

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO E
DESENVOLVIMENTO RURAL**

EDUARDA SALES BRAGA

**A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL EM PERNAMBUCO: O CASO DO
ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR - 1980/2012**

**RECIFE
2013**

EDUARDA SALES BRAGA

**A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL EM PERNAMBUCO: O CASO DO
ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR – 1980/2012**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Administração e Desenvolvimento Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para a obtenção ao Título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Almir Silveira Menelau
Coorientador: Prof. Dr. André de Souza Melo

**RECIFE
2013**

Ficha catalográfica

B813p Braga, Eduarda Sales
A produção de biocombustível em Pernambuco: o caso do
etanol de cana-de-açúcar - 1980/2012 / Eduarda Sales Braga.
– Recife, 2013.
58 f. : il.

Orientador: Almir Silveira Menelau.
Dissertação (Mestrado em Administração e
Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Departamento de Letras e Ciências Humanas,
Recife, 2013.
Inclui referências e anexo(s).

1. Etanol 2. Cana-de-açúcar 3. Produção de
biocombustível 4. Cenários I. Menelau, Almir Silveira,
orientador II. Título

CDD 631.1

EDUARDA SALES BRAGA

**A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL EM PERNAMBUCO: O CASO DO
ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR - 1980/2012**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Administração e Desenvolvimento Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para a obtenção ao Título de Mestre.

Aprovação: ____/____/____

A Banca Examinadora composta pelos membros:

Prof. Dr. Almir Silveira Menelau- Orientador
UFRPE/PADR

Prof. Dr. André de Souza Melo
UFRPE/PADR

Prof. Dr. Emanuel Sampaio Silva
UNIVERSO/SENAC

Prof. Dr. Horst Dieter Möller
UFRPE/PADR

À minha querida mãe, pela base sólida que sempre me deu. Força e coragem para encarar a vida de frente, e por toda dedicação, carinho e amor intenso.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por permitir mais uma grande conquista em minha vida.

A minha mãe Eurídice, por todo o apoio, amor e confiança que dela recebi durante toda a minha vida.

Ao meu irmão, Erberth por ter participado em cada momento da minha vida e por sempre acreditar na minha capacidade e realizações.

Em especial a Rodrigo Wagner, por todo amor, apoio e compreensão nos momentos bons e árduos da minha caminhada.

Ao meu professor e orientador Almir Menelau, pela excelente orientação, por todo apoio, disposição e atenção que me levou a execução e conclusão desta dissertação.

Ao meu coorientador André Melo, pelo suporte, sugestões e por estar sempre disposto a ajudar.

Aos que conviveram comigo desde o início do curso, cada um de forma particular.

Aos meus familiares e amigos, nos bons momentos de descontração.

Ao Sindaúcar-PE, que se dispôs a colaborar com este trabalho durante as entrevistas realizadas.

Obrigada a todos que estiveram presentes durante a minha vida acadêmica!

RESUMO

A utilização de combustíveis fósseis, quase que de forma exclusiva, pela economia brasileira, tem provocado sérios impactos ambientais, que somente podem ser revertidos com a diversificação da matriz energética nacional. Uma das alternativas fundamentais na diversificação dessa matriz é o etanol, biocombustível obtido a partir da cana-de-açúcar. Diante desta potencialidade do etanol para o Brasil, e considerando a contribuição de Pernambuco para a produção nacional deste biocombustível, analisou-se a produção pernambucana de etanol, utilizando o modelo econométrico de função de produção (tipo Cobb-Douglas) e a partir do ajustamento realizado, produziram-se cenários para a atividade no Estado. O ajustamento referido foi realizado a partir de série de dados que cobriu o período de 1980/2012. Os resultados obtidos com o modelo, com as elasticidades-preço da oferta e elasticidade cruzada entre preço de açúcar e produção de etanol, permitiram concluir que a produção de etanol está vinculada aos preços do açúcar, em que aumentos no preço do açúcar viabilizará sua produção e reduzirá a produção de etanol combustível.

Palavras-chave: Etanol. Cana-de-açúcar. Produção de biocombustível. Cenários.

ABSTRACT

The use of fossil fuels, almost exclusively, by Brazilian economy has caused serious environmental impacts, which can only be reversed with the diversification of the national energy matrix. One of the fundamental alternatives in the diversification of this matrix is ethanol, biofuel made from cane sugar. Given this potential of ethanol to Brazil, and considering the contribution of Pernambuco for domestic production of this biofuel, was analyzed the ethanol production of Pernambuco, using the econometric model of production function (Cobb Douglas) and from the adjustment done, scenarios were produced for the activity in the State . The adjustment that was made from data series which covered the period 1980/2012. The results obtained with the model, with price elasticities of supply and cross- price elasticity between sugar and ethanol production, was concluded that ethanol production is linked to sugar prices , in which the increases of the price of sugar will enable your production and will reduce the production of fuel ethanol.

Keywords: Ethanol. Cane sugar. Biofuel production. Scenarios

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Produção de cana-de-açúcar no Brasil em mil toneladas.....	29
Gráfico 2 - Produção de cana-de-açúcar em Pernambuco em mil toneladas	30
Gráfico 3 - Rendimento agrícola em Pernambuco em tonelada de cana/hectare	31
Gráfico 4 - Evolução da produção de etanol total no Brasil (Mil m ³).....	31
Gráfico 5 - Evolução da produção de etanol total em Pernambuco (Mil m ³)	32
Gráfico 6 - Preço do etanol anidro combustível em Pernambuco (R\$/L)	32
Gráfico 7 - Preços do açúcar em Pernambuco (R\$/saca)	33
Gráfico 8 - Elasticidade Cruzada entre Preço do açúcar e quantidade de etanol para Pernambuco	41
Gráfico 9 - Elasticidade-preço da oferta de etanol e açúcar para Pernambuco.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelo para a Produção de Etanol Total em Pernambuco.....	39
Tabela 2 - Cenário otimista de aumento no rendimento agrícola para Pernambuco.	43
Tabela 3 - Cenário otimista de aumento no preço do açúcar para Pernambuco.....	44
Tabela 4 - Cenário otimista de aumento no preço do etanol para Pernambuco.....	44
Tabela 5 - Cenário pessimista de redução no rendimento agrícola para Pernambuco	45
Tabela 6 - Cenário pessimista de redução no preço do açúcar para Pernambuco. ..	45
Tabela 7 - Cenário pessimista de redução no preço do etanol para Pernambuco. ...	46

LISTA DE SIGLAS

ANP	Agência Nacional de Petróleo
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento Social
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DATAGRO	Empresa de Consultoria de Etanol e Açúcar
EECAC	Estação Experimental de Cana de açúcar
IAA	Instituto de Açúcar e Álcool
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPA	Instituto de Pesquisas Agropecuárias
IPI	Imposto sobre produto industrializado
IPVA	Imposto sobre a propriedade de veículos automotores
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MME	Ministério de Minas e Energia
MTBE	Éter Metil Terciário Butílico
PIB	Produto Interno Bruto
RIDESA	Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro
SDR	Secretaria de Desenvolvimento Regional
SINDAÇÚCAR	Sindicato da Indústria de Açúcar e do Álcool no Estado de Pernambuco
SRHE	Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UNICA	União da Indústria de Cana-de-açúcar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivo Geral	17
1.2	Objetivo Específicos	17
2	BREVE HISTÓRICO DA CANA-DE-AÇÚCAR	18
2.1	Desregulamentação estatal na produção de cana-de-açúcar	22
2.2	Caracterização do setor sucroenergético	23
3	BIOCOMBUSTÍVEL: ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR	26
3.1	Panorama da produção de Cana-de-açúcar e Etanol	29
4	CENÁRIOS PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL BIOCOMBUSTÍVEL EM PERNAMBUCO.....	34
4.1	Resultados do modelo ajustado	39
4.2	Elasticidades para a produção de etanol combustível a partir de relações estabelecidas	40
4.2.1	Elasticidade cruzada entre preço do açúcar e quantidade de etanol	40
4.2.2	Relação entre a Elasticidade de oferta do etanol e a Elasticidade de oferta do açúcar.	41
4.3	Cenários para a produção de etanol combustível, a partir de alterações nas variáveis do modelo ajustado.....	42
4.3.1	Cenários otimistas.....	43
4.3.2	Cenários pessimistas	44
5	PROJEÇÕES: ENTRAVES E POLÍTICA GOVERNAMENTAL PARA O ETANOL	47
6	CONCLUSÃO	51
	BIBLIOGRAFIA	53
	ANEXO 1 – SÉRIE HISTÓRICA (1980-2012) DA PRODUÇÃO DE ETANOL TOTAL E AÇÚCAR EM PERNAMBUCO.....	56
	ANEXO 2 – SÉRIE HISTÓRICA (1980-2012) DOS PREÇOS DE ETANOL COMBUSTÍVEL E DE AÇÚCAR PARA PERNAMBUCO.....	57
	ANEXO 3 – SÉRIE HISTÓRICA (1980-2012) DE VALORES DA ELASTICIDADE CRUZADA ENTRE PREÇO DO AÇÚCAR E QUANTIDADE DE ETANOL E DA ELASTICIDADE PREÇO DA OFERTA DE ETANOL E AÇÚCAR	58

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da demanda mundial por etanol é devido aos interesses dos países procurarem opções para diminuir as emissões de gases de efeito estufa, redução da dependência do petróleo e principalmente uma alternativa para a diversificação da sua matriz energética, principalmente tendo em vista o esgotamento das reservas de combustíveis fósseis.

