

**DETERMINANTES DA ÁREA CULTIVADA DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL
DE 1988 À 2016**

**DETERMINANTS OF THE CULTIVATED AREA OF SUGAR CANE IN BRAZIL
FROM 1988 TO 2016**

Carlos Roberto Souza Carmo¹

Adriano Dawison de Lima²

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo investigar como as variáveis relacionadas à produção total de açúcar, e os respectivos preços no mercado internacional, e à produção total de etanol, e os respectivos preços no mercado interno, influenciaram a composição da área cultivada de cana-de-açúcar no Brasil, ao longo do período compreendido entre 1988 e 2016. Nesse sentido, foi aplicada a análise de regressão linear múltipla pelo método stepwise às séries históricas de dados referentes ao período proposto e, entre outros resultados, pôde-se observar que as variáveis relacionadas aos volumes totais de produção, tanto do açúcar quanto do etanol, exerceram influência significativa sobre a área cultivada em todo território nacional, ao longo do período analisado. Em relação à variável preço, somente a cotação internacional do açúcar foi considerada estatisticamente significativa para explicar as variações da área cultivada de cana-de-açúcar ao longo do período compreendido entre 1988 e 2016.

Palavras-chave: Cultivo. Determinantes. Cana-de-açúcar.

ABSTRACT

The objective of this research was to investigate how the variables related to the total sugar production, and the respective prices in the international market, and the total ethanol production, and the respective prices in the domestic market, influenced the For this purposethis sense, multiple linear regression analysis was applied by the stepwise method to the historical series of data referring to the proposed period and, among other results, it was observed that the variables related to the total production volumes of both sugar and ethanol, exerted a significant influence on the cultivated area throughout the national territory, during the analyzed period. Regarding the price variable, only the international price of sugar was considered statistically significant to explain the variations of sugarcane cultivated area during the period between 1988 and 2016.

Keywords: Cultivation. Determinants. Sugarcane.

¹ Mestre em Ciências Contábeis (PUC-SP). Professor da Universidade Federal de Uberlândia (FACIC-UFU). Contatos: carlosjj2004@hotmail.com.

² Doutor em Agronomia - Energia na Agricultura (UNESP-BOTUCATU). Professor da Universidade de Uberaba (UNIUBE). Contatos: adawison@bol.com.br.

1 Introdução

A aptidão brasileira para o agronegócio é inegável. Especificamente no setor sucroenergético, o país tem mostrado uma capacidade produtiva expressiva. Onde, o estado de São Paulo é o maior produtor nacional de cana-de-açúcar e detém grande capacidade de processamento dessa matéria-prima no contexto nacional (SHIKIDA; AZEVEDO; VIAN, 2011).

Dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sinalizam que a produção de cana-de-açúcar deve se expandir consideravelmente ao longo das safras compreendidas entre 2013/2014 e 2023/2024 (BRASIL, 2014). Sendo que, no estado de São Paulo, as estimativas do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) indicam um aumento de produção na ordem de 24,6% para a próxima década (BRASIL, 2014). Contudo, os dados do MAPA também sinalizam que devem ocorrer expansões de produção expressivas em outros estados brasileiros, por exemplo, Minas Gerais, Goiás e Paraná (BRASIL, 2014).

Provavelmente, devido à elevada capacidade produtiva e às respectivas expectativas, a temática acerca das relações envolvendo as dimensões da área produtiva no setor sucroenergético têm sido alvo de estudos das mais variadas naturezas, uma vez que são observados trabalhos que buscam avaliar desde impactos sociais decorrentes do crescimento acentuado da área plantada e da capacidade instalada de processamento (BACCHI; CALDARELLI, 2015); passando por estudos voltados para a avaliação da expansão canavieira e uma possível competição pelo uso do solo, em relação às demais atividades agropecuárias (CAMARA; CALDARELLI, 2016); até investigações científicas voltadas para avaliação da influência dos preços do açúcar, do etanol e da própria cana-de-açúcar no dimensionamento da área plantada (SANTOS, 2016).

Assim, é perceptível a inquietação científico-econômica acerca da busca pela identificação e compreensão de fatores que possam explicar as alterações na área destinada ao cultivo da cana-de-açúcar no Brasil e suas possíveis consequências.

Tal interesse ganha ainda mais força quando analisado sob outra perspectiva muito relevante, além daquela referente à expressividade dos resultados do setor para a economia nacional, ou seja, os impactos advindos da tomada de decisão relacionada ao uso da terra ao longo do tempo e os riscos decorrentes tais decisões, pois, “[...] a cana-de-açúcar é caracterizada por ser uma cultura semiperene, apresentando um ciclo produtivo em média de cinco anos, com colheita realizada a cada ano, ou ano e meio”, conforme observa Santos (2016, p. 29). Assim sendo, os investimentos realizados nesse tipo de ativo (terras) tendem a permanecer imobilizado por um longo prazo, o que eleva tanto a taxa de retorno demandada para tais investimentos quanto os riscos relacionados à empreendimentos dessa natureza.

