



## ANAIS

### ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO OESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

IVANA SAYURI KODAMA  
ivana.kodama@unesp.br  
UNESP

WAGNER LUIZ LOURENZANI  
w.lourenzani@unesp.br  
INESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

**RESUMO:** A crescente preocupação com a mudança climática e a consequente demanda por alternativas energéticas ao petróleo têm aumentando a produção mundial de biocombustíveis e, conseqüentemente, o cultivo das culturas agrícolas. O lançamento dos veículos bicompostíveis, no ano de 2003, propiciou a retomada, no país, da importância da produção de etanol, redundando numa nova fase de expansão dessa cultura. O estado de São Paulo representou a maior parte da expansão nacional. Contudo, esse processo não ocorreu homogeneamente em todo o território estadual, concentrando-se mais expressivamente na região oeste paulista. Buscando aumentar a competitividade do sistema produtivo, as tecnologias nacionais desenvolvidas permitiram prolongar a vida dos canaviais e utilizar insumos e mão de obra de forma mais eficientes. Apesar do avanço significativo, a produtividade da cana-de-açúcar passou, nos últimos anos, a apresentar trajetória distinta, com anos seguidos de redução de seus indicadores, ainda que a análise no longo prazo revele que o percurso continue crescente. Nesse contexto, objetivo dessa proposta é analisar a produtividade da cultura da cana-de-açúcar na região oeste do estado de São Paulo, entre 2003 e 2019. O método utilizado para o alcance desse objetivo será o modelo "Shift-Share", que permitirá analisar a evolução da produção de cana-de-açúcar, por meio da decomposição dessa variável em dois fatores, "efeito área" e "efeito produtividade". Considera-se que a compreensão das transformações oriundas da expansão da cana-de-açúcar na região de análise pode servir como um importante instrumento de informações para outras regiões, com potencial de expansão da cana-de-açúcar, subsidiando a elaboração e implantação de políticas públicas, bem como para a tomada de decisão de agentes privados e públicos.

**PALAVRAS CHAVE:** Cana-de-açúcar. Produtividade. Shift-share.

**ABSTRACT:** The growing concern with climate change and the consequent demand for energy alternatives to oil have increased the global production of biofuels and, consequently, the cultivation of agricultural crops. The launch of biofuel vehicles, in 2003, led to the resumption, in the country, of the importance of ethanol production, resulting in a new phase of expansion of this culture. The state of São Paulo represented most of the national expansion. However, this process did not occur homogeneously throughout the state, being concentrated more significantly in the western region of São Paulo. Seeking to increase the competitiveness of the productive system, the developed national technologies have allowed to prolong the life of the cane fields and to use inputs and labor more efficiently. Despite the significant advance, the productivity of sugarcane has in recent years, started to show a different trajectory, with consecutive years of reduction of its indicators, although the analysis in the long term reveals that the path continues to increase. In this context, the objective of this article is to analyze the productivity of the sugarcane crop in the western region of the state of São Paulo, between 2003 and 2019. The method used to achieve this will be the "Shift-Share" model, which it will make it possible to analyze the evolution of sugarcane production, by decomposing this variable into two factors, "area effect" and "productivity effect". The understanding of the transformations arising from the expansion of sugarcane in the region of analysis can serve as an important instrument of information for other regions, with potential for the expansion of sugarcane, subsidizing the elaboration and implantation of public policies, as well as for decision-making by private and public agents.

**KEY WORDS:** Sugarcane. Productivity. Shift-Share.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com grandes perspectivas e potencialidades no agronegócio, em face de suas características e diversidades, tanto de clima quanto de solo, possuindo ainda áreas agricultáveis altamente férteis e inexploradas (PACHECO *et al.*, 2012).

Nos últimos 40 anos a produção agropecuária brasileira se desenvolveu de tal forma que o país é considerado o grande fornecedor de alimentos e commodities do futuro, produtos estes que possuem valor estratégico para economia brasileira, tais como: soja, milho, leite, café, álcool, açúcar, produtos da pecuária, fruticultura e produtos florestais (CNA, 2020).

O agronegócio tem sido um importante pilar no crescimento econômico brasileiro, registrando grandes avanços quantitativos e qualitativos, mantendo o setor com alta capacidade empregadora e de geração de renda, além de impulsionar o desenvolvimento econômico dos demais setores da economia (PACHECO *et al.*, 2012).

De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) e o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), em 2019 a população ocupada no agronegócio brasileiro somou 18,3 milhões de empregados, com uma participação do agronegócio de 19,6% no mercado de trabalho brasileiro (BARROS *et al.*, 2020).

Em 2019 o agronegócio representou 21,5% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Dentre os segmentos, 68% (R\$ 1,06 trilhão) corresponderam ao ramo agrícola e 32% (R\$ 494,8 bilhões) ao ramo da pecuária (CEPEA, 2020b; CNA, 2020). A cana-de-açúcar, por sua vez, possui grande representatividade no ramo agrícola. Até Julho de 2020, a cultura ocupava a quinta posição no ranking dos produtos agrícolas com maior faturamento na produção, com R\$47,43 bilhões de reais.

Tradicionalmente, o setor sucroalcooleiro brasileiro sempre foi um dos grandes produtores e exportadores de produtos derivados da cana-de-açúcar do mundo, com grande representatividade mundial. A partir dos anos 2000, a produção de cana-de-açúcar teve um novo impulso, principalmente, pelo aumento da demanda por alternativas energéticas mais limpas, como o biocombustível, e também pelo surgimento dos veículos flex fuel (LOURENZANI; CALDAS, 2016)

Com o lançamento do motor bicombustível, em 2003, o aumento da demanda do etanol levou a uma recuperação do preço desse combustível, que anteriormente encontrava-se muito abaixo do preço da gasolina. Os veículos bicombustíveis impulsionaram o aumento das exportações do etanol e, conseqüentemente, a produção da cana-de-açúcar no Brasil (NASS *et al.*, 2007; LEITE; LEAL, 2007; TSUTIYA; ZAKIR; PIGATTO, 2008).

Apesar do interesse global nos biocombustíveis como alternativa para solucionar a crise energética e as mudanças climáticas, diversos debates surgiram, envolvendo problemas de caráter ambiental e social, ligados à correta produção, comercialização e utilização sustentável dos biocombustíveis (DUFT; PICOLI, 2018).

O levantamento realizado pela divisão de bioenergia e segurança alimentar da FAO (2013) constatou que tais discussões englobam, principalmente, os efeitos na segurança alimentar e no preço das commodities alimentares; na destinação e uso da terra; emissão dos GEE e os efeitos sociais no campo (FAO, 2013; RAVAGNANI, 2014).

Contudo, o Brasil se destaca com alta potencialidade para a produção de biocombustíveis, especialmente a partir do etanol de cana-de-açúcar, por apresentar balanço energético favorável, consumindo menos energia fóssil para a produção de energia renovável (KOHLHEPP, 2010, SILVA; MIZIARA, 2011).