A discussão sobre ações econômicas sustentáveis que reduzam os impactos ambientais vem sendo bastante debatidas nos últimos anos. O Protocolo de Kyoto iniciado em 1997, na cidade de Kyoto, no Japão, tem como objetivo firmar acordos internacionais para promover metas de redução de gases poluentes causadores do aquecimento global. No referido protocolo os países devem colaborar entre si na produção de bens e serviços a partir de processos menos impactantes ao meio ambiente. O protocolo sugere ações comuns, dentre elas o aumento no uso de fontes de energias limpas.

O Brasil também capitaneou recentemente discussões em nível global, a exemplo da conferência Rio +20 realizada em 2012, com o intuito de promover debates e ações de políticas sustentáveis, tornando assim uma preocupação mundial sobre a utilização de meios que diminuam a degradação ambiental.

Um assunto repetidas vezes abordado nas discussões sobre a sustentabilidade é a utilização de fontes energéticas limpas, pois a energia é um dos pilares fundamentais para o desenvolvimento econômico e social de um país, influenciando decisivamente na infraestrutura para os setores produtivos, geração de emprego e renda, qualidade de vida, e por se tratar de um setor estratégico para a nação. Além dessas questões, segundo Batalha e Buainain (2007) vários são os estudos que apontam o esgotamento das fontes de energia fóssil para os próximos anos, destacando a necessidade de buscar outras fontes alternativas. No entanto, os constantes conflitos políticos envolvendo os países do Oriente Médio, onde estão localizadas quase 80% das reservas comprovadas de petróleo no mundo, conferem instabilidade ao suprimento e aos preços do combustível, incentivando várias nações a reduzir a dependência em relação às importações do produto.

Tendo em vista o avanço da consciência ambiental, a diversificação da matriz energética e a necessidade de reduzir a dependência da utilização de petróleo, fonte de energia não renovável e de origem fóssil, impulsionaram-se estudos voltados

para o desenvolvimento de novas alternativas na produção de combustíveis, como o etanol, que se tornou uma opção eficaz por ser uma fonte renovável originada de produtos vegetais. De acordo com Sampaio e Vital (2011), o uso de biocombustíveis vem sendo estimulado com vários propósitos, entre os quais destacam-se: a redução de emissões de gases de efeito estufa e a substituição do petróleo, devido tanto aos elevados preços do barril no mercado mundial como à busca de diminuição da dependência de combustível fóssil. No caso do Brasil, sua produção apresenta um baixo custo tornando o etanol um combustível automotivo em condições de competir com o petróleo.

Com efeito, de acordo com a Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos do Estado de Pernambuco (SRHE), a utilização do bioetanol é extremamente vantajosa, pois a cana-de-açúcar, matéria-prima utilizada na fabricação dessa substância é renovável. Outro aspecto positivo se refere à emissão de gases poluentes, visto que a queima desse combustível não é tão agressiva ao meio ambiente quanto a da gasolina, contribuindo assim, para a redução de CO₂, grande responsável por intensificar o efeito estufa. É importante destacar que o bioetanol é internacionalmente reconhecido por ser uma fonte de energia natural, limpa, renovável, sustentável e uma alternativa viável economicamente e com significativo potencial de expansão.

Além da sua relevância quanto às questões ambientais, a política de segurança energética é de grande importância, pois uma redução na oferta de petróleo pode paralisar as principais economias do mundo, o que torna considerável o papel do bioetanol não apenas no contexto de benefícios ambientais, mas também em sua contribuição para a matriz energética dos países.

O Brasil tem tradição na produção de bioetanol e possui uma vasta área onde pode ser cultivada a cana-de-açúcar, destacando-se como pioneiro na produção de etanol como combustível por deter condições vantajosas de clima, água e solo para a agricultura, e tendo considerável capital intelectual oriundo da tecnologia desenvolvida, que surgiu com o Proálcool, em 1975, devido a crise do petróleo em 1973. O principal objetivo do programa era substituir os combustíveis derivados do petróleo pelo álcool, uma vez que, nessa época, a crise do petróleo já se espalhava pelo mundo, e o preço do produto subia cada vez mais, sendo assim necessário buscar outra fonte de energia para substituí-lo. Segundo Safatle (2011), a agroenergia, sobretudo a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, constitui

hoje o segmento econômico com maior capacidade de gerar, a um só tempo, uma multiplicidade de impactos virtuosos. A variedade de benefícios é enorme, a começar por colocar o país na vanguarda do processo de geração de energia alternativa em âmbito mundial, modificando a geopolítica do poder no mundo, até então concentrada pelos detentores de geração de energia fóssil. Quanto mais se avançar na produção do etanol e aumentar seu consumo em relação aos derivados de petróleo, tanto vamos estender seu horizonte temporal, esticando a vida média de nossas reservas de petróleo.

A cana-de-açúcar apresenta-se como matéria-prima mais competitiva para a produção de etanol em termos de custos de produção. Seu cultivo no Brasil adveio com os primeiros colonizadores. Na época (século XVI), a área de maior significância no cultivo foi a Zona da Mata Pernambucana, e o Estado de Pernambuco passou a ser o pioneiro e o mais importante dos territórios da colônia na produção de açúcar, caracterizando este produto como a *commodity* de maior interesse no mercado internacional de produtos agrícolas. Para Barros et. al. (1998), a cana-de-açúcar estruturou os espaços físico, econômico e social da Zona da Mata, especializando a economia local e individualizando a sua sociedade no contexto regional e social. Ainda de acordo com o autor, a cana foi a cultura que mais contribuiu para a acumulação de riqueza, na forma de benfeitorias permanentes, estruturas de construções e instalações, e melhoramento da qualidade da terra, firmando-se como uma sólida alternativa agroindustrial. Com efeito, a cultura além de representar grande importância social e histórica propiciou diversos benefícios para a economia de Pernambuco, entre eles o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) agrícola.

Em comparação com outras matérias primas produtoras do etanol, a cana-de-açúcar apresenta o melhor balanço energético em relação ao etanol americano proveniente do milho. Andreoli e Souza (2006) ao realizarem estudo comparativo da produção do etanol de cana-de-açúcar do Brasil com o etanol de milho dos Estados Unidos, evidenciaram que o balanço energético para converter o milho em etanol é de 1,29:1, sendo considerado desfavorável, pois para a produção de 1kcal de energia, na forma de etanol, gasta-se 1,29 kcal. Já no caso da cana-de-açúcar é de 1:3,24kcal, o balanço energético é considerado favorável, pois a produção de 3,24 kcal na forma de etanol é necessário apenas 1 kcal de energia.

De acordo com o balanço energético nacional (2011), fornecido pelo Ministério de Minas e Energia, a oferta interna de energia não renovável representou 55,9% da matriz energética nacional, enquanto a participação de energia renovável foi de 44,1%. Neste contexto total, a biomassa da cana contribuiu com 15,7%, superando assim o ano de 2002, quando a oferta interna de energia não renovável foi de 59% e de renovável 40,45%.

No Brasil os dados mostram que a produção total de etanol em 2002 foi de 12.588.624m³, já em 2012 a produção total elevou-se para 22.736.540m³ apresentando uma variação percentual positiva de 80,61% em relação ao ano de 2002. (Relatório do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2013). Isto demonstra que ao longo de 10 anos a produção de etanol total, incluindo o tipo anidro e o hidratado, sofreu um considerável aumento.

Contudo há uma forte pressão contra o etanol brasileiro devido a questão do impasse entre a produção de energia e a produção de alimentos. Para Safatle (2011), atualmente o Brasil é um dos poucos países do mundo que tem disponibilidade de terras para expandir sua produção de etanol sem concorrência com a cadeia de produção de alimentos. Segundo dados estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o potencial disponível de terras para a agricultura no país é de 90 milhões de hectares.