Dessa forma, o conhecimento acerca dos possíveis direcionadores do dimensionamento da área cultivada com esse tipo de cultura pode fornecer suporte à tomada de decisões relacionadas ao planejamento dos investimentos realizados no setor sucroenergético, bem como, sobre os respectivos riscos.

Nesse contexto, o presente estudo teve por objetivo avaliar como as variáveis relacionadas à produção total de açúcar e os respectivos preços no mercado internacional, bem como, à produção total de etanol e os respectivos preços no mercado interno influenciaram o espaço ocupado pela área cultivada de cana-de-açúcar no Brasil como um todo, ao longo do período compreendido entre 1988 e 2016.

Além desta introdução, este artigo é composto por outras quatro seções. Na seção 2 deste artigo, serão analisados os resultados de algumas pesquisas recentes que tiveram como objeto de estudo a temática relacionada às dimensões da área cultivada de cana-de-açúcar e seus possíveis impactos e direcionadores.

Na seção 3 será descrita a amostra de pesquisa e as respectivas fontes de dados, os métodos utilizados para atingir o objetivo geral estabelecido para esta investigação, e, ainda, os testes estatísticos utilizados para validação da modelagem explicativa pesquisada neste estudo.

A seção 4 deste trabalho destina-se à apresentação e discussão dos resultados identificados com a realização do respectivo processo de investigação científica, bem como, sua discussão de forma comparativa em relação aos resultados dos estudos correlatos analisados na plataforma teórica desta investigação científica.

Finalmente, na seção 5, serão apresentadas as considerações finais acerca de todo esse estudo, suas limitações e, ainda, apresentadas sugestões de possíveis pesquisas futuras a serem realizadas para continuidade do debate acerca da temática envolvendo os determinantes da área cultivada de cana-de-açúcar no Brasil.

2 Referencial Teórico

Nyko *et al* (2013) destacam que em 2007 a produtividade da cultura de cana no Brasil atingiu sua melhor marca com 11.200 kg de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR) por hectare (ATR/ha), e que tal resultado se deve à introdução de novas variedades de cultivares na lavoura brasileira. Contudo, a partir de 2010 houve queda de produtividade, chegando a um volume de ATR/ha em torno de 10.000 kg de em 2011 e 2012 (NYCO *et al*, 2013).

Ainda segundo Nyko *et al* (2013), a expansão da área cultivada de cana-de-açúcar, prevista para cerca 14 milhões de hectares em 2030, demandará significativas alterações no sistema de mecanização em uso atualmente, entre outros fatores, de maneira a se atingir níveis adequados de sustentabilidade.

Adicionalmente, Nyko *et al* (2013, p. 415) destacam que, quando comparada às áreas cultivadas de milho e soja, “em termos práticos, a lavoura de cana parece não dispor de escala suficiente para incentivar, no ritmo desejado, as grandes e tradicionais empresas de melhoramento genético a investir em transgenia nessa cultura.”

Observa-se que a despeito da expressividade nos números envolvendo o setor sucroenergético brasileiro, os fatores que podem direcionar o dimensionamento da área cultivada de cana-de-açúcar no contexto nacional são muitos e das mais variadas naturezas possíveis. Por exemplo, somente a partir dos destaques feitos ao estudo de Nyko *et al* (2013) observam-se fatores relacionados à produtividade, sistemas de mecanização, escala de produção, melhoramento genético, entre outros.

Parece que essa diversidade de fatores pode caracterizar-se como um dos direcionadores daquela inquietação científico-econômica acerca da busca pela identificação e compreensão de fatores determinantes do dimensionamento da área plantada dessa cultura, conforme já observado introdutoriamente.

Conforme observam Camara e Caldarelli (2016), pela própria importância do setor sucroenergético na produção agrícola brasileira já se justificaria a realização de estudos dessa natureza. Mais ainda, a expansão das lavouras de cana tem provocado mudanças na paisagem agrícola, o que traz consigo impactos de natureza socioeconômica e ambiental para as regiões produtoras, o que suscita o intenso debate sobre o tema (CAMARA; CALDARELLI, 2016).

Nesse sentido, Lourenzani e Caldas (2014) atribuem parte das mudanças no dimensionamento da área cultivada da cultura de cana à crescente demanda por alternativas energéticas, o que acarreta a elevação da produção mundial de biocombustíveis e isso, por sua vez, implica em transformações complexas com efeitos variados nas regiões de cultivo.