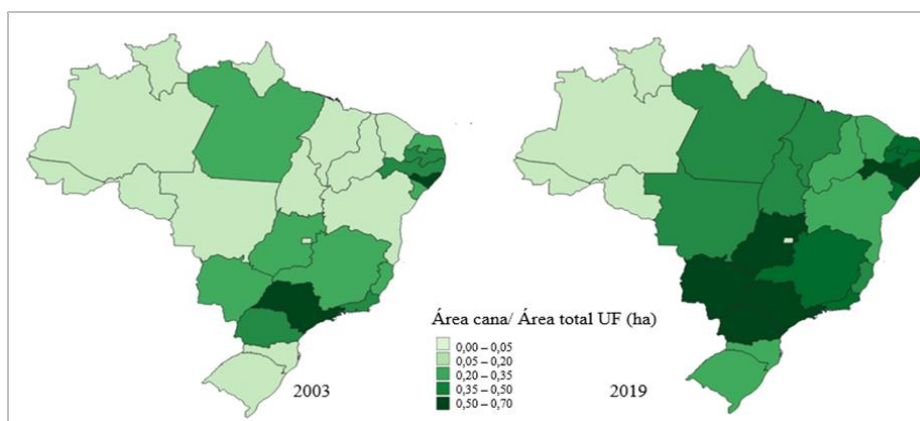
No cenário mundial, o país apresenta grande vantagem competitiva devido à sua diversidade edafoclimática, com condições favoráveis para o plantio de culturas destinadas à

produção de biocombustíveis (amendoim, babaçu, beterraba, cana-de-açúcar, canola, gergelim, mandioca, mamona, milho, trigo), a disponibilidade de recursos naturais, tecnologia e mão de obra (SLUZZ; MACHADO, 2006).

Além disso, esse cenário é resultado de uma série de variáveis, como a procura por esse tipo de produto, a capacidade do Brasil em fornecer etanol para os países demandantes, o cumprimento de critérios pré-estabelecidos pelos países importadores, e as regras institucionais para o funcionamento do mercado sucroalcooleiro (TSUTIYA; ZAKIR; PIGATTO, 2008).

Atualmente o Brasil é líder na produção de cana-de-açúcar, representando 39% da produção e 45% da exportação mundial (UNICA, 2019; FAO, 2019; IBGE, 2020a). Ocupa a segunda posição na produção de etanol e açúcar, com 28% da produção mundial (RFA, 2018). No período entre 2003 (surgimento do motor flex fuel) a 2019, tanto a área plantada quanto a produção de cana-de-açúcar no país, mais que duplicou (IBGE, 2020a).

Cabe salientar o importante papel da região Centro-Sul na expansão sucroenergética brasileira (Figura 1). Desde 1990, a região é líder no ranking da produção e processamento no setor, com representatividade de mais de 80% na produção nacional de cana-de-açúcar (CAMARA; CALDARELLI, 2016; UNICA, 2019).



**FIGURA 1.** Expansão do cultivo da cana-de-açúcar, por UF nos anos 2003 e 2019.

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir da base cartográfica do IBGE (2020d) e IPEA (2020).

Segundo dados do IBGE (2020a), de toda a expansão nacional ocorrida entre os anos de 2003 a 2019, a concentração foi maior na região Centro-Sul, sendo que 55,4% ocorreu no estado de São Paulo, considerado líder nacional do setor sucroenergético (CAMARA; CALDARELLI, 2016). No ano de 2019, o estado paulista representou 54,7% da área colhida e 56,5% da quantidade produzida no país (IBGE, 2020a). Na safra 2018/2019, representou 62,57% do açúcar e 48,17% do etanol produzido no país (UNICA, 2019; USDA, 2019).

Tal expansão, porém, não ocorreu de forma homogênea em todo o território paulista, concentrando-se mais fortemente na região oeste. Este processo foi estimulado principalmente por políticas públicas, que atuaram com incentivos para investimentos em infraestrutura, construção e ampliação de usinas, além de aporte à produção e exportação dos produtos (CAMARGO, 2008; RUAS; FERREIRA; BRAY, 2014).

Nesse contexto, o principal objetivo dessa proposta é analisar a produtividade agrícola da cultura da cana-de-açúcar na região oeste do estado de São Paulo. Especificamente, pretende-se: *a)* caracterizar a evolução da produção e da produtividade da cana-de-açúcar na região Oeste Paulista e *b)* compreender a influência dos fatores “área” e “produtividade” na evolução da produção de cana-de-açúcar nessa região.

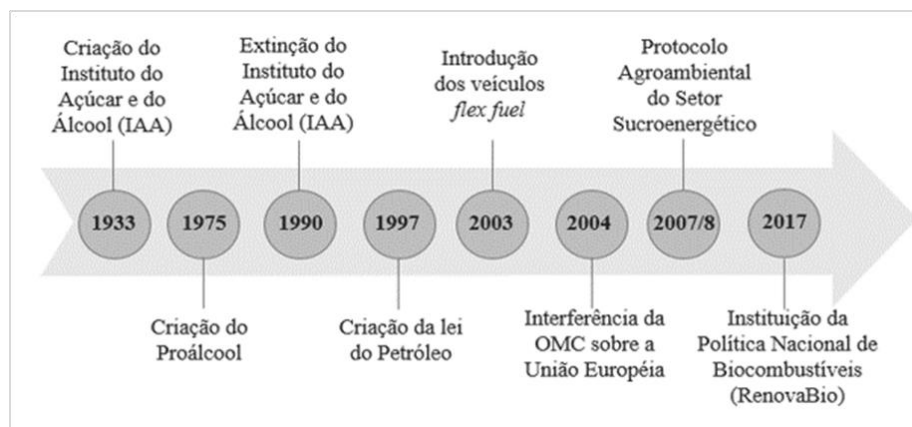
Compreender as transformações decorrentes da expansão da cana-de-açúcar na região Oeste Paulista pode servir como um importante instrumento de informações para outras regiões do Brasil, cujo potencial para expansão da cana-de-açúcar seja expressivo, contribuindo para a elaboração e implantação de políticas públicas, bem como para a tomada de decisão de agentes públicos e privados.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

A produtividade agrícola é caracterizada como um importante indicador para a análise comparativa do desempenho e perspectiva dos setores produtivos, por relacionar os valores com a quantidade dos fatores de produção (terra, capital, trabalho) utilizados. Diversas variáveis influenciam na combinação dos fatores e na produtividade, tais como: o preço relativo, disponibilidade de terra e determinações do processo produtivo (BUAINAIN; VIEIRA, 2018).

Dentre as variáveis de influência sobre a produtividade do setor sucroalcooleiro no Brasil, têm-se a presença de forte intervenção governamental e também as inovações institucionais, científicas e tecnológicas, implementadas pelos setores público e privado, que impulsionaram a produção e a produtividade da cultura da cana-de-açúcar e seus derivados (IVO *et al.*, 2008).

Além disso, o cultivo da cana-de-açúcar seguiu um caminho paralelo à identidade e ao desenvolvimento nacional, pautado em momentos históricos-políticos que influenciaram no cenário econômico do País (Figura 2).



**FIGURA 2.** Acontecimentos correlatos à produção de cana-de-açúcar e etanol no Brasil.

Fonte: TSUTIYA; ZAKIR; PIGATTO (2008); IEA (2015); ANP (2020).

Muito embora a incorporação da cana-de-açúcar em território brasileiro seja datada da fase de colonização pelos portugueses, a expansão do cultivo e aumento da produtividade ocorreu somente a partir da década de 1970, momento em que o país vivenciava intenso desenvolvimento agrícola e industrial, além de ser amparado por diversas inovações políticas (GOES; MARRA; SILVA, 2008; PROENÇA, 2008; IVO *et al.*, 2008).

Tais políticas eram comandadas desde 1933 pelo Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), que era a principal instituição reguladora da produção sucroalcooleira e das relações entre os vários agentes produtores (IVO *et al.*, 2008). No início da década de 1970, com a alta do preço do açúcar, muitos empresários do setor recorreram ao incentivo do Programa de Modernização da Agroindústria Canavieira do IAA, duplicando a capacidade produtiva de 5,4 milhões de toneladas para 11,4 milhões de toneladas de açúcar por safra, com foco no mercado



internacional (RIDESA, 1995 *apud* IVO *et al.*, 2008)

Nesse período o Brasil sofreu com as intensas mudanças no patamar de preços do petróleo no mercado internacional. Os preços, considerados baixos até 1970, quadruplicaram em 1973, passando de US\$3 para US\$12 por barril. Isso ocasionou descompasso na balança comercial, visto que o país importava cerca de 85% do petróleo consumido internamente. Além disso, a proporção gasta com a importação do produto aumentou significativamente, passando de 22,7% em 1974 para 44,5% em 1980, quando o preço por barril de petróleo alcançou US\$32 (IVO *et al.*, 2008).