Estudos realizados em 2008 pelo BNDES e o Centro de Gestão de estudos Energéticos (CGEE) relatam que o interesse mundial pelo desenvolvimento dos biocombustíveis aumentou a partir de meados da presente década, em virtude de uma preocupação maior com o desenvolvimento de fontes energéticas renováveis e mais limpas, que permitam avançar na superação do atual paradigma, baseado nos combustíveis fósseis. Nesse cenário, destaca-se o Brasil, cujo programa de bioetanol de cana-de-açúcar apresenta resultados interessantes, desde a pesquisa de variedades de cana de maior rendimento até a fabricação de motores que funcionam com qualquer mistura de gasolina e etanol.

De acordo com os dados da União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA), sobre o licenciamento anual de automóveis no Brasil (Ciclo Otto) do tipo flex fuel, no ano de 2003 registrou-se 48.178 novos carros licenciados, e até dezembro de 2012 o número subiu para 3.162.874 veículos licenciados, o que demonstra um aumento da demanda pela utilização de carros com este tipo de combustível.

No país está sendo realizadas pesquisas para o desenvolvimento do etanol de segunda geração, de acordo com informações da revista Ethanol Summit (2013), a segunda geração do combustível, também chamada de etanol celulósico, feito a partir de restos de plantas, como folhas, caules, aparas de árvores e cavacos de madeira, ou seja, extraído da celulose do bagaço e da palha da matéria prima – no caso brasileiro a cana-de-açúcar – já dá sinais de que o mercado poderá viver uma nova era ao longo dos próximos anos. Os investimentos no País para desenvolver a nova técnica já ultrapassam os R\$ 2 bilhões. Na acirrada disputa pela evolução da tecnologia pelo mundo – Estados Unidos, Japão e Europa também estão no páreo –, o Brasil está entre os poucos países que têm possibilidade de fabricar o novo etanol a um custo competitivo.

Com efeito, o setor sucroenergético do país encontra-se em verdadeira ebulição devido às alternativas energéticas renováveis que precisam ser encontradas a fim de dar continuidade ao desenvolvimento sem extinguir as já existentes. Desta forma, tornam-se cada vez mais necessários estudos sobre alternativas que possibilitem um melhor entendimento sobre o complexo energético. Diante deste cenário de crescimento da demanda de etanol e sua importância para a matriz energética nacional, o objetivo deste estudo é analisar a situação atual da sua produção em Pernambuco, bem como suas perspectivas diante do quadro nacional da produção de biocombustível, no caso o etanol proveniente da cana-de-açúcar. Para isso, irá iniciar com a análise e a compreensão dos aspectos históricos e atuais da cultura da cana-de-açúcar. E a partir desta produção de bioetanol no sentido de se construir os cenários para a produção de etanol combustível no Estado.

A pesquisa é motivada pelo interesse mundial em fontes renováveis de energia, consequência principalmente das alterações climáticas globais já existentes, e por ser o etanol proveniente da cana-de-açúcar, uma espécie vegetal energética cuja produção contribui para a redução da dependência externa de combustíveis fósseis, como por exemplo, o petróleo, o gás natural, dentre outros, e por questões de segurança nacional ao assegurar que o país opere com uma matriz energética diversificada, além de contribuir para a melhoria ambiental tendo em vista que sua queima produz a diminuição de gases poluentes causadores do efeito estufa. Além disso, com o advento dos carros flex-fuel, reduziu-se o efeito adverso da queima de combustíveis pela frota nacional de veículos, bem como propiciou a redução da pobreza com base na geração de empregos que se supõe ocorram na

cadeia sucroenergética. A utilização do etanol da cana-de-açúcar até então tem se mostrado a matéria prima adequada como fonte de energia limpa, sendo uma alternativa para o crescimento do Estado de Pernambuco, que já foi pioneiro na produção dessa *commodity*, proporcionando uma revitalização em seu mercado doméstico.

1.1 Objetivo Geral

Analisar o processo histórico, a situação atual e as perspectivas da produção de etanol no Estado de Pernambuco.

1.2 Objetivo Específicos

- Caracterizar o “status quo” da produção de álcool a partir da cana-de-açúcar em Pernambuco;
- Mensurar a contribuição da produção de etanol em Pernambuco, bem como suas perspectivas no médio e longo prazo;
- Contribuir e analisar os cenários referentes à produção de etanol em Pernambuco e suas consequências para o país;
- Identificar, descrever e analisar os entraves da produção de álcool no Estado e seus efeitos no futuro da atividade.

2 BREVE HISTÓRICO DA CANA-DE-AÇÚCAR

As primeiras mudas de cana-de-açúcar introduzidas no Brasil foram trazidas nos navios que participavam da expedição de Martim Afonso de Souza, em 1532 (MOZAMBANI *et. al.*, 2006). O solo fértil, o clima tropical e a mão de obra escrava ajudaram a planta a espalhar-se pelo Brasil. Iniciou seu cultivo na Capitania de São Vicente. Lá, ele próprio construiu o primeiro engenho de açúcar. Mas foi no Nordeste, principalmente nas Capitanias de Pernambuco e da Bahia, que os engenhos de açúcar se multiplicaram.

De acordo com Machado (2006) somente depois de várias dificuldades, após 50 anos, o Brasil passou a monopolizar a produção mundial açúcar. Portugal e Holanda, que comercializavam o produto, tinham uma elevada lucratividade. O comércio da Holanda entrou em colapso e em 1630 os holandeses invadiram o Brasil permanecendo em Pernambuco até 1654, quando foram expulsos. Para diminuir a dependência do açúcar brasileiro, os holandeses iniciaram a produção açucareira no Caribe e mais tarde os próprios ingleses e franceses fizeram o mesmo em suas colônias, acabando com o monopólio do açúcar brasileiro. A descoberta do ouro no final do século XVII nas Minas Gerais retirou do açúcar o primeiro lugar na geração de riquezas, cuja produção se retraiu até o final do século XIX. Mesmo assim, no período do Brasil Império de (1500-1822) a renda obtida pelo comércio do açúcar atingiu quase duas vezes à do ouro e quase cinco vezes à de todos os outros produtos agrícolas juntos, tais como café, algodão, madeiras, etc. A partir do início do século XVIII a produção nas ilhas do Caribe e nas Antilhas cresceu e o Brasil perdeu posições na produção mundial de açúcar. Inglaterra e França disputavam em suas colônias os primeiros lugares na produção. Os holandeses perderam pontos estratégicos no comércio de açúcar. O Haiti, colônia francesa no Caribe, era o maior produtor mundial.

Com a abolição da escravatura em 1888, os gastos com a manutenção dos escravos acabaram e os produtores puderam investir em novos processos de centrifugação, iniciando a produção de açúcar branco no começo do século XX. De acordo com Machado (2006), a 1ª Grande Guerra, iniciada em 1914, devastou a indústria de açúcar europeia. Esse fato provocou um aumento do preço do produto no mercado mundial e incentivou a construção de novas usinas no Brasil,

notadamente em São Paulo, visto que muitos fazendeiros de café desejavam diversificar seu perfil de produção.

Segundo Leite et. al. (2009), a evolução tecnológica na produção de cana foi marcante no país, desde o início do Proálcool até os dias de hoje, e os principais itens que merecem destaque são: melhoramento genético, mecanização agrícola, gerenciamento agrícola, controle biológico de pragas, reciclagem de efluentes e práticas agrícolas.

A produção canavieira expandiu para outras regiões do país, além das tradicionais terras do Nordeste. Segundo Oliveira Filho, L. (2010) após a crise de 1929 e o fim do Ciclo do Café, houve uma substituição das lavouras de café por plantações de cana o que levou à retomada do cultivo de cana em grandes proporções, principalmente no sudeste. A produção de açúcar era destinada ao mercado interno que se formava à medida que a industrialização avançava.

Conforme a rápida expansão das usinas, a atividade canavieira nacional convergia para um risco eminente: a superprodução. Para controlar a produção surgiu o Instituto do Açúcar e Alcool (IAA), criado pelo governo Vargas em 1933. O IAA adotou o regime de cotas, que atribuía a cada usina uma quantidade de cana a ser moída, a produção de açúcar e também a de álcool. A aquisição de novos equipamentos ou a modificação dos existentes também precisavam de autorização do IAA, que se tornou o principal símbolo da intervenção governamental no país. Após a análise histórica do setor sucroalcooleiro do país, percebeu-se que o papel do bioetanol foi adotado no Brasil como uma alternativa para tratar a crise açucareira. Em 1990, esse instituto foi extinto e iniciou-se um lento processo de desregulamentação do setor.