Ao realizarem um estudo utilizando a análise de dados em painel com o objetivo de identificar os impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético no estado de São Paulo, Lourenzani e Caldas (2014) apuraram resultados que lhes permitiram concluir que existe interação positiva e significativa entre aquela expansão e o emprego e a renda do estado.

Por outro lado, Lourenzani e Caldas (2014) também observaram que em certas regiões do estado a expansão da área de cultura de cana-de-açúcar foi 4,6 vezes maior que a área de renovação. Adicionalmente, ao considerarem a variação nominal nas áreas cultivadas de certas culturas analisadas, Lourenzani e Caldas (2014) afirmam que entre 2003 e 2012, na região Oeste Paulista, houve um crescimento de 1,375 milhão de hectares da cultura da cana e uma redução de 1,280 milhão de hectares de pastagem cultivada.

Ao buscarem avaliar a influência de variáveis fisiográficas sobre a expansão canavieira no Centro-Oeste mineiro, entre os anos de 2005 e 2010, Oliveira, Miziara e Ferreira (2015) realizaram a simulação de cenários futuros para a cobertura e uso da terra no ano de 2030.

Os resultados desse estudo indicaram que, dentre as variáveis analisadas, a localização das usinas, as distâncias de áreas cultivadas, a malha viária e a topografia são variáveis que exerceram influência favorável ao aumento da área plantada naquela região (OLIVEIRA; MIZIARA; FERREIRA, 2015).

A partir de simulações, Oliveira, Miziara e Ferreira (2015) também afirmam que os seus mapas de cenários futuros apontaram diferenças significativas entre os dois cenários simulados, sendo que, em um deles, foi sinalizado um expressivo aumento nas áreas das lavouras de cana-de-açúcar, cuja conversão se daria especialmente sobre áreas com agricultura e pastagens, as quais sofreriam reduções de 35% e 27,1%, respectivamente.

Bacchi e Caldarelli (2015) propuseram um estudo em que se buscou identificar os impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético no Estado de São Paulo, de 2005 a 2009. Sendo que, a justificativa para escolha do período em questão se deu função do crescimento acentuado da área plantada e do aumento significativo da capacidade instalada de moagem naquele estado.

Naquela investigação vislumbrou-se também a possibilidade de se estabelecerem relações entre emprego/renda, saúde e escolaridade com a expansão da área plantada de cana-de-açúcar e, ainda, com o aumento do número de unidades produtoras que processam tal matéria-prima para a produção de açúcar e etanol (BACCHI; CALDARELLI, 2015).

Além de refutarem a hipótese de existência de ameaça à segurança alimentar devido à substituição de culturas importantes para a dieta da população por cana-de-açúcar, uma vez que no Brasil há excedentes de produtos de vários setores do agronegócio que são destinados ao mercado internacional (carnes bovina e de aves e grãos, entre outros), Bacchi e Caldarelli (2015, p. 209) concluíram que “[...] existe interação positiva e significativa entre a expansão do setor sucroenergético no estado de São Paulo e o emprego/renda.” Contudo, “[...] não foram observadas evidências acerca do efeito expressivo da expansão do setor sobre a educação e a saúde” (BACCHI; CALDARELLI, 2015, p. 209).

Também com o objetivo de avaliar a expansão canavieira no estado de São Paulo e a consequente competição pelo uso do solo em relação às demais atividades agropecuárias, porém, ao longo do período compreendido entre 1995 e 2013, Camara e Caldarelli (2016) utilizaram um modelo do tipo *shift-share* em duas etapas, em que, num primeiro momento foram realizadas análises com vistas à decomposição da taxa de crescimento do valor da produção de cana-de-açúcar nos efeitos área, rendimento e preço, e, em uma segunda etapa, objetivou-se avaliar a evolução da área plantada de cana-de-açúcar nos subefeitos escala e substituição.

Camara e Caldarelli (2016) identificaram evidências que sugerem que a expansão do setor sucroenergético em São Paulo foi impulsionada pelo aumento da área cultivada e preços, com baixa contribuição do efeito rendimento.

Utilizando séries econômicas temporais e, modelagem matemática autorregressiva, integrada e de média móvel (ARIMA), porém, adaptado à entrada de dados baseada em variáveis exógenas (ARIMAX) e na metodologia de Box-Jenkins, Santos (2016) avaliou a

existência de influência dos preços do açúcar, do etanol e da própria cana-de-açúcar sobre a área plantada de cana no estado de São Paulo, no período de 1995 a 2015.

Os resultados da investigação de Santos (2016) sinalizaram que o preço é uma das variáveis que influenciou a expansão (aumento) da área de cana-de-açúcar, em especial o preço do açúcar.