Por volta de 1975, o preço do açúcar no mercado internacional sofreu grande declínio, agravando a situação do setor e do governo. Então, o álcool que era considerado um produto complementar na cadeia produtiva da cana-de-açúcar, passou a ser visto como alternativa viável para diminuir a dependência do petróleo. Diante disto, foi lançado o Proálcool, um programa governamental que preconizava a substituição de parte do consumo de gasolina pelo etanol, obtido a partir da cana-de-açúcar - sendo pioneiro no uso, em larga escala, como combustível automotivo (PROENÇA, 2008).

Com o advento do programa, a produtividade da terra iniciou uma trajetória ascendente atingindo seu crescimento máximo na segunda metade da década de 1980 (BUAINAIN; VIEIRA, 2018). No início da década de 1970, antes do Proálcool, a produtividade média brasileira era de 49 t/ha de cana, com rendimento médio de 87 kg de açúcares redutores totais (ART) por tonelada de cana. Em 2008, esses rendimentos alcançaram 80 t/ha e 140 kg de ART por tonelada de cana (IVO *et al.*, 2008).

Outros fatores são apontados como influenciadores na produtividade da cana-de-açúcar, como a expansão das áreas cultivadas com cana-de-açúcar por meio da substituição das áreas de pastagem, o uso de cultivares melhoradas e a incorporação de novas tecnologias (TSUTIYA; ZAKIR; PIGATTO, 2008; IVO *et al.*, 2008).

A adoção de máquinas na colheita da cana-de-açúcar permitiu que os produtores utilizassem áreas contínuas cada vez maiores (TSUTIYA; ZAKIR; PIGATTO, 2008). No Brasil, o sistema de colheita mecanizada avançou muito nos últimos anos, passando de 24,4% na safra 2007/08 para 91,6% na safra 2018/19 (CONAB, 2018). Contudo, mesmo com o crescimento no índice de mecanização, as dificuldades de adaptação tecnológica ainda proporcionam deficiências no desempenho agrícola canavieiro, sobretudo na produtividade (BERNARDO *et al.*, 2019).

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O recorte geográfico adotado foi a região Oeste do estado de São Paulo, aqui considerada como a integração das Mesorregiões Araçatuba, Assis, Marília, Presidente Prudente e São José do Rio Preto (Figura 3).



**FIGURA 3.** Recorte geográfico da pesquisa (região Oeste Paulista).

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A base metodológica foi de caráter exploratório e baseou-se em uma pesquisa quali-quantitativa. A análise qualitativa subsidiou a identificação, caracterização e análise da expansão agrícola da cultura da cana-de-açúcar na região oeste do estado de São Paulo. Para tanto, foram utilizadas a pesquisa bibliográfica e a documental.

O recorte temporal dessa pesquisa compreendeu o período entre 2003 e 2019. O surgimento do carro bicombustível (2003) serviu como ponto de partida de uma nova fase de expansão da cultura de cana-de-açúcar no Brasil. Para analisar a expansão da cultura da cana-de-açúcar nessa região, a fonte de dados consultada foi a Pesquisa Agropecuária Municipal do Sistema IBGE de Recuperação Automática (PAM/SIDRA).

Os dados geoespaciais, por sua vez, foram obtidos no formato *shapefile* (.shp) nas bases cartográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e na malha digital geográfica do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA Geo). Tais dados foram tratados e inseridos em um sistema de informação geográfica (SIG), por meio do *software* de código aberto “Quantum GIS v. 3.12.3” (*QGIS Bucuresti*), visando construir mapas para a visualização da relação entre a área plantada/área territorial dos municípios pertencentes às mesoregiões do estudo.

Sob o aspecto quantitativo, para compreender a influência dos fatores “área” e “produtividade” na evolução da cana-de-açúcar na região oeste do estado de São Paulo utilizou-se o modelo *Shift-Share*, também conhecido como diferencial estrutural, por meio da decomposição dessa variável em dois fatores, “efeito área” e “efeito produtividade” (ZOCKUN, 1978; SANTOS *et al.*, 2008; CAMARGO *et al.*, 2008). Tal modelo tem sido utilizado principalmente em estudos da área econômica, mas também pode ser adaptado para outras áreas de conhecimento (LOURENZANI; CALDAS, 2014; CAMARA; CALDARELLI, 2016; BERNARDO *et al.*, 2019).

Esse modelo é apropriado para compreender o crescimento de uma região ou de um produto em determinada condição. É exatamente nesta perspectiva que esta pesquisa se apropria deste modelo, adaptando-o para calcular a decomposição da taxa de variação da produção de cana-de-açúcar nos componentes “área colhida” e “produtividade” (PEREIRA, 1997). Nesse contexto, são apresentadas a seguir as expressões utilizadas para a análise da produtividade desta pesquisa.

A expressão (1) apresenta a produção de cana-de-açúcar como resultado da multiplicação dos valores representados pela área colhida e sua respectiva produtividade:

$$P_c = A \times p \quad (1)$$

Sendo que:

$P_c$  = produção de cana-de-açúcar em toneladas (ton);

$A$  = área colhida em hectares (ha);

$p$  = produtividade em toneladas por hectares (ton/ha).

A expressão (2) apresenta a produção de cana em toneladas, em um dado período “i” (Inicial).

$$P_{ci} = A_i \times p_i \quad (2)$$

A expressão (3) apresenta a produção de cana em toneladas, em um dado período “f” (Final).

$$P_{cf} = A_f \times p_f \quad (3)$$

A expressão (4) apresenta a “variação da produção” em toneladas, quando varia somente a área colhida.

$$P_{cf}^A = A_f \times p_i \quad (4)$$

A expressão (5) apresenta a “variação da produção” em toneladas, quando varia apenas a produtividade.

$$P_{cf}^P = A_i \times p_f \quad (5)$$

A mudança na produção em toneladas (6), entre o período “i” e o período “f” é expressa por:

$$P_{cf} - P_{ci} = (P_{cf}^A - P_{ci}) \times (P_{cf} - P_{cf}^A) \quad (6)$$

Em que:

$P_{cf} - P_{ci}$  = Variação total da produção em toneladas;

$P_{cf}^A - P_{ci}$  = Efeito área colhida em hectares;

$P_{cf} - P_{cf}^A$  = Efeito produtividade em toneladas por hectares.

