

A SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL (SAN) VEM SOFRENDO RESTRIÇÕES PELA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS? UMA ANÁLISE A PARTIR DO MODELO DE ZOCKUN

Rita Inês Paetzhold Pauli¹
Bruna Tadielo Zajonz²
Jéferson Réus da Silva Schulz³
Claílton Ataídes de Freitas⁴

RESUMO

O presente artigo discute os impactos da produção de biocombustíveis na produção de alimentos e na segurança alimentar e nutricional (SAN) brasileira no período de 1996 até 2016. Para tanto, é promovida uma análise baseada no modelo de Zockun, que avalia os efeitos escala e substituição. Os resultados mostram que a produção de biocombustíveis, especificamente o etanol, não ameaça a produção da cana de açúcar para o consumo e, de forma semelhante, a produção de biodiesel não compromete a produção de óleos vegetais e de gorduras animais. Ao avaliar a relação da cana de açúcar com o etanol, e a da soja com o biodiesel, tem-se que as duas culturas vêm apresentando um efeito escala importante, ou seja, há um aumento significativo nas áreas cultivadas. Conclui-se que há limites no modelo de Zockun para a análise dessa pesquisa, apesar dos resultados permitirem uma indicação geral das mudanças de reconversão produtiva. A segurança alimentar e nutricional, considerando os seus aspectos quantitativos e de diversificação alimentar, qualitativos e de acessibilidade, pode estar sofrendo restrições à luz do arcabouço conceitual da SAN.

Palavras-chave: Biocombustíveis; Segurança Alimentar e Nutricional; Produção de Alimentos; Modelo de Zockun.

FOOD AND NUTRITION SECURITY ARE HAVING RESTRICTIONS ON THE PRODUCTION OF BIOFUELS? AN ANALYSIS FROM THE ZOCKUN MODEL

ABSTRACT

This paper discusses the impacts of biofuel production on food production and on Brazilian food and nutritional security (FNS) from 1996 to 2016. An analysis based on the Zockun model, which evaluates the effects of scale and replacement. The results show that the production of biofuels, specifically ethanol, does not threaten the production of sugarcane for consumption and, similarly, the production of biodiesel does not compromise the production of vegetable oils and animal fats. When evaluating the relationship between sugarcane and

¹ Doutora em Economia pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professora no Programa de Pós-Graduação em Economia e Desenvolvimento da Universidade Federal de Santa Maria (PPGED/UFSM). E-mail: rita.pauli@gmail.com

² Mestra em Extensão Rural pelo Programa de Pós-Graduação em Extensão Rural da Universidade Federal de Santa Maria (PPGEXR/UFSM). E-mail: brunabtz@gmail.com

³ Mestre em Engenharia de Produção pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria (PPGEP/UFSM). E-mail: jefersonschulz@gmail.com

⁴ Doutor em Economia Aplicada pela Universidade de São Paulo (USP). Professor no Programa de Pós-Graduação em Economia e Desenvolvimento da Universidade Federal de Santa Maria (PPGED/UFSM). E-mail: lvc589@gmail.com



ethanol, and soybean with biodiesel, the two crops are showing a significant scale effect, meaning that there is a significant increase in cultivated areas. It is concluded that there are limits in the Zockun model for the analysis of this research, although the results allow a general indication of the changes of productive reconversion. Food and nutritional security, considering its quantitative and food diversification, qualitative and accessibility aspects, may be constrained in the light of the conceptual framework of the FNS.

Keywords: Biofuels; Food and Nutritional Security; Food Production; Zockun Model.

JEL: Q18, Q42, Q57

1 INTRODUÇÃO

Os biocombustíveis são produtos renováveis de origem biológica, não fósseis e podem substituir, parcial ou totalmente, os derivados de petróleo ou outra forma de produção de energia. Os dois biocombustíveis líquidos mais utilizados no Brasil são o etanol e o biodiesel. O etanol é produzido a partir da cana de açúcar e o biodiesel a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais. Outras espécies vegetais no Brasil também são usadas na produção de biodiesel, como a soja, o milho, o algodão e o amendoim.

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de etanol (produzindo 28.692,67 mil m³ em 2016) e o terceiro maior produtor mundial de biodiesel (produzindo 3.801.339,00 m³ em 2016) (ANP, 2018)⁵. Essa alta participação no mercado internacional demanda extensões cada vez maiores de terras para a produção de cana de açúcar e de soja, principais culturas destinadas à produção de biocombustíveis. Os debates sobre esse tema indicam que a utilização de terras que eram destinadas à produção de alimentos, agora apresentam outras finalidades, entre elas, a produção de biocombustíveis.

A preocupação com os impactos que a produção de biocombustíveis pode causar na segurança alimentar e nutricional (SAN), principalmente no que concerne ao acesso adequado e em quantidades suficientes de alimentos seguros e nutritivos aos cidadãos, é umas das discussões trazidas por diversos estudos. Tem-se, por um lado, que a produção de alimentos para a geração de energia representa uma ameaça aos princípios da SAN, e por outro, surge como uma nova oportunidade para as zonas rurais (ZONIN; WINCK; MACHADO, 2015).

⁵A produção conjunta de biocombustíveis, do Brasil e dos Estados Unidos, perfaz 84,00% do total da produção e da comercialização mundiais (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE, 2018).

Nesse sentido, o presente estudo apresenta como objetivo central a discussão sobre os impactos da produção de biocombustíveis na produção de alimentos no Brasil no período de 1993 até 2016. Os objetivos específicos consistem na identificação das implicações, ou não, do avanço da produção de etanol e de biodiesel no que se refere à segurança alimentar e nutricional no Brasil e na estimação dos deslocamentos ocorridos nas culturas agrícolas por meio dos efeitos escala e substituição a partir do modelo de Zockun.

2 A INDÚSTRIA DE BIOCOMBUSTÍVEIS: FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS

A indústria de biocombustíveis apresentou, nos últimos anos, um crescimento acelerado. Dentre os principais fatores, podem ser citados o aumento do preço do petróleo, a busca por novas fontes de energias limpas e renováveis e a intenção de aumentar a renda dos pequenos produtores (SANTOS et al., 2009).