Acerca das intervenções geradas a partir de eventos de caráter exógeno, Santos (2016) considerou em seu estudo a desregulamentação do mercado sucroenergético a partir de 1998, o lançamento dos veículos *flex* em 2003, e, o período pós-crise financeira mundial, as adversidades climáticas e a quebra da safra da Índia a partir de 2008.

Santos (2016) concluiu que o preço do açúcar foi o mais afetado pelas intervenções geradas a partir daqueles eventos relevantes para o mercado sucroenergético, seguido do dimensionamento da área de cana-de-açúcar, do preço do etanol e do preço da cana-de-açúcar em si.

3 Metodologia

Os dados referentes à “área plantada de cana-de-açúcar” utilizados nesta investigação foram levantados com base nas informações disponibilizadas para consultas a partir do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (IBGE, 2017), referentes à pesquisa “Produção Agrícola Municipal – 2016” (PAM-2016) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2016).

Os dados referentes às informações da produção brasileira de açúcar e etanol total foram obtidas junto ao sistema de consultas UNICADATA, no site da União da Indústria de Cana-de-açúcar (ÚNICA) (2017).

Os dados referentes às “cotações internacionais do açúcar” e ao “preço do etanol no mercado interno” foram levantados junto ao sistema de consultas Ipeadata do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2017).

A informação referente às cotações internacionais do açúcar (centavos de dólar americano / libra-peso) estavam disponíveis para consulta diretamente na seção macroeconômica do Ipeadata referente ao preços de commodities utilizados pelo Fundo Monetário Internacional, *International Financial Statistics* (FMI/IFS) (IPEA, 2017).

Os dados referentes ao preço do etanol no mercado interno foram obtidos a partir do quociente de valores provenientes de duas fontes de informações diferentes dentro sistema de consulta da seção macroeconômica do Ipeadata; ou seja, o preço médio anual do álcool (R\$/m³) informado pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), e a taxa de câmbio (R\$ / US\$ - comercial - venda - fim período) informado na seção de balanço de pagamentos do Banco Central do Brasil (Bacen/Boletim/BP) (IPEA, 2017).

Cabe destacar que, para aquelas duas variáveis relacionadas à cotação internacional do açúcar e preço do etanol no mercado interno, adotou-se o dólar americano (US\$) como padrão monetário de forma a se evitar a interferência das flutuações do poder aquisitivo do real ao longo do tempo.

O Quadro 1 tem por objetivo resumir as informações referentes às variáveis utilizadas nesta pesquisa, tanto da variável de estudo quanto as informações referentes às respectivas variáveis explicativas.

Uma vez que os dados referentes àquelas variáveis descritas no Quadro 1 foram levantados a partir da conveniência da disponibilidades de informações, a amostra desta pesquisa pode ser caracterizada como uma amostra não probabilística, o que impede a generalização dos seus resultados.

Quadro 1 – Descrição das variáveis de pesquisa

Variáveis	Unidade de medida	Fonte	Categoria
-----------	-------------------	-------	-----------

Área plantada de cana-de-açúcar no ano "n"	Hectares	IBGE - Produção Agrícola Municipal	Variável de estudo ou dependente
Produção total de açúcar em "n-1"	Mil toneladas	UNICA – UNICADATA	Variáveis explicativas ou independentes
Cotação internacional do açúcar em "n-1"	Média anual US\$ (centavos de dólar americano / libra-peso)	IPEA – IPEADATA	
Produção total do etanol em "n-1"	Mil metros cúbicos	UNICA – UNICADATA	
Preço do etanol no mercado interno em "n-1"	Média anual US\$ (dólar americano / metro cúbico)	IPEA – IPEADATA	

Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados da pesquisa.

Como metodologia analítica foi utilizada a análise de regressão linear múltipla pelo método *stepwise*. A análise de regressão linear identifica uma modelagem explicativa ($\hat{Y}$) do comportamento de uma determinada variável de estudo (Y), mediante o uso das informações de um conjunto de possíveis variáveis explicativas (X), assumindo o formato descrito pela Equação 1 (SANZ, 2010).

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k + u \quad (1)$$

Na Equação 1, os coeficientes (b_1 até b_k) indicam o efeito das variáveis explicativas ou independentes (X_1 até X_k) sobre o comportamento da variável de estudo ou variável dependente (Y); o coeficiente ou termo constante (b_0) indica o ponto de intercepto do eixo Y a partir da reta identificada pelo modelo explicativo pesquisado ($\hat{Y}$) pela regressão linear; e, o termo “ u ” representa o erro do modelo explicativo ($\hat{Y}$) em relação aos valores reais observados para a variável de estudo (Y), ou seja, o termo de erro é a diferença entre os valores previstos pelo modelo de regressão e os valores reais ($u = \hat{Y} - Y$) (SANZ, 2010). Ainda em relação ao termo constante (coeficiente “ b_0 ”), pode-se dizer que ele tem por finalidade representar o efeito daquelas variáveis que não foram incluídas na modelagem pesquisada pela análise de regressão linear.