A expressão (7) é a taxa média anual de variação da produção em toneladas (efeito total)

$$r = \sqrt[n]{\frac{P_{cf}}{P_{ci}}} - 1 \quad (7)$$

A expressão (8) para o “Efeito Área”, tem-se:  $\frac{(P_{cf}^A - P_{ci})}{(P_{cf} - P_{ci})} \times r \quad (8)$

A expressão (9) para o “Efeito Produtividade”, apresenta:  $\frac{(P_{cf} - P_{cf}^A)}{(P_{cf} - P_{ci})} \times r \quad (9)$

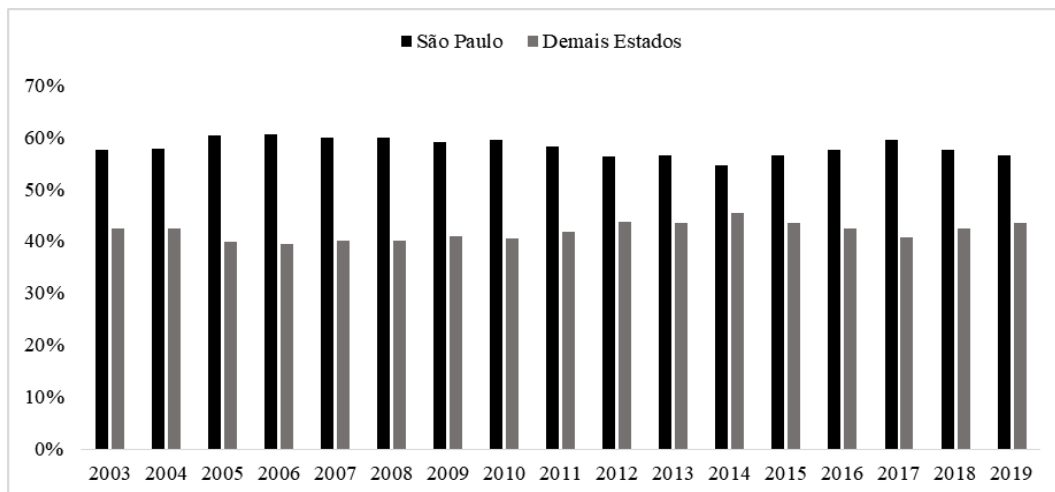
O “efeito área”, neste caso, área colhida, indica as variações da expansão de área, quebra de barreiras agrícolas, substituição de culturas, entre outros. O “efeito produtividade” representa a intensificação dos meios de produção, englobando a melhoria de tecnologia aplicada, variedades de cana mais adaptadas, eficiência da mecanização no plantio e colheita, e o incremento da produção por unidade de área.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Evolução da produção e produtividade da cana-de-açúcar na região oeste paulista

No período entre 2003 e 2019, o Brasil teve uma significativa expansão na cana-de-açúcar. Houve aumento de 46% em termos de área e 47% em quantidade produzida. A área colhida com cana-de-açúcar praticamente duplicou no Brasil, passando de cerca de 5 milhões de hectares para mais de 10 milhões de hectares; enquanto que a quantidade produzida passou

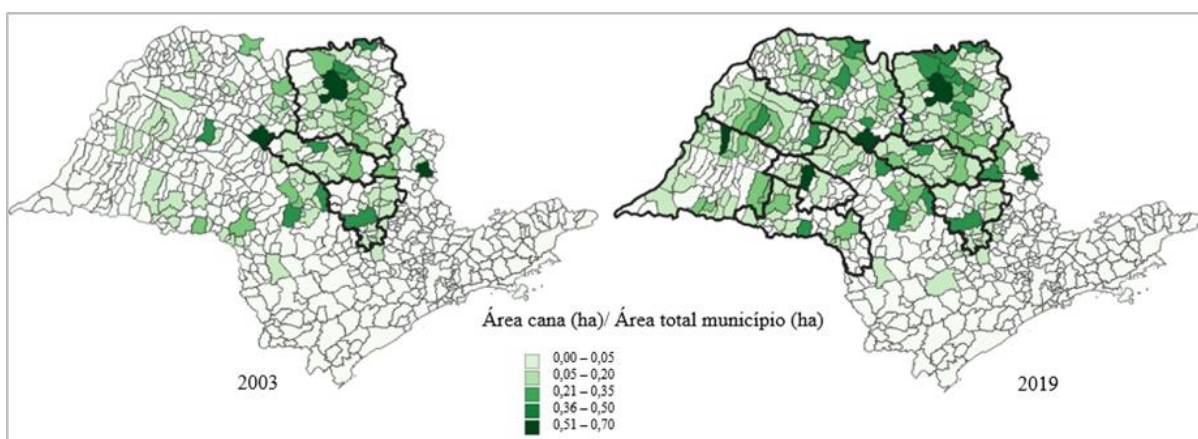
de 390 para 750 milhões de toneladas (IBGE, 2020a). Nesse período, o estado de São Paulo se destacou no processo de expansão do setor canavieiro brasileiro, representando 57% da produção nacional (Gráfico 1).



**GRÁFICO 1.** Representatividade do estado de São Paulo na produção nacional de cana-de-açúcar (2003-2019).

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de dados do IBGE (2020a).

Apesar de sua expressividade em âmbito nacional, a expansão da cana-de-açúcar não ocorreu de forma homogênea no estado de São Paulo. A Figura 4 apresenta a evolução da ocupação dessa cultura, revelando a expansão do cultivo da região Centro-Norte para a região oeste do estado, entre 2003 e 2019.



**FIGURA 4.** Expansão do cultivo da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, entre 2003 e 2019

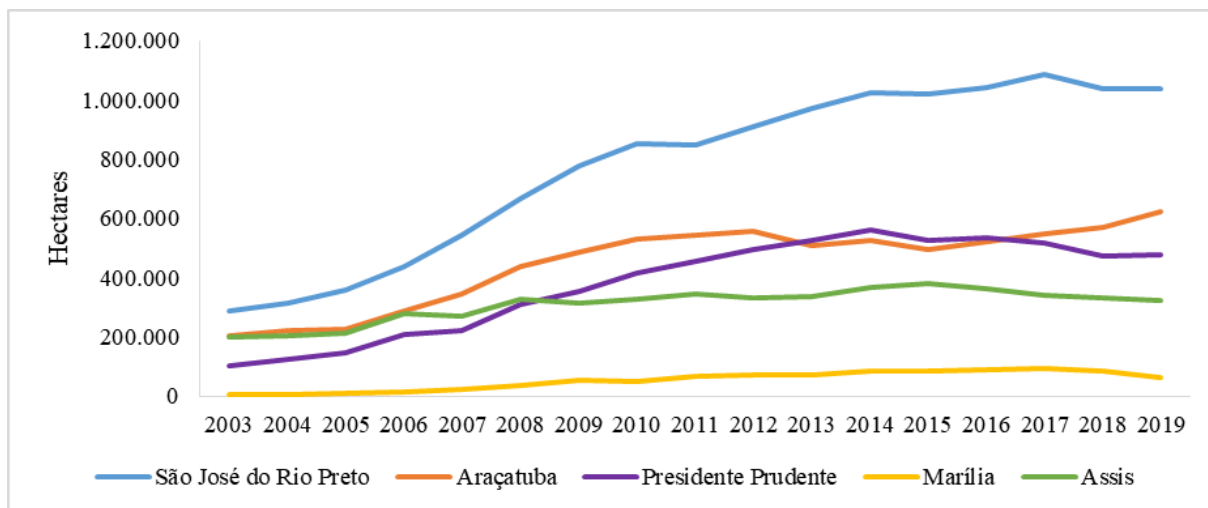
Fonte: Elaborado pelos autores, a partir da base cartográfica do IBGE (2020d) e IPEA (2020).

Tais dados reforçam a importância da região oeste paulista na produção estadual da cana-de-açúcar, especialmente as mesorregiões adotadas neste estudo. Em 2003, essas mesorregiões representavam 16% da produção do estado; em 2019, essa representatividade passou para cerca de 25%.