As estimaivas da Organização Mundial das Nações Unidas (ONU) indicam que a população mundial será de 9,6 bilhões de habitantes em 2050, o que poderá causar escassez das reservas energéticas fósseis no mundo (CONSEA, 2014). Com efeito, a procura por novas fontes de energia apresenta-se como uma ação necessária frente à restrição energética que isso implica. A produção de biocombustíveis mostra-se como uma alternativa a esse cenário, sendo norteadas pelas chamadas tecnologias de primeira geração, o que permite produzir etanol a partir de açúcares ou amidos (cana, beterraba, milho, trigo, mandioca), e biodiesel a partir de óleos vegetais e gordura animal (soja, mamona, dendê, sebo, óleo de fritura) (LEITE; LEAL, 2007).

Com relação aos tipos de combustíveis produzidos no Brasil, tem-se os biocombustíveis líquidos, como o etanol (extraído de cana de açúcar e utilizados nos veículos leves) e o biodiesel (produzido a partir de óleos vegetais ou gorduras animais). Esse último é um combustível biodegradável e derivado de fontes renováveis, como óleos vegetais obtidos de diferentes espécies oleaginosas como a mamona, o amendoim, a soja e o algodão e as gorduras animais (sebo bovino e gordura suína).

A Tabela 1 mostra as matérias primas mais utilizadas na produção de biodiesel (B100) no Brasil, no período de 2006 até 2015. Conforme se pode notar, a

soja é cada vez mais utilizada para essa finalidade, pois a sua utilização aumentou de 65 mil m³ para mais de 3 milhões de m³.

Tabela 1 – Produtos utilizados na produção de biodiesel (m³) de 2006 até 2015

Ano	Óleo de Soja	Óleo de Algodão	Gordura Animal	Outros	Total
2006	65.764	–	816	2.431	69.012
2007	353.233	1.904	34.445	18.423	408.005
2008	967.326	24.109	154.548	31.655	1.177.638
2009	1.250.590	70.616	255.766	37.863	1.614.834
2010	1.980.346	57.054	302.459	47.781	2.387.639
2011	2.171.11	98.230	358.686	44.742	2.672.771
2012	2.105.334	116.736	458.022	39.805	2.719.897
2013	2.231.464	64.359	578.427	46.756	2.921.006
2014	2.625.558	76.792	675.861	37.255	3.415.467
2015	3.061.027	78.840	738.920	60.086	3.938.873

Fonte: ANP (2016).

Em dezembro de 2004 o Governo Federal lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). O objetivo desse Programa foi introduzir na matriz energética brasileira um combustível renovável capaz de promover a inclusão social e o desenvolvimento regional sustentável (ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE BIODIESEL DO BRASIL – APROBIO, 2014).

Segundo o Ministério de Minas e Energia – MME, o PNPB institucionalizou a base normativa para a produção e a comercialização do biodiesel no País, definindo um modelo tributário para esse novo combustível, além de criar mecanismos de inclusão na agricultura familiar, motivando o lançamento do Selo Combustível Social. Esse é um componente de identificação criado a partir do Decreto nº 5.297, de 06/12/2004, concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA⁶ ao produtor de biodiesel que cumpre os critérios descritos na Portaria nº 60 de 06/09/2012⁷. O Selo confere ao seu possuidor o caráter de promotor de inclusão

⁶O MDA foi extinto em 12/05/2016 através da medida provisória nº 726 e em 27/05/2016 foi substituído pela Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário da Casa Civil da Presidência da República – Sead.

⁷O Art. 3º determina que o percentual mínimo de aquisições de matérias primas do agricultor familiar, realizadas pelo produtor de biodiesel para fins de concessão, manutenção e uso do Selo Combustível Social, fica assim estabelecido: I – 15,00% para as aquisições provenientes das regiões Norte e Centro-Oeste; II – 30,00% para as aquisições provenientes das regiões Sudeste,

social dos agricultores familiares enquadrados no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF).

A partir de 2005, a comercialização de biodiesel no Brasil passou a ser realizada por meio de leilões públicos promovidos pela ANP. Esses leilões representam um mecanismo transparente de comercialização e asseguram a participação da agricultura familiar, sendo que 80,00% do volume negociado nos leilões deve ser proveniente de produtores detentores do Selo Combustível Social (ANP, 2016). Em 2008, a mistura de biodiesel puro (B100) ao óleo diesel tornou-se obrigatória na matriz energética brasileira (ANP, 2016).

Desde meados do ano de 2013 o preço do biodiesel vem reduzindo nos leilões da ANP em níveis inferiores àquele pago pela Petrobras pelo óleo diesel importado (APROBIO, 2014). Entre 2008 e 2013, o Selo Combustível Social transferiu R\$ 8,5 bilhões para o agricultor familiar para a utilização em aquisições de matérias primas, oferta de assistência técnica e fornecimento de insumos, tornando o PNPB o único Programa no mundo capaz de promover um esforço conjunto entre produção de bioenergia e inclusão social rural (APROBIO, 2014).

A Tabela 2 mostra que a evolução da produção de biodiesel no Brasil, de 2005 até 2016, é de 5.163,08%, o que decorre da opção em desenvolver um programa de estímulo ao desenvolvimento de uma matriz energética sustentável⁸. O aumento da produção justifica-se, conforme já mencionado anteriormente, devido à institucionalização da base normativa que atua no binômio produção/comercialização no País. Especificamente, foram implementadas as pré-condições para a criação de incentivos governamentais que atuaram sobre a componente oferta de biocombustíveis. Em suma, o Governo Federal estabeleceu metas que previam um aumento gradativo da utilização de biocombustíveis na matriz energética vigente, o que contribuiu no estímulo da oferta.

Nordeste e Semiárido; III – 35,00% na safra 2012/2013; e IV – 40,00% a partir da safra 2013/2014 para as aquisições provenientes da região Sul.

⁸A expansão dos biocombustíveis vem ocorrendo nos Estados Unidos a partir de 2005, na União Européia a partir de 1997, e posteriormente em outros países, tais com a China, o Japão, a Austrália e as Filipinas (SPAROVEK et al., 2009).

Tabela 2 – Evolução da produção de biodiesel no período de 2005 até 2016

Ano	Produção (em barris de petróleo)	Diferença
2005	4.630	–
2006	434.009	429.379
2007	2.543.153	2.109.144
2008	7.341.016	4.798.000
2009	10.116.835	2.775.819
2010	15.009.993	4.893.158
2011	16.811.152	1.801.159
2012	17.092.455	281.303
2013	18.350.447	1.257.992
2014	21.536.364	3.185.917
2015	24.753.357	3.216.993
2016	23.909.700	-843.657

Fonte: ANP (2017).