Enquanto metodologia analítico-quantitativa, a análise de regressão utiliza o método dos mínimos quadrados para estimar os seus coeficientes (b). Esse método estima aqueles coeficientes de tal modo que os valores referentes à soma dos erros (u) sejam mínimos, sendo que, para identificação dessa soma, esses valores (erros) são elevados ao quadrado, evitando-se que seu somatório seja igual a zero (SANZ, 2010).

O método *stepwise* diz respeito à forma como as possíveis variáveis explicativas são testadas na modelagem pesquisada pela análise de regressão linear, isto é, ele consiste na inclusão hierarquizada das possíveis variáveis explicativas do modelo de regressão, e, posteriormente, na exclusão dessas variáveis explicativas, também de forma hierárquica, até que se identifique somente aquelas que sejam significativamente relevantes para a composição do modelo explicativo da variável de estudo (FÁVERO *et al*, 2009; FIELD, 2009).

Ainda acerca do método *stepwise*, cabe destacar que aquelas quatro variáveis explicativas analisadas no presente estudo foram incluídas na modelagem de pesquisa sob a forma de dois blocos, ou seja, um bloco inicial formado pelas informações referentes ao açúcar, portanto, os respectivo volume de produção e a respectiva cotação internacional; e, um segundo bloco referente ao volume de produção e ao preço do etanol no mercado interno. Sendo que, a ordem de seleção e exclusão dessas variáveis foi hierarquizada a partir da respectiva significância estatística para composição da modelagem pesquisada a partir do método dos mínimos quadrados ordinários.

Para realizar a averiguação dos pressupostos básicos da análise de regressão (ausência de problemas relacionados à multicolinearidade, à heterocedasticidade e à autocorrelação de

resíduos), de forma a permitir validar a modelagem explicativa do dimensionamento da variável de estudo, foram utilizados os parâmetros descritos no Quadro 2.

Quadro 2 – Relação dos testes estatísticos e parâmetros utilizados para validação da modelagem pesquisada pela análise de regressão linear múltipla

Parâmetro	Sigla	Finalidade	Valores de decisão
Coeficiente de correlação	R	Tem por objetivo avaliar a correlação geral das variáveis incluídas no modelo pesquisado ($\hat{Y}$).	Quanto mais próximo de 1,00 melhor.
Coeficiente de determinação	R ²	Tem por objetivo avaliar o poder explicativo do modelo pesquisado ($\hat{Y}$) em relação às observações reais (Y).	Quanto mais próximo de 1,00 melhor. Contudo, uma vez que é o quadrado da correlação, sempre será menor que R.
Estatística f	Est. f	Tem por objetivo avaliar se a combinação linear das variáveis explicativas ($X_1, X_2, \dots, X_n$) exerce influência sobre a variável de estudo (Y).	Sua signif. estatística deve ser menor que 0,05. Portanto: sig. do valor-p < 0,05
Estatística t	Est. t	Tem por finalidade avaliar a possibilidade dos coeficientes ($b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$) da modelagem explicativa ($\hat{Y}$) do comportamento da variável de estudo (Y) serem diferente de zero.	Sua signif. estatística deve ser menor que 0,05. Portanto: sig. do valor-p < 0,05
Estatística de Durbin-Watson	Est. dw	Tem por objetivo diagnosticar a presença de autocorrelação dos resíduos ($u = \hat{Y} - Y$); esse tipo de problema surge quando os resíduos incorporam os efeitos de variáveis explicativas que foram omitidas do modelo, provocando uma correlação indesejada entre os termos de erro (u) a variável de estudo (Y).	Quanto mais próxima de 2 melhor. Contudo, de forma bastante conservadora, devem ser alvo de preocupação os valores maiores que 3 e menores que 1. Portanto: 1 < Est. dw < 3
Estatística VIF	VIF	Indica se as variáveis explicativas ($X_1, X_2, \dots, X_n$) incluídas no modelo de regressão ($\hat{Y}$) apresentam comportamento com forte relacionamento linear (correlação) entre si, denotando assim a existência de colinearidade entre tais as variáveis.	Deve ser inferior a 5,00 para que seja descartada a hipótese de multicolinearidade, nos casos de regressão múltipla. Portanto: VIF < 5,00
Estatística de Tolerance	Tolerance	Também serve para o diagnóstico de multicolinearidade. Indica a tolerância de uma variável explicativa em relação às demais ($X_1, X_2, \dots, X_n$).	Deve ser superior a 0,20 para que seja descartada a hipótese de multicolinearidade. Portanto: tolerance ≥ 0,20
Teste de Pesarán-Pesarán	Pesarán-Pesarán	Avalia a presença de problemas relacionados à heterocedasticidade, que surgem em função da correlação dos resíduos (u) com uma ou mais variáveis explicativas ($X_1, X_2, \dots, X_n$) e, por isso, os resíduos tendem a variar em função dessas variáveis. A operacionalização desse teste consiste na regressão do quadrado dos resíduos padronizados (ZRE ²) em função do quadrado dos valores estimados (ZPR ²), obtidos a partir da equação formada pelos coeficientes do modelo pesquisado.	A estatística “F” da regressão do quadrado dos resíduos padronizados (ZRE ²) em função do quadrado dos valores estimados (ZPR ²) não deve apresentar significância estatística, portanto, ser maior que 0,05, para que seja admitida a independência dos resíduos. Ou seja: sig. do valor-p > 0,05
Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk	Shapiro-Wilk	Avalia se determinada série de dados apresenta distribuição normal ou simétrica. Assim, quando aplicado aos resíduos padronizados gerados a partir do modelo analítico-preditivo da regressão linear, permite corroborar a ausência de problemas relacionados à heterocedasticidade e, o mais importante, indicar que os resíduos possuem distribuição simétrica ou normal, a despeito das séries de dados das variáveis de estudo e explicativas não apresentarem tal condição.	O valor parâmetro do teste Z de Shapiro-Wilk deve ser maior que 0,05. Portanto: Sig. do valor-p > 0,05