No Gráfico 2, é possível verificar a evolução do cultivo de cana-de-açúcar por Mesorregião da região Oeste Paulista. Entre 2003 e 2019, essa região teve um incremento de 1,7 milhões de hectares. Deste valor, destaca-se a Mesorregião São José do Rio Preto, que teve incremento de 749 mil hectares no período, representando 43% da expansão total, seguido das



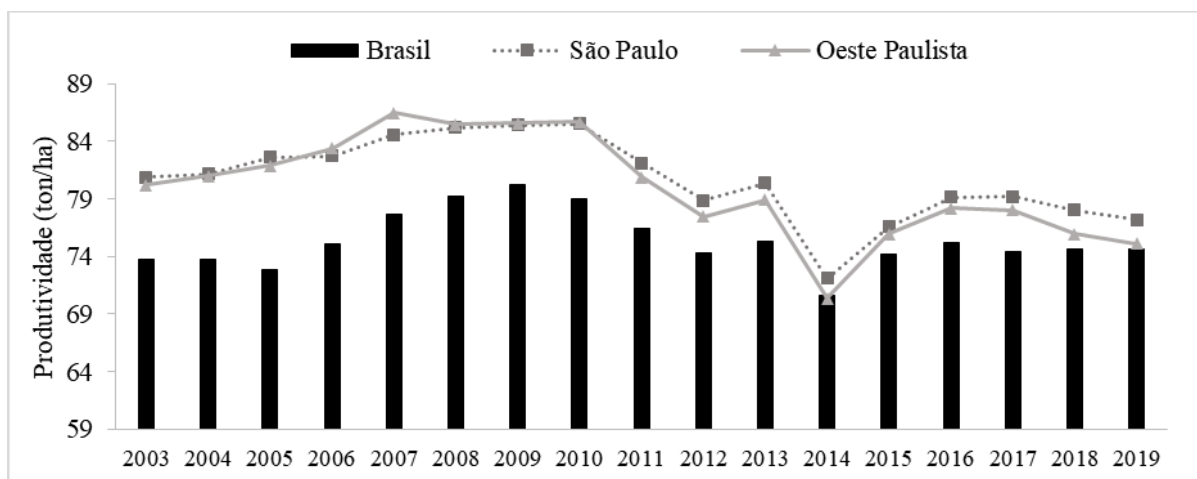
Mesorregiões Araçatuba e Presidente Prudente, com incremento de 418 e 375 mil hectares, respectivamente.



**GRÁFICO 2.** Evolução do cultivo de cana (ha), por mesorregião, no período entre 2003 e 2019.

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de dados do IBGE (2020a).

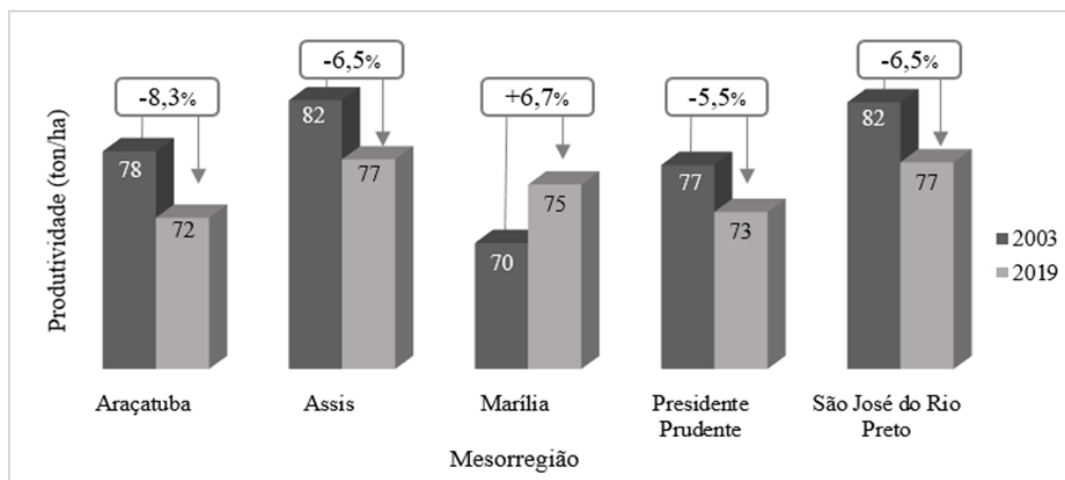
Em termos de produtividade (toneladas/hectare), durante os anos analisados (2003-2019), o Brasil apresentou oscilações, com crescimento do índice até 2009, com posterior redução até 2014 e estagnação desde 2015. Em relação ao estado de São Paulo, que apresenta um índice acima da média nacional em todo o período, percebe-se uma gradativa redução na sua produtividade desde 2010 (Gráfico 3).



**GRÁFICO 3.** Produtividade (ton/ha) da cana-de-açúcar no Brasil entre 2003 e 2019.

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de dados do IBGE (2020a).

Na região Oeste Paulista, especificamente, observa-se que apesar da crescente expansão na produção ao longo dos anos, também houve queda na produtividade da cana-de-açúcar, partindo de aproximadamente 95 toneladas por hectare em 2003 para 75 toneladas por hectare em 2019. O Gráfico 4 apresenta a evolução da produtividade por Mesorregião da Região Oeste Paulista, entre 2003 e 2019.



**GRÁFICO 4.** Produtividade (ton/ha) da cana-de-açúcar no Oeste Paulista (2003 e 2019).

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de dados do IBGE (2020a).

Verifica-se que na maior parte das mesorregiões analisadas (Araçatuba, Assis, Presidente Prudente e São José do Rio Preto), houve decréscimo na produtividade. A única região que teve ganho de produtividade no período de análise foi a mesorregião Marília, entretanto, sua produtividade inicial (2003) era a mais baixa. As Mesorregiões de Assis e São José do Rio Preto se mantiveram na liderança em produtividade tanto em 2003 quanto em 2019.

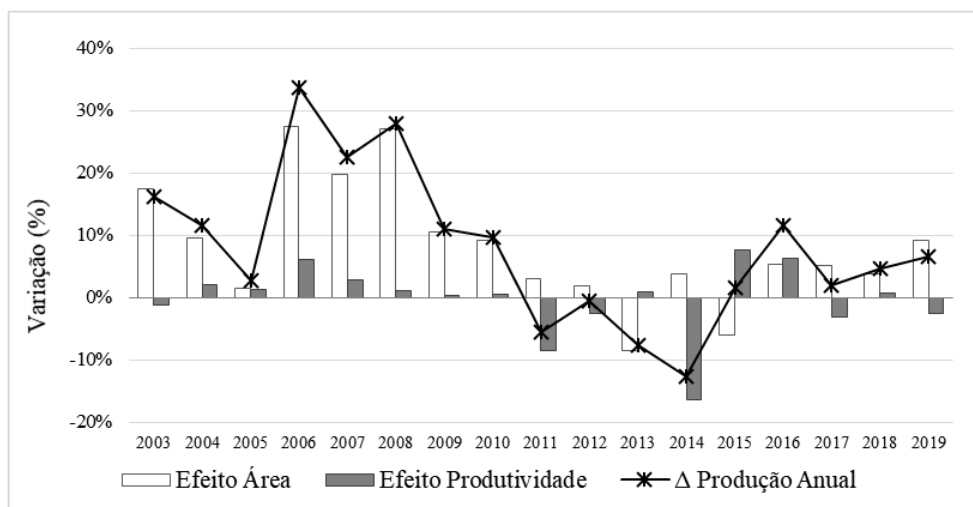
#### 4.2. Decomposição da produção de cana-de-açúcar em “efeito área” e “efeito produtividade”

Visando compreender a influência dos fatores “área” e “produtividade” na evolução da produção de cana-de-açúcar foi adotado o método *Shift-Share*. Nos tópicos a seguir, são feitas análises para cada mesorregião, separadamente, e depois para a região Oeste Paulista como um todo.

Para cada ano, obteve-se a variação anual da produção como resultado da soma dos fatores área e produtividade, sendo que os valores positivos indicam contribuição incremental na produção de cana-de-açúcar e os valores negativos representam a magnitude da contribuição para a redução da produção de cana-de-açúcar.

