,03*	0,01
Crédito (-4)	0,02	0,03**	0,02
Preço carne (-1)	-0,21 **	-0,19**	-0,21*
Preço carne (-2)	-0,29**	-0,30***	-0,29 **
Produtividade (-1)	0,06	0,09*	0,06
Área (-1)	0,35***	0,22***	0,35 ***
	F = 4,20***	F = 7,53***	X <sup>2</sup> = 98,87***
	R <sup>2</sup> = 0,1787	Within = 0,2475	Within = 0,2470
	R <sup>2</sup> ajustado = 0,13299	Between = 0,1266	Between = 0,1200
		Overall = 0,1741	Overall = 0,176
Chow		F(29, 348) = 1.66 Prob> F = 0.01	
Hausman			X <sup>2</sup> = 3060,00
Breusch e Pagan			Prob>chi <sup>2</sup> = 0,0000
			X <sup>2</sup> = 0,00
			Prob>chi <sup>2</sup> = 1
N. observações	360	360	360

### 4.3 Impactos do preço da cana-de-açúcar, do preço da carne bovina e da concessão de crédito na produtividade canavieira nas trinta EDRs com maior produção no estado de São Paulo

Pelo teste de BIC, a produtividade foi influenciada pelo preço da cana-de-açúcar em quatro defasagens e pela própria produtividade defasada (Equação 9). Pelo teste de KPSS, utilizou-se a primeira diferença das séries para torná-las estacionárias.

$$\Delta \ln prod_{it} = \alpha_i + \beta_1 \Delta \ln PC_{(t-1)} + \beta_2 \Delta \ln PC_{(t-2)} + \beta_3 \Delta \ln PC_{(t-3)} + \beta_4 \Delta \ln PC_{(t-4)} + \Delta \ln prod_{i(t-1)} + u_{it} \quad (9)$$

i refere as trinta EDRs analisadas: i = 1, 2, ..., 30

t refere aos 18 anos analisados entre 1995 e 2012.

Em que: prod = produtividade, PC = Preço da carne bovina.

Pelo teste de Hausman e pelo teste de Breusch e Pagan, o modelo de efeito fixo é o mais adequado. O teste de Chow sugere para a maior adequabilidade do *pooled*. No entanto, os valores dos coeficientes do modelo de *pooled* e efeitos fixos apresentam proximidade, como se observa na Tabela 3. Ocorre crescimento dos coeficientes de impacto do preço sobre a produtividade entre a primeira e a quarta defasagens. A maior elasticidade observada foi a da quarta defasagem, com valor de 0,11.

**Tabela 3** - Valores estimados das variáveis explicativas na produtividade canavieira nas trinta EDRs com maior produção canavieira do estado de São Paulo entre 1995 e 2012

Variáveis	Pooled	Efeitos fixos	Efeitos aleatórios
Constante	0,00	0,00***	0,00***
Preço cana (-1)	0,04	0,04	0,04
Preço cana (-2)	0,05 **	0,05**	0,05***
Preço cana (-3)	0,10***	0,10***	0,10 ***
Preço cana (-4)	0,11***	0,11***	0,11***
Produtividade(-1)	-0,21***	-0,22***	-0,21***
Testes conjuntos	F = 8,15 ***	F= 34,46 ***	X <sup>2</sup> =49,33***
R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> = 0,11	Within = 0,12 Between = 0,15 Overall = 0,11	Within = 0,12 Between = 0,16 Overall = 0,11
Chow		F(29, 354) = 0.16 Prob> F = 1.00	
Hausman			X <sup>2</sup> = 2,72
Breusch e Pagan			Prob>chi2 = 0,25
			X <sup>2</sup> = 0
			Prob>chi2 = 1,0
Corr (u_i, Xb)		-0,14	0 (assumed)
N. observações	390	390	390

Valores entre parênteses: estatística "p" para *pooled* e efeito fixo, e "z" para efeitos aleatórios, \*p<0,10, \*\* p<0,05 e \*\*\*p<0,001, \*z<0,10, \*\* z<0,05 e \*\*\*z<0,001.