Diante da queda dos preços internacionais do açúcar ocasionado pelo aumento de sua produção e pelo aumento das pressões políticas por parte dos usineiros para solucionar a crise da instabilidade da agroindústria açucareira, reuniu-se esforços para o início do Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL), que foi instituído pelo Decreto nº 76.593 de 14 de novembro de 1975. Para Borges et. al. (1988), esse programa foi criado pelo governo brasileiro para substituir gasolina por etanol a partir de biomassa. Seu surgimento deveu-se à coincidência de dois problemas econômicos graves: a crise energética do modelo de desenvolvimento econômico brasileiro, induzida pelos drásticos aumentos dos preços de petróleo em 1973/1974 e a crise conjuntural do setor do açúcar que se inicia a partir de 1974

com a forte queda no preço internacional do açúcar. Contudo, a crise da agroindústria canavieira acabou favorecendo a organização de interesses que levou o país a optar pelo Proálcool, englobando os empresários das usinas e destilarias do Estado, o setor de máquinas e equipamentos, e a indústria automobilística. Para os usineiros tratava-se de diversificar a produção do mercado diante das frequentes crises da economia açucareira.

Para o Estado, os interesses nesse Programa resumiam-se nos objetivos neles contidos, quais sejam: economia de divisas, diminuição das desigualdades regionais de renda; crescimento da renda interna; geração de empregos; e expansão da produção de bens de capital. De acordo com Shikida (1998), na primeira fase do programa (1975-1979), os instrumentos básicos para sua implementação consistia no estabelecimento de preços remuneradores ao álcool; na garantia de compra do produto pela Petrobrás; e na criação de linhas de crédito para financiamento das partes agrícola e industrial.

Já para a segunda fase do Proálcool (1980-1984), diante de um novo conflito no Oriente Médio, entre o Irã e Iraque, que contribuiu para que os preços do petróleo atingissem valores elevados, e diante de uma majoração das taxas de juros internacionais, acelerou-se a implementação do uso do álcool hidratado como combustível único, com mais ênfase na implantação de destilarias autônomas. Para Shikida (1998) nesta fase do Proálcool verificou-se três movimentos importantes para sua alavancagem, o primeiro ocorreu no âmbito da agroindústria canavieira, quando se intensificou a produção de álcool hidratado a partir da expansão das destilarias autônomas – estas independentes das usinas existentes e voltadas unicamente para a produção alcooleira. O segundo, no âmbito do Estado, além de manter-se a Petrobrás como responsável pela comercialização do álcool, dando ao produtor certa garantia de compra do produto, foram tomadas medidas inovadoras de estímulo ao uso de veículos movidos exclusivamente a álcool, como a redução da alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), do Imposto sobre Propriedade de Veículos Automotores (IPVA), e isenção de IPI para táxis a álcool.

O terceiro impulso para alavancagem do Proálcool ocorreu no âmbito da indústria de máquinas e equipamentos para a agroindústria canavieira e na indústria automobilística, onde foram estimuladas suas produções diante da possibilidade de expansão de mercados para seus produtos.

Na terceira fase do Proálcool (1986-1995) denominado de “desaceleração e crise” desse programa, verificou-se uma redução da variação da área colhida com cana-de-açúcar, na opinião de Shikida (1998), pelo lado do Estado os recursos públicos investidos no Proálcool diminuía paulatinamente, em contrapartida, pelo lado do produtor de álcool as instabilidades na produção contribuíam para sérios desequilíbrios entre a oferta e demanda por este produto. Com isso, face a esta reação do mercado, dada pela combinação da diminuição da produção de veículos a álcool e redirecionamento do consumidor para o veículo a gasolina, a crise do Proálcool ganhou proporções que comprometeram todo o arranjo institucional elaborado para o êxito deste programa.

Houve também uma intensificação da exploração petrolífera, com a descoberta de importantes reservas na Bacia de Campos, e a consequente diminuição da dependência externa desse produto. Porém, segundo Neves e Conejero (2010) o salto da produção de etanol com a implementação do Proálcool possibilitou um grande desenvolvimento tecnológico para a produção, logística e uso final e com um intenso relacionamento entre a indústria sucroenergética, fornecedores de equipamentos e insumos, fabricantes de veículos, agentes do governo e mesmo com setores competidores, como é a indústria do petróleo. Com isso, o país construiu um *know-how* sem paralelo em todo o mundo.

De acordo com Ricci et. al. (1994), o governo Collor tinha como intenção implantar uma política neoliberal, propondo uma maior racionalização da máquina do Estado. Tal política apontava, entre outras coisas, para o fim dos incentivos e subsídios governamentais, aumento das privatizações, extinção e/ou fusão de várias instituições públicas. Diante desse cenário, agravado pelo esvaziamento e pressão política sobre o Instituto de Açúcar e Alcool (IAA), os funcionários desta instituição, interessados na manutenção de suas funções, viram-se subjulgados pelo interesse maior do governo. Foi neste contexto político que o IAA, foi extinto, passando posteriormente, suas atribuições para a Secretaria de Desenvolvimento Regional (SDR). Não obstante a extinção do IAA, continuaram existindo algumas práticas reguladoras como a fixação de quotas de produção, o planejamento de safra, a permissão para implantação de novas destilarias e usinas ficava a mercê de autorização da SDR, e foram mantidos os subsídios para os produtores do Norte/Nordeste – sob a forma de taxa de equalização de custo.

2.1 Desregulamentação estatal na produção de cana-de-açúcar

A desregulamentação da agroindústria canavieira reflete um processo de afastamento do Estado da economia brasileira, que teve início no Governo de Fernando Collor. De acordo Moraes (2002), a crise fiscal enfrentada pelo país desde os anos 80 reduziu a capacidade de atuação do governo, como coordenador ou indutor da atividade econômica, fazendo emergir um processo de liberações e privatizações de importantes setores da economia, a partir de meados dos anos 90.

Com a globalização da economia impôs-se a busca de ganhos de produtividade e competitividade, e ao mesmo tempo passou-se a questionar a atuação do poder público e privado em um ambiente de livre mercado. Para Buainain e Batalha (2007), o setor sucroalcooleiro viveu durante 60 anos (de 1930 a 1990) sob a intervenção do Estado, que atuava na fixação dos preços dos insumos e produtos, nas formas de comercialização, no controle da produção (pelo estabelecimento de cotas), na promoção de políticas de sustentação e na intermediação dos conflitos entre os atores envolvidos no setor. Esse controle, que teve início em razão do papel estratégico do açúcar na pauta de exportações, foi reforçado a partir da introdução do álcool na matriz energética nacional.

No entanto, a partir de meados da década de 1980, o Estado brasileiro passou a desregulamentar os diferentes setores produtivos do país, desmontando instituições que desempenhavam um papel regulador e interventor na economia. No caso do setor sucroalcooleiro, depois de idas e vindas de vários adiamentos, em 1999 os preços da cana, do açúcar e do álcool foram efetivamente liberados, levando a mudanças substantivas em relação as políticas de crédito e de subsídios, de controle da produção e dos estoques. Nesse contexto, industriais e fornecedores de cana tiveram de se adaptar a um novo ambiente, no qual a eficiência produtiva tornou-se fator determinante para o sucesso das empresas.

Até os anos de 1990, as usinas e destilarias brasileiras estavam acostumadas a se valer dos benefícios da regulamentação e do apoio estatal a qualquer dificuldade que ameaçasse as atividades do setor (SZMRECSÀNÝI, 1979). Com o fim do controle estatal dos preços, da produção e comercialização de açúcar e de álcool, as empresas sucroalcooleiras tiveram de se reestruturar, pois a concorrência foi transferida para o interior da agroindústria, sendo a eficiência um fator crítico para a competitividade do complexo da cana-de-açúcar. Segundo Buainain e Batalha

(2007), a desregulamentação do setor sucroalcooleiro contribuiu para ampliar a eficiência e a competitividade do etanol brasileiro. Isso porque com o fim do controle estatal, os produtores de etanol tiveram de se adaptar ao livre mercado e caminhar sem os incentivos, os subsídios e a coordenação do Estado.