Fonte: elaborado pelo autor a partir de Field (2009), Fávero *et al* (2009), Gujarati e Porter (2011), e, Cunha e Coelho (2007).

Diante do exposto, este estudo pode ser caracterizado como uma investigação científica de natureza empírica, baseada em métodos quantitativos aplicados.

4 Análise dos Dados e Apresentação dos Resultados

Ao realizar a análise de regressão linear para identificação das variáveis cujo comportamento estivesse relacionado ao espaço ocupado pela área cultivada de cana-de-açúcar no território brasileiro ao longo do período compreendido entre 1988 a 2016, foi observada uma correlação significativa entre essa variável (independente ou variável de estudo) e as variáveis explicativas referentes à produção total de açúcar, à cotação internacional do açúcar e a produção total de etanol, conforme pode ser visto na Tabela 1.

Dentre as possíveis variáveis explicativas analisadas nesta pesquisa, somente o preço do etanol no mercado interno não apresentou significância estatística para integrar a modelagem explicativa da variável dependente “Área plantada (Hectares)”.

Tabela 1 – Parâmetros da análise de regressão linear aplicada à área plantada de cana-de-açúcar

Modelos			Est. f		Coeficientes		Est. t		Est. de Colinear.		Est.
$\hat{Y}$	R	R ²	Valor-p	Sig.	Variável - X	Betas	Valor-p	Sig.	Tolerance	VIF	DW
1	0,9435	0,8902	218,97	0,000	Constante (b_0)	2.019.549	6,11	0,000			
					Produção Total de Açúcar em) n-1	202	14,80	0,000	1	1	
2	0,9669	0,9350	186,93	0,000	Constante (b_0)	1.110.731	3,30	0,003			
					Produção Total de Açúcar em) n-1	175	14,04	0,000	0,74	1,35	
					Cotação Internacional do Açúcar em n-1	115.775	4,23	0,000	0,74	1,35	
3	0,9910	0,9821	457,24	0,000	Constante (b_0)	462.242	4	0,027			
					Produção Total de Açúcar em) n-1	94	7,90	0,000	0,23	4,35	
					Cotação Internacional do Açúcar em n-1	68.696	4,36	0,000	0,64	1,57	
					Produção Total de Etanol em n-1	175	8,11	0,000	0,20	5,03	1,313

(a)Variável dependente: Área plantada (Hectares)

(b)Estatística f do teste de Pesarán-Pesarán: valor-p = 1,382 (sig. do valor-p = 0,250)

(c) Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk: valor-p = 0,984 (sig. do valor-p = 0,919)

Fonte: elaborado pelo autor, com base nos dados da pesquisa.

Ainda segundo as informações resumidas na Tabela 1, todos os parâmetros calculados permitem validar estatisticamente a modelagem pesquisada a partir da análise de regressão, uma vez que todos os valores observados estão em conformidade com os valores dos parâmetros de decisão descritos no Quadro 2 apresentando na seção anterior, referente aos meios e métodos utilizados para realização desta investigação.