### Discussões

Apresentam-se neste tópico algumas discussões relacionadas aos resultados obtidos no modelo da produção, da área plantada e da produtividade. As variáveis do modelo sobre o impacto do preço da cana-de-açúcar, do crédito e do preço da carne bovina sobre a área plantada foram muito parecidas com o modelo da produção canavieira. Este fator é decorrência de o crescimento da produção ter sido mais influenciado pelo crescimento da

área plantada do que pelo crescimento da produtividade no período. Corroborar com esta constatação o trabalho de Koga-Vicente et al. (2013) e Felipe (2008), que associam o crescimento da produção canavieira com o crescimento da área em detrimento da variação da produtividade.

Ressalta-se ainda o fato de nenhuma variável contemporânea de preço e crédito não impactar na produção, na área e na produtividade. Além disso, o preço defasado da cana-de-açúcar com quatro defasagens foi a variável com impacto na produção como um todo, na área plantada e na produtividade. Este resultado corrobora com Barros (2007) e Satolo & Bacchi (2009), sendo que o primeiro trabalho sugere que a tomada de decisão de investimento baseia-se na expectativa de preços formada a partir de períodos passados. No segundo trabalho, constata-se a existência de rigidez nos investimentos realizados na cana-de-açúcar, realizando-se o plantio pensando na colheita em vários anos.

Infere-se ainda para a significância do preço da carne bovina sobre a área plantada com cana-de-açúcar e também sobre a produção. Estes valores auxiliam a compreender os motivos do declínio da área com pastagens no estado de São Paulo constatado nos trabalhos de Alkimim et al. (2015), Adami et al. (2013), Companhia Nacional de Abastecimento (2010), Koga-Vicente et al. (2013), Camara & Caldarelli (2016), Igreja et al. (2008), Felipe (2008) e Camargo et al. (2008). Seguindo a racionalidade econômica, deverá ocorrer elevação da área plantada e da produção de culturas mais rentáveis. Portanto, o crescimento da área plantada e da produção de cana-de-açúcar no período foi explicado por preços mais atrativos da cana-de-açúcar em relação aos preços da carne bovina.

Constatou-se significância do crédito rural no crescimento da área plantada e da produção, principalmente por decorrência da área, mas não se constatou impacto na produtividade. Este fenômeno também ocorreu no trabalho de Brigatte & Teixeira (2011) pelo qual não se constatou relação estatisticamente significativa entre o crédito e a produtividade agropecuária, mas se constatou relação positiva entre o crédito rural e o PIB agropecuário brasileiro.

Quanto à produtividade, constatou-se impacto positivo do preço defasado na segunda, terceira e quarta defasagens sobre a produtividade. Este fenômeno pode ser explicado pela influência dos preços sobre a decisão do fornecimento de adubação e a aplicação de herbicidas. Conforme Beauclair et al. (2015), os tratos culturais são responsáveis diretos pela manutenção do potencial produtivo e pela longevidade do canavial.

Não se constatou impacto do crédito rural sobre a produtividade. A maior disponibilidade de crédito rural sobre a produtividade também não foi encontrada em outras pesquisas que tinham como objetivo avaliar o crédito rural na agricultura brasileira, como os trabalhos de Brigatte & Teixeira (2011) e Santos & Braga (2013). Constatou-se, no entanto, impacto do crédito rural sobre a área plantada com cana-de-açúcar.

#### 4. CONCLUSÕES

Após a desregulamentação do setor sucroalcooleiro na década de 1990, ocorre tanto a liberalização dos preços no setor sucroalcooleiro como a extinção do Instituto do Açúcar e do Alcool, e da intervenção do estado nas decisões do setor. Neste novo contexto, constata-se crescimento da área plantada e da produção canavieira paulista.