##### 4.2.1 Mesorregião Araçatuba

Observa-se que na Mesorregião Araçatuba ocorreu variações positivas de produção de cana-de-açúcar na primeira parte do período de análise - 2003 a 2010. Tal dinâmica foi influenciada principalmente pelo efeito área; ou seja, o crescimento da produção foi decorrente da incorporação de novas áreas (Figura 5).



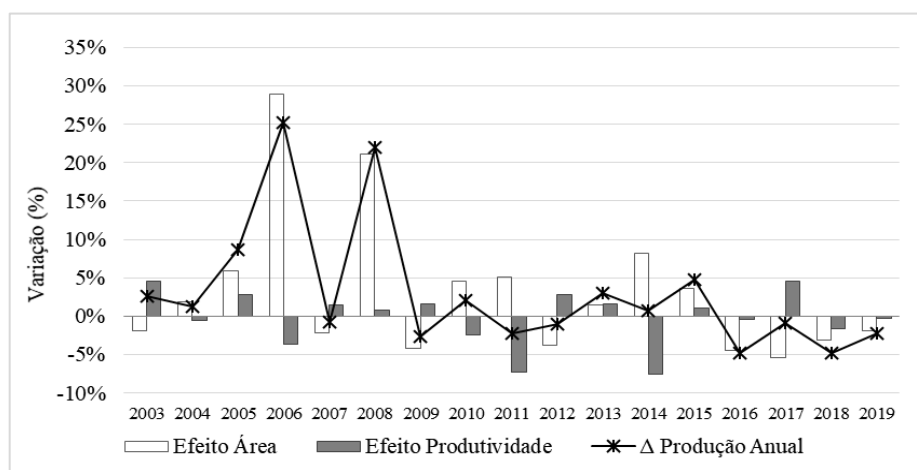
**FIGURA 5.** Variação da produção da cana-de-açúcar na Mesorregião Araçatuba (2003 a 2019).

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de dados do IBGE (2020a).

A partir de 2011 a dinâmica muda nessa mesorregião. A variação média anual reduz, apresentando anos com taxas negativas até 2014. De 2015 para frente percebe-se uma retomada de crescimento da produção anual, principalmente em função do efeito área.

#### 4.2.2 Mesorregião Assis

Na Mesorregião Assis, a fase expansionista (incremento da variação anual) ocorreu no período entre 2003 e 2008, em função, predominantemente, do efeito área (Figura 6). A partir de 2009, percebe-se uma fase de estabilidade, que vai até 2015. Entre 2016 e 2019, a mesorregião entra em uma fase de redução da variação anual da produção.



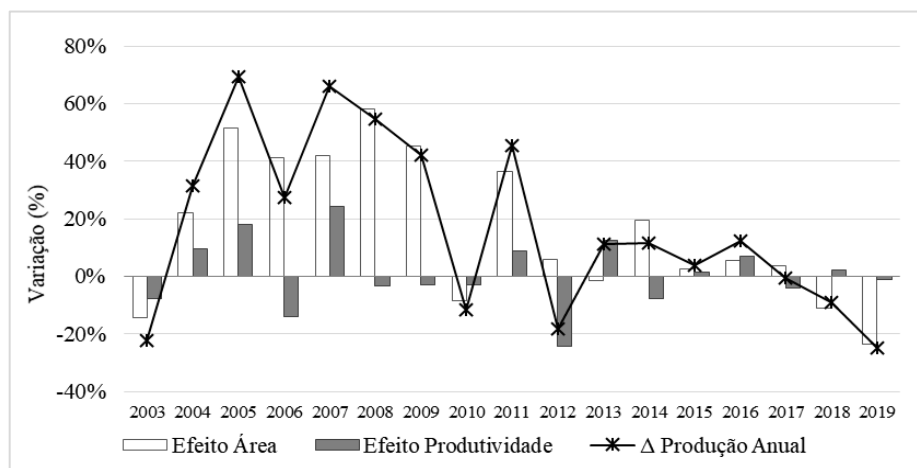
**FIGURA 6.** Variação da produção da cana-de-açúcar na Mesorregião Assis (2003 a 2019).

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de dados do IBGE (2020a).

Em geral, o fator produtividade teve reduzida influência nessa mesorregião. Nos anos em que a produtividade se destaca, tanto positivamente, quanto negativamente, ela acaba sendo neutralizada pelo efeito área (vide anos 2003, 2011, 2014 e 2017).

### 4.2.3 Mesorregião Marília

Na Mesorregião Marília, a fase expansionista acontece entre 2004 a 2011 (excetuando o ano de 2010), com elevadas taxas de variação da produção anual, revelando um crescimento muito rápido da produção de cana-de-açúcar (Figura 7). Nessa fase, além efeito área, o efeito produtividade tem relevante participação para o incremento dos indicadores analisados.



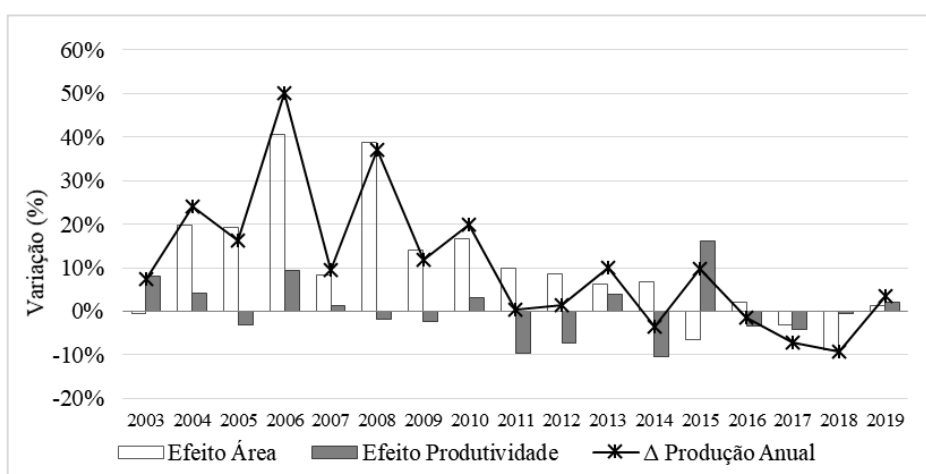
**FIGURA 7.** Variação da produção da cana-de-açúcar na Mesorregião Marília (2003 a 2019).

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de dados do IBGE (2020a).

Em 2012 ocorre uma queda brusca na produtividade anual, invertendo a dinâmica de crescimento dessa mesorregião. A partir desse momento, percebe-se um comportamento de estabilidade na variação anual de produção, seguido (desde 2017) de um padrão de retração da cultura.

### 4.2.4 Mesorregião Presidente Prudente

Observa-se que, na Mesorregião Presidente Prudente, o período caracterizado pelo incremento de área se deu entre 2003 e 2010. Destaque para o ano de 2006, quando a variação da produção foi de 50% (Figura 8).