Sabe-se que o etanol vem sendo utilizado como aditivo na gasolina desde a década de 1920 no Brasil, porém, a sua formalização oficial ocorreu com o Decreto nº 19.717 de 20/02/1931⁹. Após um longo interregno, em meados dos anos 1970, a crise do petróleo levou o Governo Federal a incorporar o etanol à matriz energética, tornando-o uma alternativa efetiva à gasolina. Isso ocorreu com a criação do Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL) em 1975. O PROÁLCOOL consistiu em uma iniciativa de intensificar a produção de etanol para substituir a gasolina. Nesse sentido, foram oferecidos vários incentivos fiscais e empréstimos bancários com juros abaixo da taxa de mercado para os produtores de cana de açúcar e para as indústrias automobilísticas que desenvolvessem carros movidos a álcool (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES, 2008).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de etanol e vem alternando a sua posição de maior exportador com os Estados Unidos (EPE, 2018). Atualmente, esse combustível representa uma opção para a produção sustentável, em escala mundial, apesar de manter a base tradicional da matriz energética. O país é o

⁹Art. 1º: a partir de 01/07/1931 o pagamento dos direitos de importação de gasolina somente poderá ser efetuado, depois de feita a prova de haver o importador adquirido, para adicionar à mesma, álcool de procedência nacional, na proporção mínima de 5,00% sobre a quantidade de gasolina que pretender despachar, calculada em álcool a 100,00%. Até 1 de julho do 1932, tolerar-se-á a aquisição de álcool de grau não inferior a 96 Gay Lusac a 15º C, tornando-se obrigatória, dessa data em diante, a aquisição de álcool absoluto.

candidato natural a liderar a produção economicamente competitiva e a exportação mundial em razão de oferecer o menor custo de produção e o maior rendimento em litros por hectare (ha) (BRASIL 2012).

O menor custo da produção do etanol é justificado pelo fato de que no Brasil é utilizada a cana de açúcar como matéria-prima, além disso, os custos de mão de obra são baixos se comparados com os outros fatores de produção (SOUSA; MACEDO, 2010). A cana-de-açúcar apresenta um rendimento superior ao de outras matérias-primas por possuir maior concentração de sacarose. Por exemplo, a produção de etanol derivado do milho tem custo maior devido a necessidade de quebrar a molécula do amido e transformá-lo em sacarose, enquanto que a cana-de-açúcar não necessita da aplicação dessa técnica produtiva (NOVACANA, 2014).

Macedo e Nogueira (2005 apud NOVACANA, 2014) mostram algumas mudanças que vêm ocorrendo desde a incorporação da produção do etanol na matriz energética brasileira, após o ano de 1975, entre elas: i) a produção e a demanda ultrapassaram largamente as expectativas estipuladas no início do PROÁLCOOL; ii) a implementação de tecnologias e de avanços gerenciais tornou esse combustível renovável menos dependente de políticas capazes de compensar a maior competitividade de preço dos combustíveis fósseis; iii) as características da sua produção o tornam a melhor opção para a redução de emissão de gases de efeito estufa. Os biocombustíveis contribuem na diminuição da poluição do ar, porém, o seu uso deve ser combinado à inovações tecnológicas nos automóveis, como aquelas implementadas nos filtros de combustíveis que permitem reduzir a emissão de poluentes na atmosfera.

O Quadro 1 apresenta a evolução da produção brasileira de cana de açúcar, açúcar e etanol nas safras de 2004/2005 até 2016/2017. Evidencia-se que apesar do crescimento do uso da cana de açúcar como insumo básico para a produção de biocombustíveis, não há uma redução na produção de açúcar para o consumo, que cresceu 31,23% no período analisado.

Quadro 1 – Produção brasileira de cana de açúcar, de açúcar e de etanol

Ano/Safra	Etanol Anidro (m³)	Etanol Hidratado (m³)	Etanol Total (m³)	Açúcar (ton)	Cana de Açúcar (ton)
04/05	8.172.488	7.035.421	15.207.909	26.632.074	381.447.102
05/06	7.663.245	8.144.939	15.808.184	26.214.391	382.482.002
06/07	8.078.306	9.861.122	17.939.428	30.735.077	428.816.921
07/08	8.464.520	13.981.459	22.445.979	31.297.619	495.843.192
08/09	9.630.481	18.050.758	27.681.239	31.506.859	572.738.489
09/10	6.937.770	18.800.905	25.738.675	33.033.479	603.056.367
10/11	8.027.283	19.576.837	27.604.120	38.069.510	624.501.165
11/12	8.623.614	14.112.926	22.736.540	35.970.397	560.993.790
12/13	9.695.126	13.778.228	23.473.354	38.357.134	589.237.141
13/14	11.825.592	16.186.692	28.012.284	37.697.512	658.697.545
14/15	11.732.804	17.183.477	28.916.281	35.603.958	637.714.365
15/16	11.218.030	19.274.698	30.492.728	33.508.980	666.304.044
16/17	10.991.286	16.748.396	27.739.682	38.724.993	657.572.586

Fonte: IBGE (2017).

As condições, atuais tanto de produção quanto de consumo de biocombustíveis, vêm apresentando alterações em relação à época e aos apelos do PROÁLCOOL. Isso ocorre em aspectos como: o ambiente de competição de livre mercado, a adesão de outros países aos biocombustíveis, a redefinição da matriz energética, a competição por outros usos da terra e o estímulo à transformação do etanol em *commodity*. Outra importante diferença refere-se às questões ambientais, ou seja, a busca por alternativas de energias renováveis (IPEA, 2010). O mercado mundial de biocombustíveis tende a crescer a partir de investimentos públicos e do protecionismo (SPAROVEK et al., 2009).

O Brasil se tornou referência mundial na produção sustentável e eficiente de etanol, cuja relevância decorre desse se apresentar como um dos principais mecanismos de combate ao aquecimento global (ANP, 2018). Ademais, o dióxido de carbônico (CO₂) emitido pelos veículos movidos a etanol, é reabsorvido pelas plantações de cana-de-açúcar, permitindo a compensação de parte das emissões de carbono (ANP, 2018).