Pode-se observar que todas as modelagens pesquisadas de forma sequencial e hierárquica apresentaram coeficiente de determinação superior a 0,90, sendo que, a modelagem final (modelo 3) foi capaz de explicar 98,21% das observações referentes à área total cultivada de cana-de-açúcar no Brasil entre os anos 1988 e 2016 ($R^2_{[modelo\ 3]} \cdot 100 = 98,21\%$).

A estatística f da modelagem de pesquisa permite afirmar que aquelas três variáveis explicativas (produção total de açúcar, cotação internacional do açúcar e a produção total de etanol) exercem influência significativa sobre a variável de estudo, portanto, sobre a área total cultivada de cana-de-açúcar no Brasil entre os anos 1988 e 2016.

O valor dos coeficientes (b) identificados para cada uma daquelas três variáveis explicativas não pode ser analisado a partir dos respectivos valores absolutos, pois, cada uma daquelas três variáveis identificadas como determinantes da área cultivada de cana foram expressas em unidades de medidas distintas. Contudo, uma vez que as estatísticas t desses coeficientes apresentaram a significância esperada, pode-se proceder ao estudo dos sinais desses coeficientes, de forma a avaliar o sentido da influência exercida por cada uma daquelas variáveis explicativas sobre a área total cultivada de cana-de-açúcar no Brasil.

Nesse sentido, é possível afirmar que existe uma correlação direta entre a produção total de açúcar, a cotação internacional do açúcar e a produção total de etanol em relação à área cultivada de cana-de-açúcar no Brasil.

Ou seja, o comportamento da variável de estudo caminha no mesmo sentido do comportamento daquelas três variáveis explicativas, observadas no ano imediatamente anterior. Assim, se em um dos períodos analisados (1988 a 2016) aquelas três variáveis apresentaram um aumento, em 98,21% das vezes ($R^2_{\text{modelo 3}} \cdot 100 = 98,21\%$), no ano subsequente poderá ser constatado que área total de cana-de-açúcar cultivada também se elevou, admitindo-se um intervalo de confiança de 95%. Sendo que, o inverso também é verdadeiro.

Acerca da comparabilidade desse conjunto de evidências, em relação aos resultados dos estudos de natureza correlata discutidos na plataforma teórica constituída para oferecer suporte a esta investigação, foi possível corroborar parte dos resultados encontrados nas pesquisas realizadas por Camara e Caldarelli (2016) e Santos (2016).

Em ambos os casos, Camara e Caldarelli (2016) e Santos (2016), foi observada a influência da variável preço sobre o dimensionamento da área cultivada de cana-de-açúcar. Apesar da diferença em termos geográficos, uma vez que aqueles dois estudos foram restritos ao estado de São Paulo, os resultados da presente pesquisa também sinalizaram a influência significativa da variável preço sobre a área cultivada em todo território nacional.

Especificamente em relação aos achados científicos de Santos (2016), a presente pesquisa também identificou o preço do açúcar como uma variável relevante no processo de estudo e compreensão do uso da terra para cultivo da cana-de-açúcar.

Por fim, independentemente da relevância do preço, cabe destacar que as variáveis relacionadas aos volumes de produção dos dois principais produtos do segmento econômico sucroenergético nacional (açúcar e álcool) também foram considerados estatisticamente relevantes no processo de análise do espaço utilizado para cultivo da cana-de-açúcar no Brasil.

5 Considerações Finais

Ao buscar analisar alguns dos possíveis determinantes do espaço ocupado pela área plantada de cana-de-açúcar no território brasileiro como um todo, este estudo identificou que produção total de açúcar, a cotação internacional do açúcar e a produção total de etanol, referentes ao ano anterior, foram os principais direcionadores da variável analisada.

Por outro lado, o preço do etanol no mercado interno não apresentou significância estatística suficiente para caracterizar-se como um possível determinante do dimensionamento da área cultivada da cana, comparativamente àquelas três variáveis assim consideradas.

É importante destacar que, no caso específico do açúcar, tanto seu volume de produção quanto sua cotação no mercado internacional foram considerados determinantes significativos.

Dentre os estudos anteriores analisados para composição da plataforma teórica desta pesquisa, dois deles também identificaram a variável preço como uma variável relevante no processo de compreensão da área ocupada pela cultura da cana, ou seja, Camara e Caldarelli (2016) e Santos (2016). Sendo que, no caso de Santos (2016), esta investigação permitir identificar resultados semelhantes tanto em relação à variável preço quanto sua natureza, ou seja, o preço da variável açúcar.

Como principal limitação desta investigação destaca-se a utilização de uma amostra não probabilística constituída a partir da conveniência da disponibilidade de informações. Apesar disso, destaca-se como ponto positivo o rigor metodológico aplicado tanto ao processo de análise dos dados quanto à validação da modelagem pesquisada a partir da análise de regressão linear.