Nesse contexto, esses atores desenvolveram um conjunto de competências visando vantagens competitivas, destacando-se as iniciativas no sentido de aumentar a eficiência técnica da produção, de reformular as estruturas organizacionais das firmas, de aperfeiçoar e até mudar os padrões tecnológicos e gerenciais vigentes e de buscar maior coordenação setorial. Esse cenário levou os atores produtivos a valorizar seus recursos para a geração de vantagens competitivas, a investir no aumento da eficiência técnica da produção e reformular a estrutura organizacional das firmas, resultando em um novo padrão tecnológico e gerencial nessa agroindústria.

2.2 Caracterização do setor sucroenergético

De acordo com o acompanhamento do 4^a levantamento (abril/2013) da safra 2012/2013 da cana-de-açúcar, realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a lavoura de cana-de-açúcar continua em expansão no Brasil. As áreas em produção continuam com progressivo aumento, embora em menor ritmo nos estados da Região Centro-Oeste e Sudeste. Mato Grosso do Sul, São Paulo, Goiás e Mato Grosso foram os estados com maior acréscimo de áreas na parcela de colheita para a indústria, 61,8 mil hectares, 49,4 mil hectares, 47,5 mil hectares e 15,5 mil hectares, respectivamente. Este crescimento tem origem nas lavouras das novas plantas inauguradas recentemente, e na expansão da área de unidades mais antigas.

A área cultivada com cana-de-açúcar, colhida na safra 2012/13, e destinada à atividade sucroalcooleira foi de 8.485,0 mil hectares, distribuídas em todos estados produtores conforme suas características. O estado de São Paulo é o maior produtor com 52,07% (4.419,48 mil hectares), seguido por Goiás com 8,55% (725,91 mil hectares), Minas Gerais com 8,51% (721,88 mil hectares), Paraná com 7,20% (610,83 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 6,34% (542,70 mil hectares), Alagoas com 5,25% (445,71 mil hectares) e Pernambuco com 3,68% (312,09 mil

hectares). Nos demais estados produtores as áreas são menores, com representações abaixo de 3%.

A área nacional de cana-de-açúcar na safra 2012/2013 destinada à produção sucroalcooleira apresentou um crescimento de 1,5% ou 123 mil hectares em relação à safra passada. O aumento de área aconteceu na região Centro-Sul, que teve crescimento de 2% ou 146,31 mil hectares devido à expansão mencionada anteriormente.

Na Região Nordeste a área caiu 2,8% ou 31,3 mil hectares, devido à falta de renovação dos canaviais, a dificuldade de uso de maquinário devido a topografia acidentada e a dificuldade de utilização de mão de obra. Neste quarto levantamento a produtividade média brasileira ficou estimada em 69.407 kg/ha, 3,5% maior que na safra 2011/12, que foi de 67.081 kg/ha.

Na safra 2012/13 foram moídas 588.915,70 mil toneladas de cana-de-açúcar, com aumento de 5,0% em relação à safra 2011/12, que foi de 560.954,8 mil toneladas, significando que a quantidade que será moída deve ser de 27.960,8 mil toneladas a mais que na safra anterior. O aumento total é resultante do acréscimo de 1,5% na área e de 3,5% na produtividade.

No que se refere à produção de etanol, a vantagem se deve ao fato de o etanol brasileiro apresenta o menor custo de produção do mundo e esse bom desempenho é explicado pelos seguintes fatores: menor preço da terra e mão de obra agrícola e industrial; evolução tecnológica e gerencial das empresas brasileiras, sobretudo a partir da desregulamentação do setor nos anos 1990; e o fato da cana-de-açúcar ser a matéria prima com maior riqueza em sacarose, o que garante maior produtividade. Por fim, a economia com os gastos da energia utilizada no processo de fabricação do açúcar e do álcool, tendo em vista que grande parte das usinas brasileiras utiliza energia própria, co-gerada a partir da queima do bagaço da cana em caldeira (BUAINAIN e BATALHA, 2007).

Não obstante as vantagens assinaladas, a atividade sucroenergética do nordeste brasileiro passou por fortes dificuldades. Isso se deveu as mudanças do setor relacionadas com a desregulamentação estatal da agroindústria canavieira e a extinção do IAA, levando a um agravamento econômico da região, em que muitas usinas não se adaptaram ao ambiente concorrencial. Para Sicsú e Silva (2001), desde o início da colonização do país, a Zona da Mata é o lar da atividade canavieira do Nordeste, que, no decorrer de sua história, vem passando por

períodos de altos e baixos. A grande concentração, o conservadorismo e a lentidão das transformações tecnológicas marcaram a evolução do setor na região, bem como a opção dos usineiros e fornecedores de cana em pressionar o Estado, a fim de que este adotasse medidas protetoras para ajudar na superação dos seus problemas. Essa aliança entre usineiros e o Estado fez retardar as mudanças em níveis tecnológicos, inovativos e gerenciais da agroindústria nordestina.

Pernambuco tem realizado tradicionalmente a exploração de Cana-de-açúcar em sistema de monocultura, sendo realizada em grandes propriedades. As usinas de Pernambuco estão localizadas na zona da mata norte e zona da mata sul do Estado, e de acordo com as informações do Sindaçúcar existem 17 usinas/destilarias associadas, são elas: Usina Bom Jesus, Usina Central Olho d'água, Usina Cucaú, Destilaria Cachool, Usina Interiorana, Usina Ipojuca, Usina JB, Usina Laranjeiras, Usina Petribú, Usina Pumaty, Usina São José, Usina Santa Tereza, Usina Trapiche, Usina Una, Usina União e Indústria, Usina Vale Verde e Usina Vitória. O Estado possui como fonte de apoio para o desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar, a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) que mantém em Carpina - PE a Estação Experimental de Cana-de-açúcar (EECAC) através de uma parceria pública – privada desde o ano de 1998, entre a Universidade Integrante da Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA) e associadas do Sindicato da Indústria do Açúcar e do álcool (SINDAÇÚCAR), convênio de pesquisa canavieira, com destaque para melhoramento genético. Situada no município de Carpina, na mata setentrional, a EECAC/UFRPE realizou e ainda realiza pesquisas para o setor sucroalcooleiro, por meio de estudos com a cultura da cana-de-açúcar, seus produtos e subprodutos. Entre os programas realizados na estação, destacam-se os de melhoramento genético, manejo varietal, controle biológico de pragas e estudos sobre a viabilidade de novos produtos a partir da cana-de-açúcar.

3 BIOCOMBUSTÍVEL: ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR

A liderança do país na produção de etanol combustível proveniente da cana-de-açúcar representa uma oportunidade estratégica em um cenário de crescente demanda mundial por fonte de energia limpa. Possuímos um histórico positivo na sua produção, devido ao seu baixo custo em virtude das características edafoclimáticas, ao aporte de tecnologia utilizada, e a bem sucedida experiência brasileira na implantação do Proálcool. Segundo Buainain e Batalha (2007), a partir das últimas décadas, vários fatores têm contribuído para aumentar a importância das fontes alternativas de energia no mundo, dentre os quais podemos destacar: o questionamento dos efeitos do uso dos derivados do petróleo sobre o meio ambiente; o Protocolo de Kyoto criado em 1997, traça a política dos países sobre o meio ambiente, estabelecendo metas de controle das emissões de CO₂ a partir de 2008; a instabilidade dos países do Oriente Médio e a elevação real dos preços internacionais de petróleo e a necessidade dos países de reduzir a dependência desse combustível; os baixos preços das commodities e a busca de alternativas agrícolas e as possibilidades de geração de empregos.

O benefício ambiental associado ao uso de etanol é considerável, pois cerca de 2,3 toneladas de CO₂ deixam de ser emitidos para cada tonelada de álcool combustível utilizado, sem considerar outras emissões, como SO₂. Ou seja, o uso do álcool reduz em 50% a emissão de monóxido de carbono dos motores de veículos, pois contém 35% de oxigênio, o que auxilia na combustão dos combustíveis derivados do petróleo. Além dessas características, é solúvel na água, não tóxico e biodegradável. Esse biocombustível substitui o Éter Metil Terciário Butílico (MTBE), um produto derivado do petróleo utilizado com aditivo em combustíveis em vários países que, além de ser um grande poluidor ambiental, pode apresentar propriedades cancerígenas (BUAINAIN e BATALHA, 2007).

O Brasil também é o mais avançado do mundo, do ponto de vista tecnológico, no uso do etanol como combustível. Os veículos biocombustíveis, conquistaram o consumidor brasileiro pelo bom desempenho que oferecem. Segundo Buainain e Batalha, (2007), atualmente, as antigas preocupações tecnológicas em relação a esses tipos de veículos como a possibilidade de corrosão dos materiais metálicos; o baixo poder calorífico (alto consumo); a interferência na lubricidade do óleo

lubrificante e a baixa pressão do vapor (dificuldade de partida a frio), são fatores que não incomodam mais o consumidor.