3 BIOCOMBUSTÍVEIS E SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL

O direito humano a uma alimentação adequada e nutritiva, e da segurança alimentar e nutricional (SAN) requer o respeito à soberania alimentar (CONSEA, 2014). A soberania alimentar deve considerar a preservação da cultura e aos hábitos alimentares de um país (BELIK, 2003). Depreende-se disso que cada país deve estabelecer suas decisões sobre a produção e o consumo de alimentos objetivando à segurança alimentar e nutricional no seu território, porém devem respeitar os princípios gerais norteadores da SAN.

[...] a segurança alimentar, enquanto estratégia ou conjunto de ações deve ser intersetorial e participativa, e consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras da saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis (CONSEA, 2014, p. 16).

A temática que subjaz o conceito de SAN no mundo foi construída de forma lenta nas últimas seis décadas. Inicialmente, vinculavam-se às questões de ordem quantitativa, enfatizando a oferta regular de produtos alimentares independente da forma de obtenção destes, inclusive propalando a necessidade de incorporação de tecnologia mesmo que os elementos modernizantes utilizados incitassem a utilização de um uso exagerado de agrotóxicos¹⁰. Além disso, a SAN tem relação estreita com o desenvolvimento econômico (MALUF, 2001).

A literatura especializada mostra que a produção agrícola para satisfazer a oferta de biocombustível não implicará em consequências quantitativas no âmbito da oferta, porém, poderá provocar uma elevação nos preços dos alimentos e na pobreza:

Os agrocombustíveis terminam por amarrar os preços da comida e os do petróleo de uma maneira que pode perturbar, profundamente, o relacionamento entre os produtores e os consumidores de alimentos, e entre as nações, nos próximos anos, o que acarreta implicações potencialmente devastadoras tanto para a pobreza no mundo quanto para a segurança alimentar (HOFFMANN, 2006, p. 2).

¹⁰Foi somente em 1996, na Cúpula Mundial de Alimentação realizada em Roma, que a FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação) conseguiu o apoio de 170 países, ali reunidos, para reduzir a fome no mundo pela metade até 2016. Essa conferência, além de reafirmar o direito de todos ao acesso a alimentos, enfatiza que estes sejam seguros e nutritivos.

A ausência de preocupação do governo com o zoneamento ecológico econômico no caso do Brasil, poderá desencadear problemas na produção de culturas alimentares, capazes de gerar incongruência econômica (FOREST et al., 2014). Isso provocaria a elevação nos preços dos alimentos e, conseqüentemente, aumentaria a degradação ambiental e traria prejuízos à SAN (FOREST et al., 2014).

Barrett (2010) sustenta que a SAN pode ser medida por meio de três situações: 1) a disponibilidade dos alimentos, em que se considera a existência dos meios produtivos, o solo, utilizados para permitir a oferta quantitativa de alimentos à determinada população; 2) o acesso aos alimentos, em que se leva em conta o poder aquisitivo dos indivíduos e a distribuição alimentar para as classes de baixa renda; e 3) a utilização dos alimentos, em que o aspecto central refere-se à qualidade nutricional dos alimentos ingeridos, visando identificar se estes atendem às necessidades básicas individuais capazes de evitar a desnutrição ou a subnutrição.

4 METODOLOGIA

A presente seção aborda as particularidades metodológicas do modelo de Zockun utilizado para a obtenção dos resultados da pesquisa, bem como apresenta a base de dados utilizada e as fontes de coleta das informações para o período de 1996 até 2016. Além disso, tece breves considerações acerca da contribuição do modelo de Zockun no alcance dos objetivos propostos no âmbito desta análise, bem como alguns limites verificados, parte desses antecipados pelo próprio idealizador desse modelo. No intuito de uma análise mais específica que mede a associação entre as variáveis nas safras de 1996/1997 até as safras 2016/2017, lança-se mão do estudo de correlação para corroborar alguns resultados obtidos pelo modelo de Zockun.

4.1 O Modelo de Zockun

Os procedimentos metodológicos, portanto, preconizam o modelo desenvolvido por Zockun (1978), que permite quantificar o deslocamento das culturas agrícolas. Com essa metodologia, o autor analisou os efeitos da expansão da soja no Brasil no período 1970 até 1973. Esse modelo continua sendo utilizado para medir o desempenho dos setores agrícola e pecuário no País, uma vez que tal

metodologia permite mensurar os efeitos de modificações de determinadas variáveis sobre o comportamento de outra variável (PIRES et al., 2006).

Em linhas gerais, o modelo parte da premissa de que a área onde uma determinada lavoura é cultivada pode se alterar entre um período e outro por dois motivos: i) o primeiro é quando ocorre um avanço ou uma retração da área total do sistema de produção – Efeito Escala (EE); e ii) o segundo deve-se ao grau pelo qual cada cultura substitui ou é substituída por outra dentro do sistema – Efeito Substituição (ES).

Seja as equações (1) e (2):

$$AT_1 = \sum A_{i1} \quad (1)$$

$$AT_2 = \sum A_{i2} \quad (2)$$

Em (1), o tamanho do sistema no período 1 é igual ao somatório da área cultivada com os *i-ésimos* produtos nesse mesmo período. Em (2), o tamanho do sistema no período 2 é igual ao somatório da área cultivada com os *i-ésimos* produtos nesse mesmo período.

A variação total da área cultivada entre um período e outro, com um particular produto *i* é dada por:

$$A_{i2} - A_{i1} \quad (3)$$

Na equação (3), AT_1 e AT_2 referem-se às áreas totais ocupadas nas *n* atividades agropecuárias de uma região nos períodos 1 e 2. Pode-se chamar de α a relação entre esses valores, que representa o coeficiente de modificação do tamanho do conjunto das atividades agrícolas, ou seja:

$$\alpha = \frac{AT_2}{AT_1} \quad (4)$$

Esta relação pode ser decomposta em efeito escala e em efeito substituição, representados, respectivamente, pelas equações (5) e (6):

$$\alpha A_{i1} - A_{i1} \quad (5)$$

$$A_{i2} - \alpha A_{i1} \quad (6)$$

O efeito escala é dado pela variação na área do *i-ésimo* produto apenas pela alteração do tamanho do sistema, mantendo inalterada a sua participação dentro do próprio sistema. O efeito substituição mostra a variação da participação da produção do produto *i* dentro do sistema. Se sua participação cair, o efeito substituição será

negativo, indicando que entre os períodos analisados o produto *i-ésimo* foi substituído por outro. Caso ocorra uma elevação na participação desse produto relativamente ao que ele apresentava no primeiro período, o efeito substituição será positivo, indicando que o *i-ésimo* produto substituiu o outro no sistema.