**FIGURA 8.** Variação da produção da cana-de-açúcar na Mesorregião Presidente Prudente (2003 a 2019).

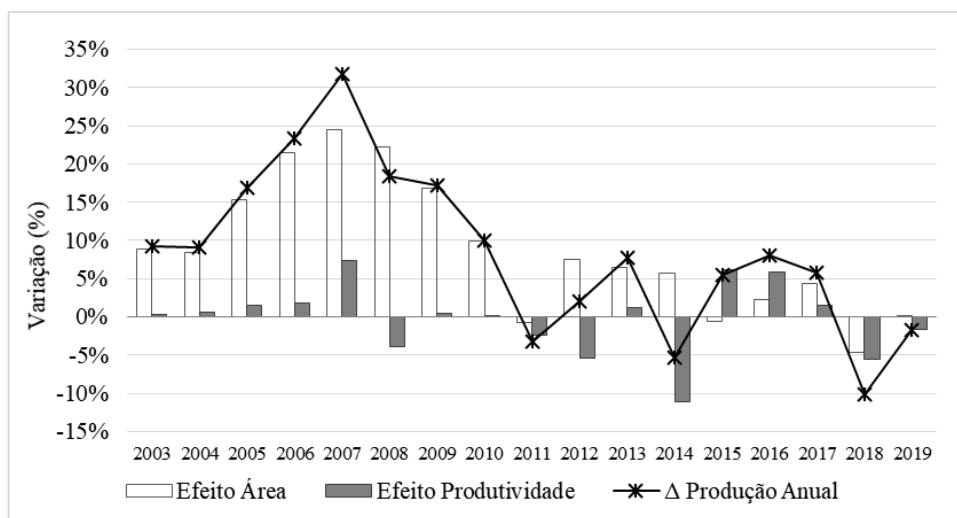
Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de dados do IBGE (2020a).



A partir de 2011, essa mesorregião entra em um padrão de estabilidade, apresentando períodos de oscilação na variação da produção, como consequência das variações dos efeitos áreas e produtividade.

#### 4.2.5 Mesorregião São José do Rio Preto

A Mesorregião São José do Rio Preto apresenta um período de expansão da cultura de cana-de-açúcar que vai de 2003 a 2010. Nessa fase, a variação positiva da produção se dá, predominantemente, por influência do efeito área (Figura 9).



**FIGURA 9.** Variação da produção da cana-de-açúcar na Mesorregião São José do Rio Preto (2003 a 2019).

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de dados do IBGE (2020a).

Entre 2011 e 2019, ocorreu quase uma nova onda de crescimento nessa mesorregião, em menor magnitude que a primeira, não fosse os reveses de 2014 e 2018. Esse segundo período foi marcado por fortes oscilações no efeito área e produtividade

#### 4.2.6 Região Oeste Paulista

A partir das análises anteriores foi possível compreender a influência dos fatores “área” e “produtividade” na evolução da produção de cana-de-açúcar na região Oeste Paulista entre 2003 e 2019, bem como caracterizar a evolução da produção e da produtividade da cana-de-açúcar nessa região (Tabela 1).

**TABELA 1.** Efeitos “área” e “produtividade” na evolução da produção da cana-de-açúcar na região Oeste Paulista, no período entre 2003 a 2019.

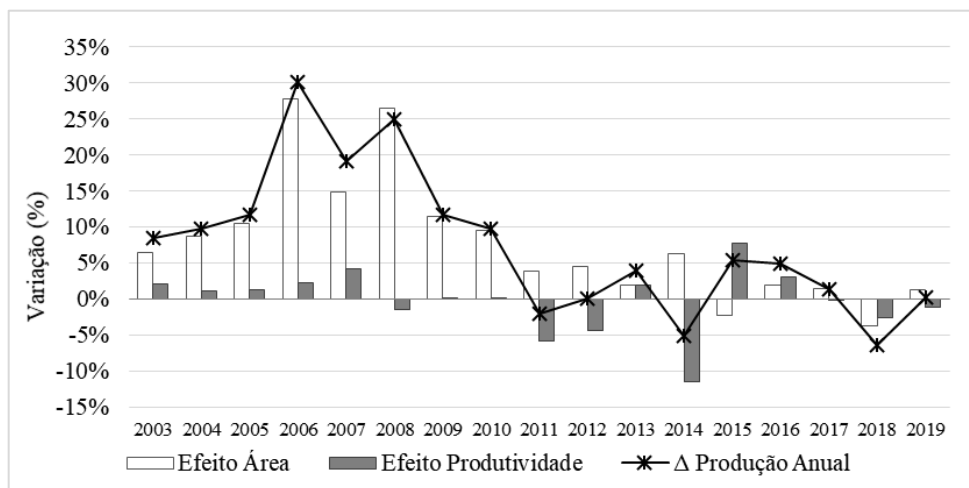
Período (ano)	Produção (ton)	Área Colhida (ha)	Produtividade $\frac{ton}{ha}$	$\Delta P$ quando varia	$\Delta P$ quando varia
				só a área colhida $P_{cf}^A = A_f \times P_i$	só a produtividade $P_{cf}^P = A_i \times P_f$
2003	64.223.043	800.446	80,23	63.005.549	60.349.743
2004	70.456.751	869.755	81,01	69.783.986	64.842.196
2005	78.718.994	960.906	81,92	77.840.673	71.251.755
2006	102.396.879	1.227.634	83,41	100.569.789	80.149.112
2007	121.942.589	1.409.598	86,51	117.574.485	106.201.107
2008	152.299.453	1.782.139	85,46	154.170.653	120.462.548
2009	170.104.771	1.987.154	85,60	169.819.788	152.555.034
2010	186.658.603	2.177.876	85,71	186.430.995	170.312.446
2011	182.982.325	2.262.763	80,87	193.933.989	176.117.788
2012	183.264.096	2.366.206	77,45	191.347.426	175.252.373
2013	190.395.052	2.412.639	78,92	186.860.360	186.730.760
2014	180.578.234	2.565.601	70,38	202.466.153	169.812.099
2015	190.343.316	2.506.023	75,95	176.384.873	194.868.524
2016	199.661.983	2.553.060	78,20	193.915.980	195.983.456
2017	202.248.815	2.591.476	78,04	202.666.305	199.250.682
2018	189.484.186	2.494.927	75,95	194.713.757	196.816.869
2019	189.886.357	2.527.722	75,12	191.974.894	187.422.746

Período (ano)	(a) Variação	(b) Efeito	(c) Efeito	$\Delta$ Produção	Efeito	Efeito
	da Produção $P_{cf} \times P_{ci}$	Área colhida $P_{cf}^A - P_{ci}$	Produtividade $P_{cf} - P_{cf}^A$	Anual (d) $r = \sqrt[n]{P_{cf}/P_{ci}} - 1$	Área $\frac{b}{a} \times d$	Produtividade $\frac{c}{a} \times d$
2003	5.017.367	3.799.873	1.217.494	8,47%	6,42%	2,06%
2004	6.233.708	5.560.943	672.765	9,71%	8,66%	1,05%
2005	8.262.243	7.383.922	878.321	11,73%	10,48%	1,25%
2006	23.677.885	21.850.795	1.827.090	30,08%	27,76%	2,32%
2007	19.545.710	15.177.606	4.368.104	19,09%	14,82%	4,27%
2008	30.356.864	32.228.064	-1.871.200	24,89%	26,43%	-1,53%
2009	17.805.318	17.520.335	284.983	11,69%	11,50%	0,19%
2010	16.553.832	16.326.224	227.608	9,73%	9,60%	0,13%
2011	-3.676.278	7.275.386	-10.951.664	-1,97%	3,90%	-5,87%
2012	281.771	8.365.101	-8.083.330	0,15%	4,57%	-4,42%
2013	7.130.956	3.596.264	3.534.692	3,89%	1,96%	1,93%
2014	-9.816.818	12.071.101	-21.887.919	-5,16%	6,34%	-11,50%
2015	9.765.082	-4.193.361	13.958.443	5,41%	-2,32%	7,73%
2016	9.318.667	3.572.664	5.746.003	4,90%	1,88%	3,02%
2017	2.586.832	3.004.322	-417.490	1,30%	1,50%	-0,21%
2018	-12.764.629	-7.535.058	-5.229.571	-6,31%	-3,73%	-2,59%
2019	402.171	2.490.708	-2.088.537	0,21%	1,31%	-1,10%

Observa-se que na região Oeste Paulista ocorreu uma variação incremental quase que contínua de área colhida de cana-de-açúcar, com exceção dos anos de 2011 e 2014. Destaque deve ser dado para os anos 2006 e 2008, os quais apresentaram crescimentos de 30,08% e 24,89%, respectivamente. Por outro lado, o mesmo desempenho não é verificado ao analisar-se o efeito produtividade. Entre 2003 a 2017 tal fator contribuiu para o aumento da produção

de cana-de-açúcar, porém, entre 2011 a 2014 e de 2017 a 2019 tal fator apresentou taxas de variação negativas (Figura 10).