Para a continuidade deste estudo, sugere-se a realização de pesquisas futuras cuja atenção possa se concentrar em outras características tanto do preço quanto da produção nacional (quantidades) de açúcar, de forma simultânea. Ou ainda, sugere-se o desenvolvimento

de estudos com vistas à compreensão do dimensionamento da área cultivada de cana-de-açúcar a partir da possível influência das quantidades de açúcar exportado pelo Brasil, bem como, dos respectivos montantes de valores recebidos pela venda internacional dessa *commodity*.

Dessa forma, espera-se que os resultados alcançados neste trabalho de pesquisa possam ser somados aos resultados de outros estudos de natureza correlata; e, assim, se consiga contribuir para o debate acerca da temática envolvendo os possíveis determinantes do espaço ocupado pela área cultivada de cana-de-açúcar, enquanto componente relevante do segmento econômico sucroenergético brasileiro.

Referências

BACCHI, M. R. P.; CALDARELLI, C. E. Impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético no Estado de São Paulo entre 2005 e 2009. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v.25, n.1, p. 209-224, jan./abr. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/neco/v25n1/1980-5381-neco-25-01-00209.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2017.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio: Brasil 2013/2014 a 2023/2024 projeções de longo prazo**. Brasília : Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica (MAPA/ACS), 2014. Disponível em: <http://globaltrends.thedialogue.org/wp-content/uploads/2015/03/Projecoes_2013-2014_2023-2024.pdf>. Acesso em: 13 set. 2017.

CAMARA, M. R. G. da; CALDARELLI, C. E. Dilemas ambientais e fronteiras do conhecimento. **Estudos Avançados**, São Paulo , v.30, n. 88, p. 93-116, set./dez. 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v30n88/0103-4014-ea-30-88-0093.pdf>>. Acesso em 19 set. 2017.

CUNHA, J. V. A.; COELHO, A. C.. Regressão linear múltipla. In: CORRAR, L. J. (org). **Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. São Paulo: Atlas, 2007.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L. da; CHAN, B. L.. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FIELD, A.. **Descobrimos a estatística usando SPSS**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C.. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal – 2016: culturas temporárias e permanentes**. v. 43. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2016_v43_br.pdf>. Acesso em: 07 set. 2017.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**: Produção Agrícola Municipal - 2016. Tabela 1612. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>>. Acesso em: 07 set. 2017.

IPEA, INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Ipeadata**: dados macroeconômicos - preço médio - álcool - metro cúbico. Brasília: Ipea, 2017. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

IPEA, INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Ipeadata**: dados macroeconômicos - Taxa de câmbio - R\$ / US\$ - comercial - venda - fim período. Brasília: Ipea, 2017. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

LOURENZANI, W. L. ; CALDAS, M. M.. Mudanças no uso da terra decorrentes da expansão da cultura da cana-de-açúcar na região oeste do estado de São Paulo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.11, p.1980-987, nov. 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v44n11/0103-8478-cr-44-11-01980.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2017.

NYKO, D.; VALENTE, M.; MILANEZ, A.; TANAKA, A.; RODRIGUES, A. A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural? Bionergia. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, v.37, p. 399-442, mar. 2013. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3710.pdf>. Acesso em: 19 set. 2017.

OLIVEIRA, E. G.; MIZIARA, F.; FERREIRA, E.. Fatores determinantes e cenários futuros sobre a expansão da cana-de-açúcar na região de Cerrado no Centro-Oeste mineiro. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 9, n. 1, p.79-103, abr. 2015. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/ateli/article/view/29101/18592>>. Acesso em: 10 set. 2017.

SANTOS, J. Z. dos. **Influência dos preços do açúcar e etanol na variação da área de cana-de-açúcar no estado de São Paulo**. 2016. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Energia na Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2016. Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq1542.pdf>>. Acesso em 17 set. 2017.

SANZ, P. V.. **SPSS17 - Extracción del conocimiento a partir del analyses de datos**. México (DF): Alfaomega Grupo Editor, 2010.

SHIKIDA, P. F. A.; AZEVEDO, P. F. de; VIAN, C. E. de F. Desafios da agroindústria canavieira no Brasil pós-desregulamentação: uma análise das capacidades tecnológicas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.49, no.3, p.599-628, jul./set. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/resr/v49n3/a04v49n3.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2017.

UNICA, União da Indústria de Cana-de-Açúcar. **Histórico de produção e moagem por produto**: UNICADATA/PRODUÇÃO/. São Paulo: UNICA, 2017. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=31&tipoHistorico=2>>. Acesso em: Acesso: 23 set. 2017.