Dentro do sistema, em um período particular, são observados produtos com efeitos substituição positivo e outros com efeito substituição negativo. Deve-se ressaltar que as estimativas desses efeitos são baseadas na hipótese da proporcionalidade, isto é, supõe-se que as áreas são cedidas proporcionalmente a todos os produtos que expandiram as suas áreas. Trata-se de um método indicativo e não determinístico uma vez que se supõe que todos os produtos com expansão de área substituem proporcionalmente os produtos que as cederam. Por essa razão, o método é limitado quanto à exatidão numérica dos resultados obtidos, captando movimentos de substituição de culturas (ZOCKUN, 1978).

4.2 Fonte e base de dados

Os dados utilizados na presente pesquisa têm como fontes o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Ministério de Minas e Energia (MME), a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA).

O período de análise das áreas plantadas compreende dois momentos distintos: de 1996 até 2004 e de 2005 até 2016. Essa janela temporal permite estudar as variações do comportamento de um período para outro. Para cada período, foi calculada a média da área plantada referente aos diferentes tipos de cultura, isso minimiza possíveis efeitos sazonais e de fatores climáticos, por exemplo.

Considera-se como variável relevante para esse modelo a área plantada em hectares (ha), juntamente com as culturas destinadas à produção de alimentos e de biocombustíveis. A razão da escolha dessa variável justifica-se pelo fato de que em relação à quantidade produzida ou à área colhida, a área plantada expressa de forma mais fidedigna os movimentos de exploração das áreas físicas.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A presente seção analisa, a partir do modelo de Zockun descrito anteriormente, se a produção de biocombustíveis, mais especificamente a do etanol, tem impacto positivo na produção da cana de açúcar. Além disso, é investigado se o incremento na produção de biodiesel não compromete a produção de óleos vegetais e gorduras animais.

A partir de informações disponibilizadas pelo IBGE (2017), elaborou-se o Quadro 2. Nesta consideram-se dois momentos distintos (1996 e 2016) em relação à área, à quantidade e aos rendimentos das principais culturas destinadas à alimentação e à produção de biocombustíveis no Brasil.

Quadro 2 – Área, quantidade e rendimento das principais culturas destinadas à alimentação e à produção de biocombustíveis no Brasil em 1996 e em 2016¹¹

Cultura Período	Área Plantada (ha)		Área Colhida (ha)		Quantidade Produzida (ton)		Rendimento kg/ha	
	1996	2016	1996	2016	1996	2016	1996	2016
Algodão herbáceo (em caroço)	756.229	978.909	744.898	974.997	952.013	3.373.585	1.278	3.460
Amendoim (em casca)	80.872	134.319	80.830	133.786	154.278	442.725	1.908	3.309
Arroz (em casca)	3.271.374	2.003.282	3.255.477	1.939.104	8.652.328	10.583.585	2.657	5.458
Aveia (em grão)	162.277	342.183	160.466	336.070	217.426	865.628	1.354	2.576
Batata-inglesa	164.757	134.241	164.672	134.230	2.412.546	3.935.438	14.650	29.316
Cacau (em amêndoa)	667.461	775.427	661.923	707.169	256.777	214.741	387	304
Café (em grão)	1.929.894	2.296.476	1.920.253	2.000.670	2.738.391	3.054.674	1.426	1.527
Cana de açúcar	4.830.538	10.582.066	4.750.296	9.589.974	317.105.981	728.529.485	66.754	75.968
Cebola	71.724	56.778	71.338	56.169	906.643	1.563.986	12.709	27.844
Cevada (em grão)	84.973	88.842	84.067	88.842	209.215	366.110	2.488	4.107
Feijão (em grão)	4.499.690	2.894.643	4.300.513	2.599.086	2.452.036	2.571.665	570	989

¹¹A escolha dos cultivos apresentados nesta pesquisa vinculam-se às suas propriedades de se constituírem em alimentos ou como efetivo ou potencial insumo para a produção de biocombustíveis.

Mamona (baga)	129.203	49.190	119.849	40.115	41.346	22.096	344	551
Mandioca	1.590.084	2.274.976	1.508.918	1.546.391	17.743.155	23.705.613	11.757	15.330
Milho (em grão)	12.505.585	16.098.514	11.975.811	15.083.216	29.652.791	63.350.487	2.476	4.200
Soja (em grão)	10.356.156	33.279.347	10.299.470	33.092.376	23.166.874	95.753.265	2.249	2.894
Sorgo (em grão)	198.937	650.466	196.803	583.318	356.567	1.168.904	1.811	2.004
Trigo (em grão)	1.825.648	2.138.303	1.796.005	2.119.686	3.292.777	6.719.519	1.833	3.170

Fonte: IBGE (2017).

O Quadro 2 mostra que nos vinte anos analisados os cultivos que sofreram redução na área plantada são o arroz, a batata inglesa, a cebola, o feijão e a mamona, sendo que o arroz e o feijão são àqueles que apresentaram a maior queda percentual, 38,76% e 35,67%, respectivamente. É importante notar que tal fato não implicou na redução da quantidade produzida, apesar de um aumento pouco expressivo, o que se explica pelo crescimento no rendimento (kg/ha). Por outro lado, os cultivos que apresentaram o maior crescimento na área plantada foram a aveia, o amendoim, a cana de açúcar, a soja, o sorgo. Desses, o sorgo e a soja tiveram o maior aumento de suas áreas plantadas, 226,97% e 221,34%, respectivamente. Durante esse período a área total utilizada para o plantio de cana de açúcar mais do que dobrou, o que representa um percentual de crescimento médio anual de 5,95%.