O objetivo do trabalho foi o de mensurar as elasticidades do preço da cana-de-açúcar, da carne bovina –, principal produto substituto para os produtores rurais paulistas – e da concessão de crédito sobre o crescimento da oferta canavieira paulista nas suas duas formas: produtividade e área plantada, no período de 1995 até 2012. Para a realização da mensuração,

empregou-se a técnica de dados em painel utilizando-se trinta Escritórios de Desenvolvimento Rural com maior participação na produção paulista.

Constatou-se que o preço real da cana-de-açúcar defasado em quatro defasagens teve impacto direto na produção, na área plantada e na produtividade da cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Quanto à produção, a maior elasticidade foi mensurada na terceira defasagem: 0,30, ocorrendo declínio das elasticidades nas menores defasagens. Quanto à área plantada, constataram-se coeficientes significativos na segunda e quarta defasagens

com valor de 0,07 e 0,13, respectivamente. Quanto à produtividade, o maior impacto foi de 0,11 na quarta defasagem, ocorrendo redução das elasticidades nas menores defasagens.

A concessão de crédito rural impactou em quatro defasagens na produção e na área plantada. Na produção, as maiores elasticidades foram mensuradas na segunda e quarta defasagens, de respectivamente 0,08 e 0,06. Na área plantada, as maiores elasticidades também foram mensuradas na primeira e segunda defasagens, com valores de, respectivamente, 0,04 e 0,07.

O preço da carne bovina em uma defasagem impactou na produção e, em duas defasagens, impactou na área plantada. Os valores mensurados para as elasticidades da carne bovina para a produção foram de -0,44 na primeira defasagem e, para a área plantada, foram de -0,19 e -0,3. A relação do preço da carne bovina foi inversa como era de se esperar; portanto, a redução do preço desencadeia elevação da produção canavieira, como era esperado, de acordo com a teoria econômica, por serem bens substitutos de oferta para o produtor.

Ressalta-se a necessidade de realização de pesquisa multidisciplinar para se avaliar o impacto de variáveis agrometeorológicas associadas às variáveis econômicas para se explicar a produtividade da cana-de-açúcar.

## REFERÊNCIAS

- Adami, M., Mendes, F. de S., Aguiar, D. A., Salgado, M. P. G., & Rudorff, B. F. T. (2013). Mudança do uso da terra devido à expansão da cana-de-açúcar em São Paulo de 2005 a 2011. In *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR* (pp. 482-489). São José dos Campos: INPE.
- Alkimim, A., Sparovek, G., & Clarke, K. C. (2015). Converting Brazil's pastures to cropland: an alternative way to meet sugarcane demand and to spare forestlands. *Applied Geography (Sevenoaks, England)*, 62, 75-84.
- Banco Central do Brasil. (2017a). *Evolução dos recursos. Anuário Estatístico do Crédito Rural 2012*. Recuperado em 20 de maio de 2017, de <http://www.bcb.gov.br/htms/creditorural/2012/evolucao.pdf>
- Banco Central do Brasil. (2017b). *Calculadora do cidadão*. Recuperado em 25 de maio de 2017, de <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0>
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, & Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. (2008). *Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável* (316 p.). Rio de Janeiro: BNDES.
- Barros, G. S. C. (2007). *Economia da comercialização agrícola*. Piracicaba: ESALQ.
- Beauclair, E., Tezotto, T., & Manocchio Júnior, C. R. (2015). Tratamentos culturais. Manejo da cana-de-açúcar. In G. C. Belardo, M. T. Cassia & R. P. Silva. *Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar* (pp. 289-299). Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola.
- Belik, W. (2015a). *O financiamento da agropecuária brasileira no período recente* (Texto para discussão). Brasília: IPEA.
- Belik, W. (2015b). A heterogeneidade e suas implicações para as políticas públicas no rural brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 53, 9-30.
- Blancard, S., Boussemart, J.-P., Briec, W., & Kerstens, K. (2006). Short and long-run credit constraints in french agriculture: a directional distance function framework using expenditure-constrained profit functions. *American Journal of Agricultural Economics*, 88(2), 351-364.
- Brasil. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. (2012). *Evolução da produtividade da cana-de-açúcar por corte: 2007-2008 até 2011-2012*. Brasília: Departamento de Cana-de-Açúcar e Agroenergia, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.
- Brasil. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. (2019). *Exportação e importação geral*. Brasília: COMEX STAT. Recuperado em 2 de maio de 2019, de <http://comexstat.mdic.gov.br>
- Brigatte, H., & Teixeira, E. C. (2011). Determinantes de longo prazo do produto e da produtividade total dos fatores da agropecuária brasileira no período de 1974-2005. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 49(4), 815-836.
- Bueno, R. L. S. (2008). *Econometria de séries temporais* (299 p.). São Paulo: Cengage Learning.
- Camara, M. R. G., & Caldarelli, C. E. (2016). Expansão canavieira e o uso da terra no estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, 30(88), 93-116.