**FIGURA 10.** Variação da produção da cana-de-açúcar na região Oeste Paulista (2003 a 2019).

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de dados do IBGE (2020a).

Percebe-se uma fase expansionista, que vai de 2003 a 2010. Destaque para os picos de expansão em 2006, 2007 e 2008. Nesse primeiro período o fator preponderante é o fator área; ou seja, o incremento de novas áreas de produção.

Em um segundo período, a partir de 2011, o efeito produtividade tem maior peso para a variação da produção anual, porém, com contribuições predominantemente negativas. As taxas positivas de produtividade dos anos de 2015 e 2016 são reflexos da recuperação da forte queda da produtividade ocorrida em 2014.

Pode-se afirmar que o padrão de comportamento da produção de cana-de-açúcar na região Oeste Paulista e seus efeitos explicativos são espelho dos padrões observados nas suas mesorregiões constituintes, sem exceção.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se neste estudo a importância crescente da representatividade da região Oeste Paulista para o setor sucroalcooleiro estadual e nacional. Todas as mesorregiões analisadas (Araçatuba, Assis, Marília, Presidente Prudente e São José do Rio Preto) apresentaram significativas expansões do cultivo da cana-de-açúcar, devido à disponibilidade de áreas e às condições edafoclimáticas que este conjunto territorial oferece.

Partindo da análise quantitativa realizada por meio do método *Shift-Share*, pode-se afirmar que o expressivo processo de expansão da cana-de-açúcar na Região Oeste Paulista se deu, predominantemente, pela incorporação de novas áreas de plantio e muito pouco pelo fator produtividade.

A contribuição do fator produtividade foi inexpressiva, revelando uma estratégia menos custosa de aumento da produção dessa cultura. Tais dados acompanham os resultados apresentados nos estudos de Bernardo *et al.* (2019); Camara e Caldarelli (2016), Castro *et al.* (2010) e Nass *et al.* (2008), para outros recortes temporais e geográficos.

Pressupõe-se, portanto, a necessidade de pesquisas científicas e tecnológicas que fomentem o avanço da produtividade da cana-de-açúcar na região, reduzindo a pressão por áreas de produção e, conseqüentemente, seus possíveis impactos correspondentes (ambientais,

econômicos e sociais), tais como na estrutura fundiária, na atividade rural familiar, no preço da terra e na segurança alimentar local e regional.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. **RenovaBio**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/renovabio>. Acesso em: 12 ago. 2020.

BARROS, G. S. C.; CASTRO, N. R.; MORAIS, A. C. P.; MACHADO, G. C.; ALMEIDA, F. M. S.; ALMEIDA, A. N. **Boletim mercado de trabalho do agronegócio brasileiro**. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). Piracicaba, n.4, 2020.

BUAINAIN, A. M.; VIEIRA, P. A. **Produtividade na agricultura: o fator esquecido**. 2018. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/produtividade-na-agricultura-o-fatoresquecido>. Acesso em: 10 set. 2020.

CAMARA, M. R. G.; CALDARELLI, C. E. Expansão canavieira e o uso da terra no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 30, n. 88, p. 93-116, 2016.

CAMARGO, A. M. M. P., CASER, D. V., CAMARGO, F. P., OLIVETTE, M. P. A., SACHS, R.C.C., TORQUATO, S.A. Dinâmica e tendência da cana-de-açúcar sobre as demais atividades agropecuárias. **Informações Econômicas**. São Paulo, v.38, n. 3, 2008. p. 47-66.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB do Agronegócio**. 2020. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 11 ago. 2020.

CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Panorama do Agro**. 2020. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro>. Acesso em: 11 ago. 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Brasília: Conab, 2018.

DUFT, D. G.; PICOLI, M. C. A. Uso de imagens do sensor *modis* para identificação da seca na cana-de-açúcar através de índices espectrais. **Revista Scientia Agraria**. v. 19; n. 1; p. 52-63, 2018.

FAO. United Nations Food and Agriculture Organization. **Biofuels and the sustainability challenge: a global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstocks**. Trade and Market Division. Roma, 2013. 188p.

FAO. United Nations Food and Agriculture Organization. **Faostat**. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 17 nov. 2019.

GASQUES, J. G.; BACCHI, M. R. P.; RODRIGUES, L.; BASTOS, E. T.; CONSTANZA, V. **Produtividade da agricultura brasileira: a hipótese da desaceleração**. In: Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade. Brasília: Ipea, 391 p., 2016. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9241>. Acesso em: 15 out. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Tabela 1612: Área plantada/colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias**. 2020a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em: 26 jan. 2020.

IEA. Instituto de Economia Agrícola. **Protocolo agroambiental do setor sucroenergético Paulista: Dados consolidados das safras**. 2015. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/Relat%C3%B3rioConsolidado1512.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2020.





IVO, W. M. P. M.; ROSSETO, R.; SANTIAGO, A. D.; BARBOSA, G. V. S.; VASCONCELOS, J. N.

**Impulsionando a produção e a produtividade da cana-de-açúcar.** *In:* Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e Políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados.** São Paulo, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010.

LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. **Novos estudos.** CEBRAP, São Paulo, n. 78, p. 15-21, 2007.

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. 1980-1987, 2014.

PACHECO, A. M.; SANTOS, I. R. C.; HAMZÉ, A. L.; MARIANO, R. S. G.; SILVA, T. F.; ZAPPA, V. A importância do agronegócio para o Brasil. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária.** Ano X – Número 19 – Julho de 2012. – ISSN: 1679-7353.

PROENÇA, E. R. **Caracterização da produção de cana-de-açúcar e de inovações tecnológicas adotadas por Usinas da Regional de Andradina (SP).** 2008, 69p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2008.

RAVAGNANI, R. M. **Impactos no comércio internacional de biocombustíveis associados à implementação de esquemas de certificação.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

RUAS, D. G. G.; FERREIRA, E. R.; BRAY, S. C. **A agroindústria sucroalcooleira nas áreas canavieiras de São Paulo e Paraná no Brasil.** Rio Claro: UNESP/IGCE. Pós-Graduação em Geografia, 203 p., 2014.

SLUZZ, T.; MACHADO, J. A. D. Características das potenciais matérias-primas do biodiesel e sua adoção pela agricultura familiar. **Proceedings online**, n. 6, 2006.

TSUTIYA, E. K.; ZAKIR, J. A.; PIGATTO, G. **Substituição da pecuária de corte e expansão da cana-de-açúcar no estado de São Paulo:** o impacto nas regiões oeste e noroeste do estado. *In:* Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER) - 46th Congress, July 20-23, 2008, Rio Branco, Acre, Brazil.

UNICA. União da agroindústria canavieira de São Paulo. **Unicadata**, 2019. Disponível em: <https://www.unica.com.br/setor-sucroenergetico/acucar/>. Acesso em: 09 jan. 2020.

USDA. United States Department of Agriculture. **Sugar:** World Markets and Trade. Disponível em: <https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/z029p472x?locale=en>. Acesso em: 09 ago. 2020.