O aumento da área plantada de cana de açúcar deve-se a um conjunto de fatores favoráveis promovidos institucionalmente por determinação do Estado. Especificamente no ano de 2008 houve a implementação do PRONAF Biodiesel pelo MDA. Cinco anos mais tarde, em 2013, o BNDES alterou os critérios para a aquisição de recursos do Programa de Apoio à Renovação e Implantação de Novos Canaviais (PRORENOVA). As mudanças praticadas pelo BNDES vão desde a redução da taxa de juros, a ampliação do limite de financiamento e a liberação dos recursos para empresas com capital estrangeiro.

Assim, a produção total da cana de açúcar foi expressiva no período analisado apresentando um aumento de 129,74% e um incremento no rendimento (kg/ha) de 13,80%. Lembra-se que o aumento da produção de cana de açúcar possibilita um acréscimo na fabricação de etanol e na produção de açúcar.

Normalmente, em torno de 40,00% a 50,00% da cana de açúcar cultivada no Brasil é destinada à produção de etanol e o restante para a produção de açúcar CONAB (2014).

Como se sabe, o PRONAF Biodiesel incentiva a cultura, principalmente, do arroz, do feijão e do milho. Nesse caso, os agricultores familiares podem ser beneficiados com o Selo Combustível Social, o qual é um benefício de isenção fiscal que fora concedido pelo MDA aos produtores de biodiesel. Mas, apenas àqueles que promovam a inclusão social e o desenvolvimento regional por meio de geração de emprego e renda (COSTA, 2014). Entre as vantagens oferecidas estão a redução das alíquotas do Programa de Integração Social (PIS) e do Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PASEP) (PIS/PASEP) e da Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS), além de melhores condições de financiamento junto ao BNDES.

No Quadro 3 analisam-se o efeito escala e o efeito substituição, calculados a partir das equações (5) e (6), respectivamente apresentadas na subseção 4.1. Esse procedimento permite quantificar o deslocamento das culturas agrícolas em análise para subsidiar os resultados desse estudo.

Quadro 3 – Efeito Escala (E.E.) e Efeito Substituição (E.S.)

Produtos	Média 93/04	Média 05/16	Variação da área	β	E.E.	E.S.
Algodão herbáceo (em caroço)	874.725	1.078.817	2.449.109	1,33	3.463.909	-1.014.800
Amendoim (em casca)	95.638	119.805	290.012	1,33	378.725	-88.713
Arroz (em casca)	3.660.512	2.714.209	-11.355.645	1,33	14.495.629	-25.851.274
Batata-inglesa	164.332	139.013	-303.826	1,33	650.755	-954.581
Cacau (em amêndoas)	688.882	686.985	-22.758	1,33	2.727.971	-2.750.729
Café (em grãos)	2.195.415	2.117.655	-933.118	1,33	8.693.841	-9.626.959
Cana de açúcar	4.900.647	8.777.933	46.527.435	1,33	19.406.560	27.120.875
Cebola	69.312	61.773	-90.461	1,33	274.474	-364.935
Feijão (em grãos)	4.558.861	3.593.517	-11.584.129	1,33	18.053.088	-29.637.217
Mandioca	1.748.096	1.766.737	223.700	1,33	6.922.459	-6.698.759

Milho (em grãos)	12.886.657	14.326.590	17.279.193	1,33	51.031.163	-33.751.970
Pimenta-do-reino	19.446	25.284	70.052	1,33	77.006	-6.954
Soja (em grãos)	13.861.869	25.422.381	138.726.145	1,33	54.893.000	83.833.145
Tomate	62.397	63.169	9.261	1,33	247.093	-237.832
Trigo (em grãos)	1.740.691	2.230.182	5.873.884	1,33	6.893.138	-1.019.254
Uva	62.145	79.102	203.477	1,33	246.095	-42.618

Fonte: IPEA (2010).

Os dados do Quadro 3 revelam que a maioria dos cultivos apresentam resultado negativo para o efeito substituição. Isso pode ser explicado pela substituição dos cultivos analisados por outros. O milho, o feijão, o arroz e o café são os cultivos que mais sofreram substituição no período.

O Quadro 3 mostra também que as culturas que sofreram a maior redução na área cultivada são o feijão e o arroz. A soja em grãos, a cana de açúcar e o milho em grãos, são, respectivamente, àquelas que se destacam entre os cultivos que apresentaram um aumento de área plantada. A soja e cana de açúcar não apresentaram efeito substituição negativo, ou seja, somente essas culturas não foram substituídas por outras.

É possível que o incremento da produção de etanol e de biodiesel tenha sido o principal fator explicativo da redução da produção de alimentos e do aumento da produção de soja e de cana de açúcar¹². Para melhor compreender a ligação entre o comportamento dos principais cultivos destinado à alimentação e à produção de biocombustíveis, elaborou-se o Quadro 4.

¹²O elevado uso da terra para a produção de biocombustíveis no Brasil resulta do potencial de recuperação de áreas degradáveis (NOGUEIRA; CAPAZ, 2013).

Quadro 4 – Matriz de correlação entre a produção de arroz, feijão e milho com a da soja nas safras de 1996/1997 até 2016/2017 e entre a produção de arroz, feijão, milho e soja com a da cana de açúcar nas safras de 2005/2006 até 2016/2017

Cultivos	Soja	Cana de Açúcar
Arroz	0,4662 (0,0331)	0,1954 (0,5427)
Feijão	0,3356 (0,1370)	-0,2160 (0,5002)
Milho	0,9309 (0,0000)	0,6877 (0,0134)
Soja	1,000	0,7847 (0,0025)
Cana de Açúcar	–	1,000

Fonte: Elaborado com base nos dados da CONAB (2019).

Verifica-se, com base nos dados do Quadro 4, que existe um coeficiente de correlação estatisticamente significativo e positivo entre: a soja e o arroz, a soja e o milho, a cana de açúcar e o milho e a cana de açúcar e a soja. Uma correlação forte¹³ é observada entre a soja e o milho e a cana de açúcar e a soja, o que mostra que o crescimento na produção a soja corresponde efetivamente a um crescimento na produção do milho, o mesmo ocorre para o caso da cana de açúcar e da soja. Além disso, uma correlação moderada é evidenciada entre a soja e o arroz e a cana de açúcar e o milho.