De acordo com Leite et. al. (2009), uma ampliação significativa da produção de bioetanol combustível no Brasil poderia constituir um projeto nacional desenvolvimentista. De fato, uma série de fatores pode favorecer essa hipótese: a escalada dos preços do petróleo, que melhora a competitividade do bioetanol face à gasolina; a redução das emissões de gases de efeitos estufa proporcionada pelo uso do bioetanol proveniente da cana-de-açúcar para substituir gasolina; a grande disponibilidade de terras aptas para o cultivo da cana no país (o que inclui a recuperação de áreas de pastos degradados), sem necessidade de avançar sobre os principais biomas naturais remanescentes, em particular Amazônia, Pantanal e Mata Atlântica; a elevada produtividade, em termos de energia de biomassa por unidade de área, apresentada pela cana-de-açúcar e que ainda pode ser melhorada consideravelmente com o incremento do aproveitamento energético do bagaço e da palha; a expectativa de relaxamento das barreiras protecionistas ao bioetanol nos países industrializados e a expansão da produção nos países do trópico úmido, o que pode facilitar a criação de um mercado internacional para o bioetanol combustível, tornando-o uma *commodity*; os benefícios socioeconômicos advindos do efeito multiplicador do crescimento do setor, em função de sua ligação com toda a cadeia produtiva da economia, trazendo impactos expressivos na geração de emprego e renda. Porém, o mercado internacional de etanol combustível é incipiente, devido a dificuldades no seu fornecimento, falta de infraestrutura e barreiras comerciais protecionistas impostas pelos países importadores.

Para Leite e Cortez (2008) o etanol produzido de cana-de-açúcar surgiu, no Brasil, basicamente por duas razões: a necessidade de amenizar as sucessivas crises do setor açucareiro e a tentativa de reduzir a dependência do petróleo importado. Nesse sentido, no início do século XX, ocorreram as primeiras ações de introdução do etanol na matriz energética brasileira.

A reformulação dos sistemas energéticos e a pressão para redução de emissão de carbono colocaram em destaque no foco internacional novamente o velho e conhecido álcool brasileiro. Disputas acadêmicas sobre sua eficiência na redução de emissão de poluentes e sobre sua eficiência voltaram à baila no Brasil. Uma previsível escassez de combustíveis fósseis em algum ponto futuro, o aumento de demanda por energia devido ao crescimento mundial e a preocupação crescente

com a questão ambiental e com o aquecimento global têm levado os países a buscarem novas fontes de energia. Nesse contexto, uma das mais importantes iniciativas, com reconhecimento em escala mundial, é a produção de biocombustíveis, em especial o álcool (TÁVORA, 2011).

Como afirma Knight (2007), o Brasil obtém três vezes mais energia da biomassa que a média de todos os países e cinco vezes mais que a maioria dos países europeus. Considerando que a matéria-prima para produção do etanol, principal biocombustível brasileiro, é a cana-de-açúcar, e que a planta tem grande capacidade de biomassa, o cenário brasileiro é animador.

De acordo com dados de 2012 do Ministério de Minas e Energia (MME) no ano de 2010, a produção de energia renovável representou 47% da matriz energética nacional, em que a produção de produtos oriundos da cana-de-açúcar representa apenas 19% do total que é produzido no país, tendo em vista que o Brasil ainda é bastante dependente de combustíveis fósseis.

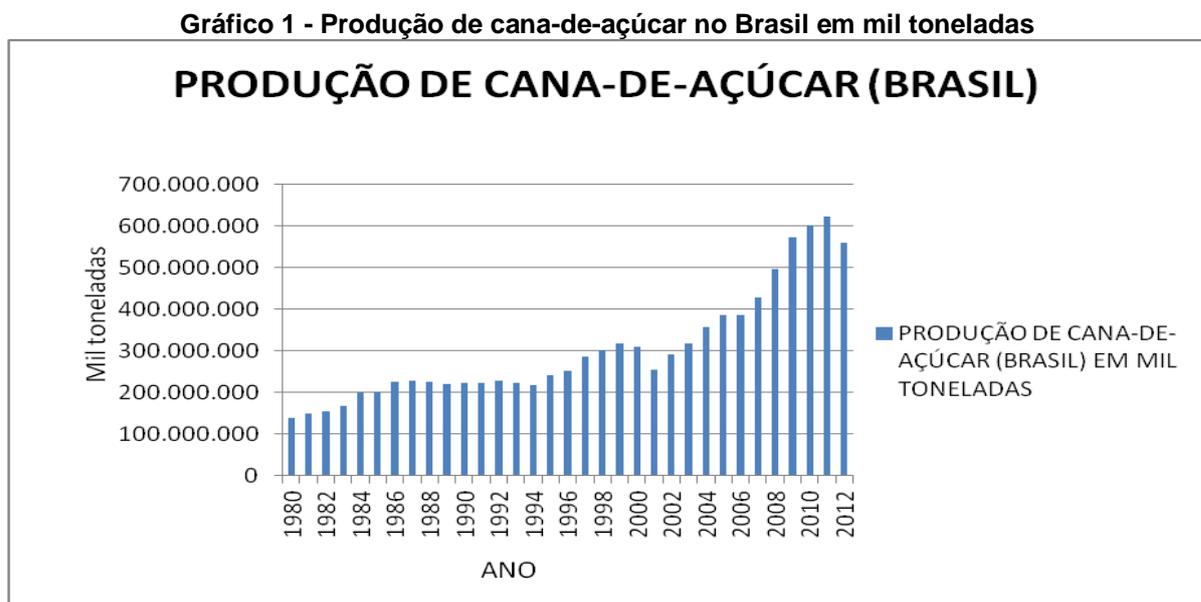
Existem diversos fatores favoráveis para a expansão da produção de etanol no Brasil, dentre eles as oscilações do preço dos barris de petróleo provocando incertezas no seu suprimento, o reconhecimento global da importância ambiental com a utilização do etanol combustível, seu custo de produção a partir da cana-de-açúcar é inferior comparado a outras matérias-primas. Para Leite et. al. (2008), o bioetanol da cana-de-açúcar é atualmente a opção de biomassa energética de maior produtividade por unidade de área e de melhor balanço energético, que é a razão entre a energia que sai na forma de produto e energia fóssil consumida na cadeia. Enquanto o bioetanol de milho produzido nos Estados Unidos da América apresenta um balanço energético de 1,2 e 1,4, o de cana-de-açúcar é superior a 8,0. Além do crescimento da renda e emprego particularmente nas áreas rurais com impactos positivos para o desenvolvimento socioeconômico.

Tendo em vista que o consumo de biocombustível, no caso do etanol proveniente da cana-de-açúcar, gera benefícios ambientais e maior segurança na matriz energética brasileira, produzi-los significa desenvolvimento para o Estado de Pernambuco, bem como geração de emprego e renda.

3.1 Panorama da produção de Cana-de-açúcar e Etanol

O Brasil liderou o *ranking* dos países produtores de etanol até o ano de 2004, quando foi ultrapassado pelos Estados Unidos, ficando em 2º lugar na produção mundial, e juntas à produção americana (35 bilhões de litros) e a brasileira (25,2 bilhões de litros) responderam por aproximadamente 90% da produção mundial de etanol combustível em 2008. (Neves e Conejero, 2010 *apud* LMC Internacional, 2008).

Verifica-se no gráfico 1 que a produção brasileira de etanol cresceu em ritmo acelerado a partir do ano de 2003, o país teve um vertiginoso aumento na produção de cana-de-açúcar, isso pode ser explicado pela expansão de novas fronteiras agrícolas e o advento da tecnologia dos carros bicompostíveis, que impulsionou o mercado de etanol.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ÚNICA.