- Camargo, A. M. M. P., Caser, D. V., Camargo, F. P., Olivette, M. P. A., Sachs, R. C. C., & Torquato, S. A. (2008). Dinâmica e tendência da expansão da cana-de-açúcar sobre as demais atividades agropecuárias, estado de São Paulo 2001-2006. *Informações Econômicas*, 38(3), 47-66.
- Cardoso, L. C. B., & Bittencourt, M. V. L. (2013). Mensuração das elasticidades-preço da demanda, cruzada e renda no mercado de etanol brasileiro: um estudo usando painéis cointegrados. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 51(4), 765-784.
- Ciaian, P., & Swinnen, J. F. M. (2009). Credit market imperfections and the distribution of policy rents. *American Journal of Agricultural Economics*, 91(4), 1124-1139.
- Ciaian, P., Falkowski, J., & Kancs, D. A. (2012). Access to credit, factor allocation and farm productivity: evidence from the CEE transition economics. *Agricultural Finance Review*, 72(1), 22-47.
- Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. (2010). *Perfil do setor do açúcar e do álcool no Brasil. Edição para a safra 2008-2009* (Vol. 1, 80 p.). Brasília: CONAB.
- Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. (2013). *Perfil do setor do açúcar e do álcool no Brasil* (Vol. 1, 88 p.). Brasília: CONAB.
- Faria, W. R., & Almeida, A. N. (2016). Relationship between openness to trade and deforestation: Empirical evidence from the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, 1, 85-97.
- Felipe, F. I. (2008). Dinâmica da agricultura no estado de São Paulo entre 1990 e 2005: uma análise através do modelo shift-sahare. *Revista de Economia Agrícola*, 55(2), 61-75.
- Ferguson, C. E. (2003). *Microeconomia* (20. ed., 610 p.). Rio de Janeiro: Forense Universitária.
- Ferreira, E. R., & Alves, F. D. (2009). Organização espacial da cana-de-açúcar no estado de São Paulo: uma análise evolutiva. In *Anais do V Encontro de Grupo de Pesquisa: "Agricultura, Desenvolvimento Regional e Transformações Socioespaciais"*. Santa Maria: UFSM.
- Gasques, J. G., Bastos, E. T., & Bacchi, M. R. P. (2008). Produtividade e fontes de crescimento da agricultura brasileira. In J. A. De Negri & L. C. Kubota. *Políticas de incentivo a inovação tecnológica no Brasil* (pp. 435-459). Brasília: IPEA.
- Greene, W. H. (2000). *Econometric analysis* (4th ed., 1003 p.). USA: Prentice-Hall Inc.
- Haile, M. G., Brockhaus, J., & Kalkuhl, M. (2016). Short-term acreage forecasting and supply elasticities for staple food commodities in major producer countries. *Agricultural and Food Economics*, 4, 17.
- Haile, M. G., Kalkuhl, M., & von Braun, J. (2015). Worldwide acreage and yield response to international price change and volatility: a dynamic panel data analysis for wheat, rice, corn, and soybeans. *American Journal of Agricultural Economics*, 98(1), 172-190.
- Igreja, A. C. M., Martins, S. S., Rocha, M. B., Bliska, F. M. M., & Tirado, G. (2008). Fatores locacional e tecnológico na competição cana versus pecuária para as regiões geográficas brasileiras. *Revista de Economia Agrícola*, 55(2), 89-103.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE & Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. (2019). *Produção agrícola municipal*. Rio de Janeiro: IBGE. Recuperado em 2 de maio de 2019, de <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>
- Instituto de Economia Agrícola. (2016). *Estatísticas da produção paulista*. São Paulo: IEA. Recuperado em 2 de maio de 2016, de <http://ciagri.iea.sp.gov.br>
- Instituto de Economia Agrícola. (2019). *Estatísticas da produção paulista*. São Paulo: IEA. Recuperado em 7 de maio de 2019, de <http://ciagri.iea.sp.gov.br>
- Koga-Vicente, A., Zullo-Junior, J., & Aidar, T. (2013). Evolução da produção da cana-de-açúcar em regiões canavieiras tradicionais e em expansão do estado de São Paulo. In R. Baeninger, J. Zullo Junior, T. Aidar & R. G. Perez (Orgs.), *Regiões canavieiras* (184 p.). Campinas: Núcleo de Estudos de População – Nepo/Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura - CEPAGRI/Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação-NEPA/UNICAMP
- Rosseto, R., & Dias, F. L. F., & Vitti, A. C. (2008). Fertilidade do solo, nutrição e adubação. In L. L. Dinardo-Miranda, A.C.M. Vasconcelos & M.G. A. Landell (Eds.), *Cana-de-açúcar* (pp. 221- 237). Campinas. Instituto Agrônomo.
- Santos, R. B. N., & Braga, M. J. (2013). Impactos do crédito rural na produtividade da terra e do trabalho nas regiões brasileiras. *Economia Aplicada*, 17(3), 299-324.
- Satolo, L. F., & Bacchi, M. R. P. (2009). Dinâmica econômica das flutuações na produção de cana-de-açúcar. *Economia Aplicada*, 13(3), 377-397.
- Silberberg, E. (1990). *The structure of economics. A mathematical analysis* (2nd ed). USA: Ed. McGraw-Hill.