A substituição da produção de alimentos para a produção de biocombustíveis incita a necessidade de uma avaliação mais detalhada em consonância aos princípios norteadores da SAN. Ao mesmo tempo em que esses resultados revelam um acréscimo de área dos cultivos utilizados na produção de energia, constata-se uma redução das áreas destinadas para o cultivo dos alimentos tradicionais de consumo dos brasileiros, o feijão e o arroz. De 1996 até 2016, o crescimento populacional registrado no Brasil é de 23,78% (BRASIL, 2017; IBGE, 1997). Nesse mesmo período, a produção de arroz cresceu 18,25% e a de feijão apenas 4,65%.

¹³A interpretação do coeficiente de correlação pode ser realizada da seguinte forma: i) se igual a ± 1 a correlação é máxima positiva ou máxima negativa; ii) se igual a zero a correlação é nula; iii) se menor que $\pm 0,30$ a correlação entre as variáveis é fraca; iv) se maior que $\pm 0,70$ a correlação entre as variáveis é forte; v) se entre $\pm 0,30$ e $\pm 0,70$ a correlação entre as variáveis é moderada (ROCHA, 2015).

Os impactos provenientes dessa equação revelam uma possível redução da SAN no país, quando da análise quantitativa e qualitativa. Parte desse movimento pode ser decorrente da alteração na ênfase produtiva mas, há que se considerar as mudanças, não estudadas na presente pesquisa. A tendência a novos hábitos alimentares revelam diferentes contradições, tal como o aumento do consumo de massas e de biscoitos¹⁴ e demais produtos da dieta fordista que, por sua vez, contribuem para o aumento da obesidade. Não menos importante, deve-se considerar que àqueles cultivos em maior expansão, a soja e a cana de açúcar, são produzidos com a tecnologia transgênica e que devido às características do solo e do clima do país, exigem um crescente uso de agrotóxicos, o que repercute no âmbito qualitativo dos alimentos.

A melhor alternativa ao impacto da produção de biocombustíveis para a SAN seria a não utilização de alimentos para essa finalidade. A produção de biocombustíveis pode ser obtida através da biomassa como matéria prima (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE, 2014). Contudo, há fatores que limitam tal produção, como restrições técnicas, econômicas e sociais (CGEE, 2014). Nesse sentido, o investimento em pesquisas tecnológicas é de suma relevância para o setor de biocombustíveis, inclusive no que diz respeito à possibilidade de sua produção por meio da reutilização de resíduos.

Sabe-se que o aumento das áreas plantadas de soja e de cana de açúcar não pode ser unicamente explicado pela demanda de produção para biocombustíveis. O crescimento das exportações de *commodities*, como reflexo da desvalorização cambial de 1999, e o crescimento da demanda da China, ajudam a explicar, por exemplo, o aumento das áreas plantadas de soja no Brasil. Há que se considerar, portanto, outros fatores, tais como o preço favorável no mercado internacional, o aumento da produtividade e da demanda, que são elementos decisivos para a tomada de decisão dos produtores rurais em aumentar a sua escala produtiva.

¹⁴Atualmente, o Brasil é o terceiro maior mercado de massas do mundo, com um faturamento anual superior a US\$ 2,2 bilhões, o segundo é os Estados Unidos (US\$ 2,7 bilhões) e o primeiro é a Itália (US\$ 3,6 bilhões) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES & BOLOS INDUSTRIALIZADOS – ABIMAPI, 2019).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a produção de biocombustíveis, mais especificamente o etanol, contribuiu para aumentar a produção da cana de açúcar, bem como a produção de biodiesel foi fator importante para o acréscimo da produção de soja. Porém, a análise de correlação relativiza uma afirmação definitiva sobre o comportamento da produção de cultivos utilizados com finalidade alimentar (arroz, feijão e milho) e para a produção de biocombustíveis (soja e cana de açúcar).

O cultivo da cana de açúcar expandiu-se significativamente no período de análise para atender a produção de açúcar e a produção de etanol. O principal fator explicativo para a expansão dessa cultura vincula-se aos incentivos fiscais e financeiros que o Governo disponibiliza ao agricultor. Os dados encontrados mostram o crescimento das áreas plantadas de cana de açúcar para o etanol, entretanto, não são suficientes para afirmar que esse movimento resulta em queda da oferta de alimentos, uma vez que a produtividade dos cultivos que tiveram a área de produção reduzida pode ter aumentado consideravelmente, como no caso do arroz.

Com referência ao cultivo para a produção de biodiesel, o estudo apontou que várias culturas, entre elas a soja, o amendoim e o trigo, apresentaram um crescimento significativo. Entretanto, a soja foi a cultura que mais se destacou no período. Tal como ocorrera no cultivo da cana de açúcar, não se pode afirmar que o aumento total de área cultivada da soja seja destinado para a produção de biodiesel, uma vez que a soja vem apresentando um crescimento extraordinário na demanda internacional, especialmente para o mercado da China.

Os resultados apurados relacionados aos deslocamentos das culturas, por meio do modelo de efeitos escala e substituição desenvolvido por Zockun, sugerem não existir competição entre a produção de soja e de cana de açúcar. Isto vale tanto para o caso da sua utilização como matéria prima para a produção de biocombustíveis, como em relação ao cultivo de outros produtos com finalidade alimentar.

Ao se avaliar a relação da cana de açúcar e do etanol e da soja e do biodiesel, pode-se afirmar que as duas culturas vêm apresentando aumento significativo nas áreas cultivadas. No entanto, não se verificam, pela análise das culturas que tiveram as suas áreas substituídas, indícios de que o aumento da

produção de cana de açúcar e de soja esteja repercutindo negativamente na oferta de produtos alimentares. Isso, no entanto, não equivale a afirmar que não há implicações sobre a SAN do país.

A SAN, ao considerar as suas vinculações quantitativas e de diversificação alimentar, qualitativas e de acessibilidade, vem sofrendo restrições. Concorde-se com as dimensões analíticas preconizadas por Barrett (2010), e enfatiza-se que mesmo não se vislumbrando restrições substantivas nos aspectos quantitativos da produção, nada garante uma trajetória de melhorias qualitativas nos alimentos produzidos. Além disso, as variáveis estudadas não influenciam *per se* em outros aspectos relevantes, tal como a distribuição e a acessibilidade alimentar.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES & BOLOS INDUSTRIALIZADOS. **Estatísticas**. Disponível em: <<https://www.abimapi.com.br/estatistica-geral.php>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Dados Estatísticos**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/anuario-estatistico/2018/anuario_2018.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Boletim do Etanol**. Brasília, fev. 2017. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/boletins-anp/Boletim_do_Etanol/Boletim_do_Etanol_No09_FEVEREIRO_2017.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Boletim Mensal do Biodiesel**. Brasília, jan. 2016. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/boletins-anp/Boletim_Mensal_do_Biodiesel/2016/Boletim_Biodiesel_Janeiro_2016.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2019.