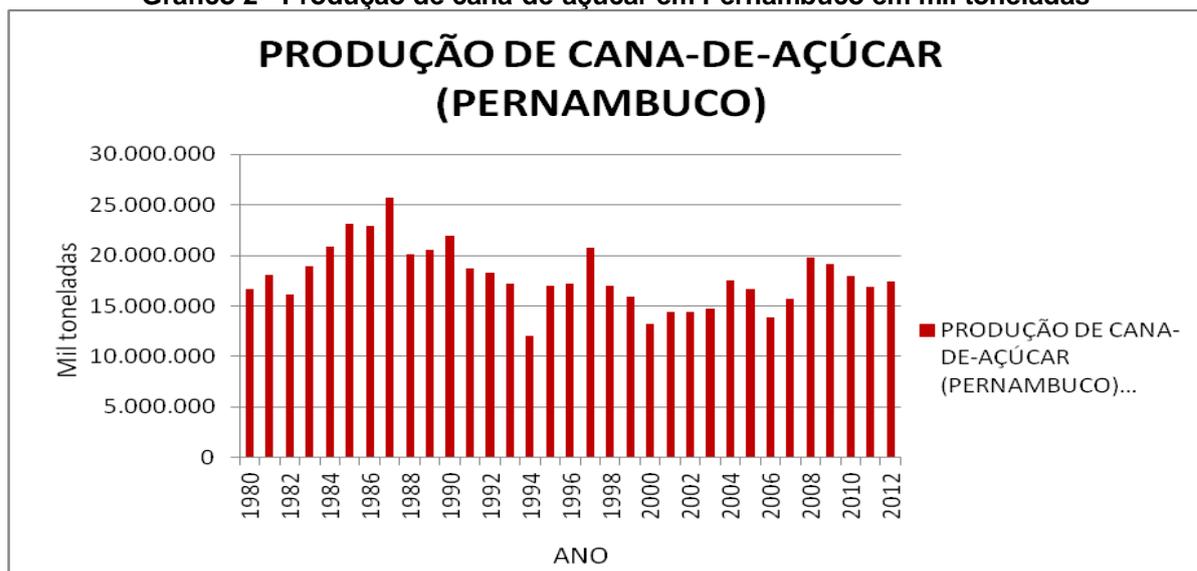
Na região Norte e Nordeste o período de safra da cana-de-açúcar vai de setembro a março, sendo uma cultura semiperene, pois após seu plantio é cortada várias vezes antes de ser replantada. Seu ciclo produtivo é, em média, de cinco cortes, em seis anos.

No gráfico 2 apresenta-se uma série histórica (1980-2012) da produção de cana-de-açúcar no Estado de Pernambuco. Pode-se constatar que o período de

crescimento na produção foi na metade dos anos 80, período em que o preço internacional do petróleo atingiu valores elevados, essa performance somente foi retomada a partir do ano de 2003, com a introdução dos veículos *flex*. O gráfico também demonstra uma redução na produção de cana-de-açúcar em Pernambuco no ano de 1994, isso pode ser explicado devido ao período de estiagem que atingiu a safra de 1993/1994.

Nos períodos em que a oferta aumentou é provável que o preço do açúcar tenha decrescido. Caso isto tenha acontecido é provável que a produção de etanol tenha sido mais vantajosa. Se a oferta de açúcar se mantém, então o etanol permanece estável. Já com a oferta de açúcar reduzida é provável que o etanol reduza também. Isto trás a baila o conceito econômico de Elasticidade-preço da oferta, que mede a variação percentual da quantidade ofertada, dada uma variação percentual no preço do produto em questão.

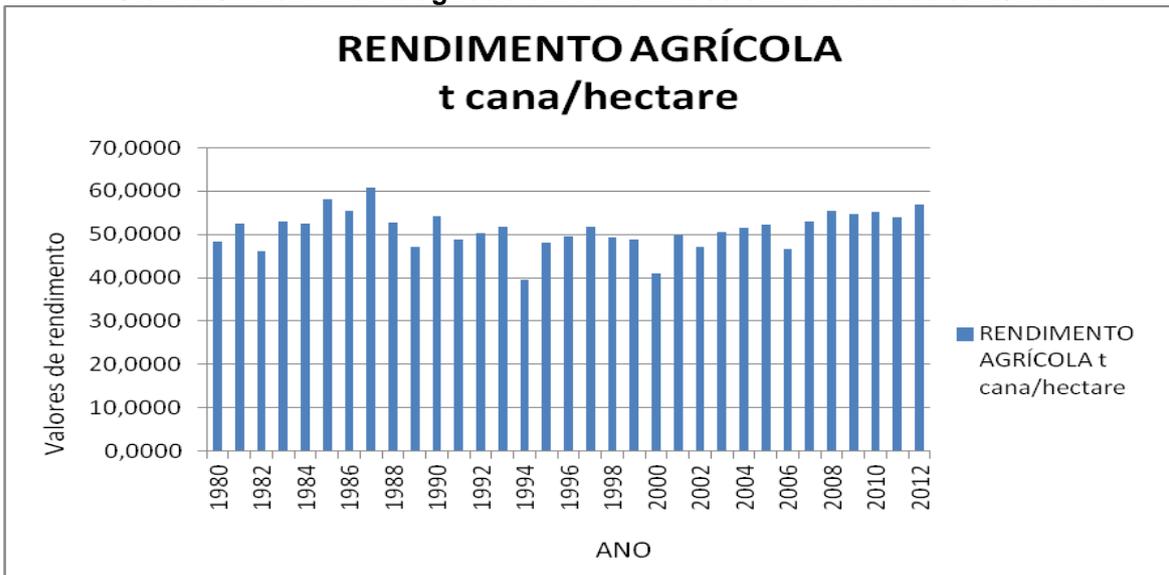
Gráfico 2 - Produção de cana-de-açúcar em Pernambuco em mil toneladas



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sindaçúcar-PE

No gráfico 3 apresenta-se o rendimento agrícola para o Estado de Pernambuco, sendo a produção total de cana-de-açúcar em toneladas e a área colhida em hectares. Do conjunto de dados apresentado percebe-se que não houve variações consideráveis para o rendimento no período estudado (1980 a 2012).

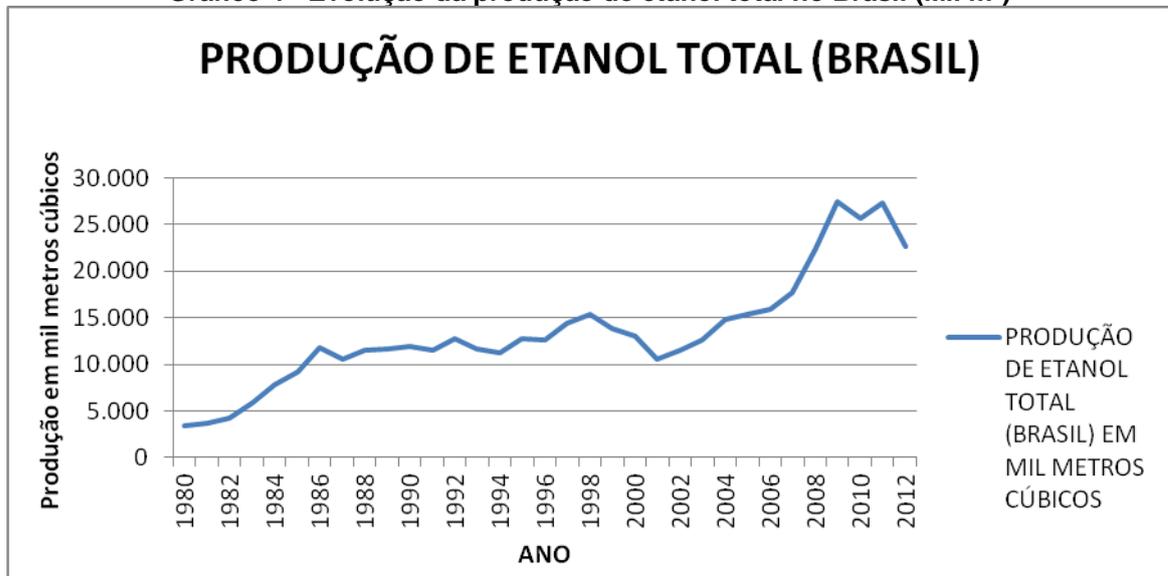
Gráfico 3 - Rendimento agrícola em Pernambuco em tonelada de cana/hectare



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sindaçúcar-PE e ÚNICA.

No gráfico 4, a produção de etanol total em 2003 era de 12.623 mil metros cúbicos, já em 2011 essa produção passou para 27.376 mil metros cúbicos (ÚNICA, 2012). Verifica-se que partir de 2003 a grande contribuição para a mercado de etanol no Brasil com a introdução dos motores bicombustíveis (carros flex).