- Souza, P. M., Ney, M. G., & Ponciano, N. J. (2015). Análise da distribuição dos financiamentos rurais entre os estabelecimentos agropecuários brasileiros. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 53(2), 251-270.
- Távora, F. L. (2011). *História e economia dos biocombustíveis no Brasil* (Textos para Discussão, Vol., 89). Brasília: Centro de Estudos da Consultoria do Senado Federal.
- União da Indústria de Cana-de-Açúcar – UNICADATA. (2019a). *Produção brasileira de etanol anidro e hidratado*. São Paulo: UNICADATA. Recuperado em 10 de maio de 2019, de <http://www.unicadata.com.br/>
- União da Indústria de Cana-de-Açúcar – UNICADATA. (2019b). *Histórico de produção e moagem*. São Paulo: UNICADATA. Recuperado em 6 de maio de 2019, de <http://www.unicadata.com.br/>
- Varian, H. R. (1992). *Micoeconomic analysis* (3rd ed, 506 p.). USA: WW Norton & Company 3/E .
- Zuo, A., Wheeler, S. A., Adamowicz, W. L. V., Boxall, P. C., & MacDonald, D. H. (2015). Measuring price elasticities of demand and supply of water entitlements based on state and revealed preference data. *American Journal of Agricultural Economics*, 98(1), 314-332.

**Submetido:** 11/Out./2017.

**Aceito:** 27/Out./2019

**Sistema de Classificação do Journal of Economic Literature (JEL):** Q – Agricultural and Natural Resource Economics; Environmental and Ecological Economics; Q1 – Agriculture; Q11 – Aggregate Supply and Demand Analysis; Prices.; Q13 – Agricultural markets and Marketing; Cooperatives; Agribusiness