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE BIODIESEL DO BRASIL. **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel – PNPB**. Disponível em: <<https://aprobio.com.br/legislacao-mercado/programa-nacional-de-producao-e-uso-do-biodiesel-pnpb/>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

BARRETT, C. B. Measuring food insecurity. **Science**, Washington, D. C, v. 327, n. 5967, p. 825-828, feb. 2010.

BELIK, W. Perspectivas para segurança alimentar e nutricional no Brasil. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v.12, n.1, p.12-20, jan./jun. 2003.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. *Bioetanol de cana-de-açúcar: Energia para o desenvolvimento sustentável*. Disponível em <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/.../1408/.../Bioetanol%20da%20cana-de-acucar_P.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2019.

BRASIL. **População brasileira cresce 0,8% e chega a 206 milhões**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/infraestrutura/2016/08/populacao-brasileira-cresce-0-8-e-chega-a-206-milhoes>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

BRASIL. **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel: inclusão social e desenvolvimento territorial**. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_arquivos_64/Biodiesel_Book_final_Low_Completo.pdf>. Acesso em: 02 de fev. 2019.

BRASIL. **Lei n. 11.097, de 13 de janeiro de 2005**. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; Altera as Leis n. 9.478, de 6 de agosto de 1997, n. 9.847, de 26 de outubro de 1999 e n. 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm>. Acesso em: 10 fev. 2015.

BRASIL. **Decreto n. 19.717, de 20 de fevereiro de 1931**. Estabelece a aquisição obrigatória de álcool, na proporção de 5% da gasolina importada, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-19717-20-fevereiro-1931-518991-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 12 fev. 2015.

BRASIL. **Decreto n. 5.297, de 6 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre os coeficientes de redução das alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS incidentes na produção e na comercialização de biodiesel, sobre os termos e as condições para a utilização das alíquotas diferenciadas, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2004/decreto-5297-6-dezembro-2004-535001-norma-pe.html>>. Acesso em: 22 abr. 2015.

BRASIL. **Lei n. 11.326, de 24 de julho de 2006**. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm>. Acesso em: 03 fev. 2019.

CENTRO DE GESTÃO ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos no Brasil: O papel do País no cenário global**. Brasília, 2014. (v. 1). Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Papel_Brasil_Global_Vol_I_WEB_29042015_10159.pdf/3cdacbfd-64e8-49b3-bc46-e9c5e3771e35?version=1.1>. Acesso em: 03 fev. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Série histórica das safras**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso em 03 fev. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra Brasileira de Cana de Açúcar**, 2014. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em 03 fev. 2019.

CONSELHO NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL. **O estado da segurança alimentar e nutricional no Brasil: um retrato multidimensional**. Relatório 2014. Disponível em: <http://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/seguranca_alimentar/SANnoBRasil.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2019.

COSTA, E. M. **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel: uma análise e reflexão dos resultados**. 2014. 51f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Departamento de Economia, UFRN, Natal, 2014.

EMPRESAS DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis**. Ministério de Minas e Energia. jun. 2018. Disponível em: <http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-167/Analise_de_Conjuntura_dos_Biocombustiveis-Ano_2017.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2019.

FOREST, R.; FOREST, M.; COSTA, J. S. da.; RUVIARO, C. F. Segurança alimentar e sua relação com a expansão do programa de biocombustíveis. **Revista de Política Agrícola**, Ano XXIII – n. 3, jul./ago./set. 2014.

HOFFMANN, Rodolfo. Segurança alimentar e a produção de etanol no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v.13, p.1-5, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agro 2017**. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contagem da População 1996**. 1997. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv26412.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA. **Biocombustíveis no Brasil: Etanol e Biodiesel**. n. 53, Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro, 2010. Disponível em: <https://www.novacana.com/pdf/estudos/100526_comunicadodoipea_53.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2019.

LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. **Novos Estudos**, CEBRAP, n. 78, São Paulo, jul. 2007.

MALUF, R. S. Políticas agrícolas e de desenvolvimento rural e a segurança alimentar. In: LEITE, Sergio (Org.). **Políticas públicas e agricultura no Brasil**. Porto Alegre: Editora da Universidade, UFRGS, 2001. p.145-168.

NOGUEIRA, L. A. H.; CAPAZ, R. S. Biofuels in Brazil: Evolution, achievements and perspectives on food security. **Revista Global Food Security**, v. 2, p.117-125, 2013.

NOVACANA. **Contextualização histórica do etanol**, 2014. Disponível em: <<https://www.novacana.com/estudos/contextualizacao-historica-do-etanol-120913>> Acesso em: 03 fev. 2019.

PIRES, M. M. et al. **Componentes do crescimento das principais culturas permanentes do estado da Bahia**. São Paulo: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB, 2006.

ROCHA, S. **Estatística geral e aplicada para cursos de Engenharia**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2015.

SANTOS, G. J. dos; LADU, L.; MATA, H. T. C.; OLIVEIRA, G. G. de; GERMANI, G. I.; COUTO, V. A. Agrocombustíveis, segurança e soberania alimentar: elementos do debate internacional e análise do caso brasileiro. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v.18, n.4, p. 549-556, jan./mar. 2009.

SOUSA, E. L. L; MACEDO, I. **Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. São Paulo: UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar, 2010.

SPAROVEK, G.; BARRETTO, A.; BERNDES, G.; MARTINS, S.; MAULE, R. Environmental, land-use and economic implications of Brazilian sugarcane expansion 1996-2006. **Mitig Adapt Strateg Glob Change**, 2009.

ZOCKUN, M. H. G. P. **A expansão da soja no Brasil**: alguns aspectos da produção. 1978. 228 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo, 1978.

ZONIN, V. J.; WINCK, C. A.; MACHADO, J. A. D. Segurança alimentar e biocombustíveis no Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v.13, n. 1, p. 341-352, 2015.