Gráfico 4 - Evolução da produção de etanol total no Brasil (Mil m³)

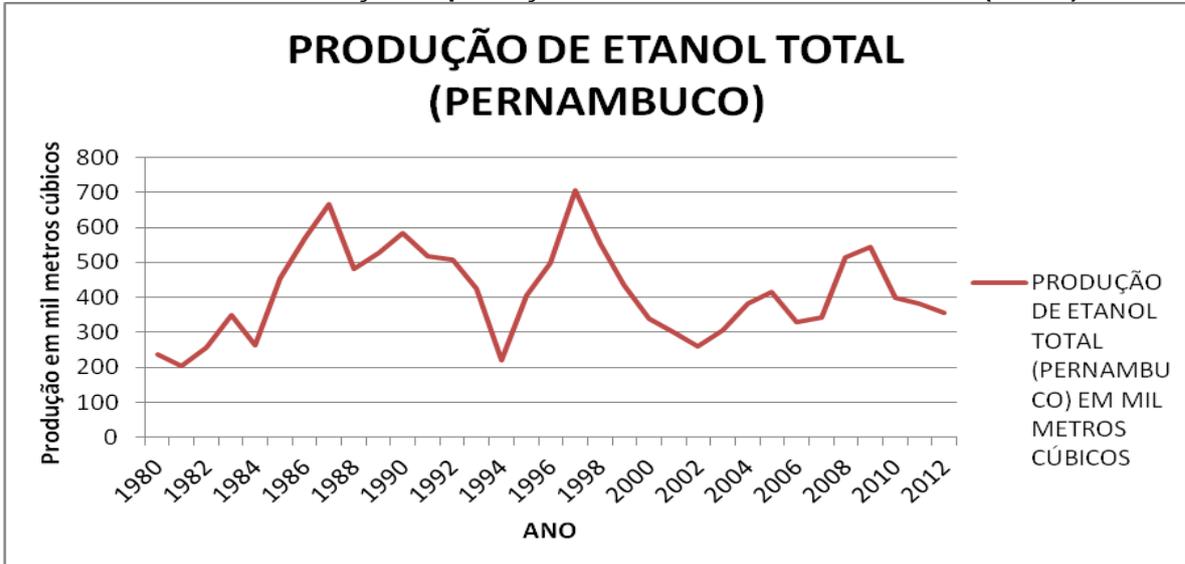


Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sindaçúcar-PE e ÚNICA.

Verifica-se no gráfico 5, as oscilações da produção de etanol para o Estado de Pernambuco. Podendo essas variações serem explicadas pelo preço do açúcar

no mercado. Observa-se também o crescimento da produção no período pós-implantação do Proálcool.

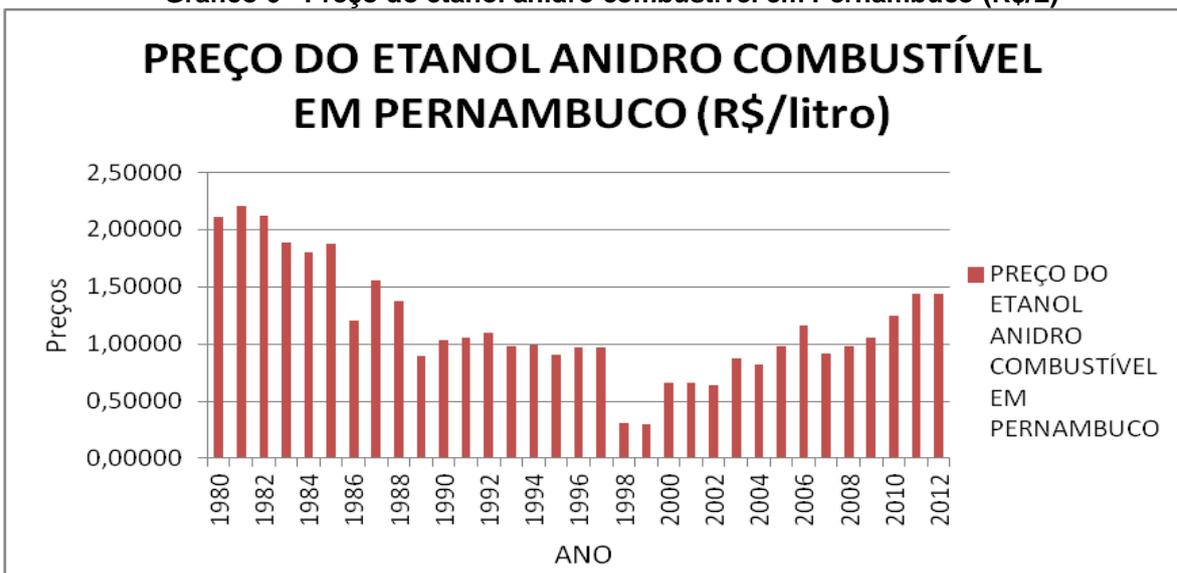
Gráfico 5 - Evolução da produção de etanol total em Pernambuco (Mil m³)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sindaúcar-PE e ÚNICA.

A evolução (Ver gráfico 6) dos preços do etanol, por sua vez, revela que tais preços foram maiores no período pós-implantação do Proálcool, mas já no final da década de 80, o mercado entrou em declínio e a produção ficou estagnada, somente retomando o aumento a partir do ano de 2003, com o surgimento dos carros flex-fuel (motores bicombustíveis).

Gráfico 6 - Preço do etanol anidro combustível em Pernambuco (R\$/L)

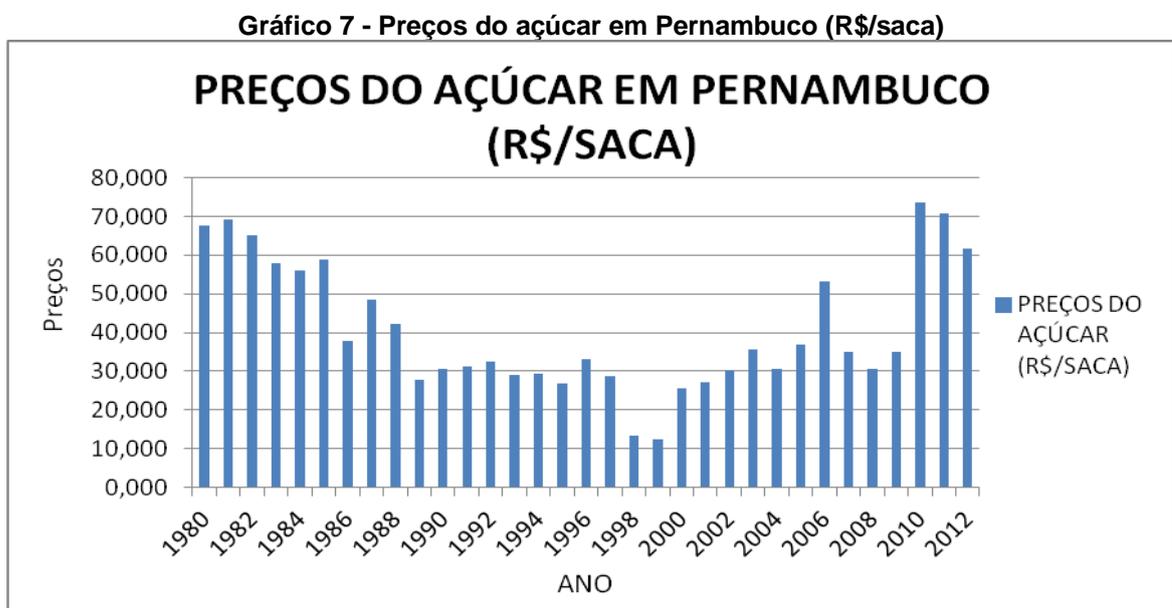


Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sindaúcar-PE e ÚNICA.

A partir da desregulamentação do setor sucroalcooleiro, a produção pernambucana de açúcar (Anexo 1) entrou em declínio, com a nova forma de organização do mercado, devido a concorrência, muitos produtores não conseguiram manter suas usinas e acabaram encerrando as suas atividades. Na década de 90 os baixos preços do açúcar nos mercados globais resultaram em uma menor produção de cana-de-açúcar.

Observa-se nos gráfico 7 que no final dos anos 80 teve uma queda em seus preços devido a produção de cana-de-açúcar está elevada. Já em 2010 houve uma elevação no preço do etanol, conforme visto no gráfico 6 e do açúcar (Gráfico 7). Algumas das suas causas foram: o baixo rendimento da produção, o aumento no preço do açúcar, que diminui a oferta interna de etanol, a crise de crédito de 2008/09 que fez com que muitos produtores de cana tomassem uma atitude conservadora em relação aos investimentos. Outro problema é que a estocagem de álcool paga preço de mercado, o que desestimulou a formação de estoques na entressafra.

Dessa forma, a partir das informações coletadas da produção e dos preços foram elaborados modelo explicativo da produção e cenários da produção de etanol no Estado de Pernambuco.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sindaçúcar-PE e ÚNICA.

4 CENÁRIOS PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL BIOCOMBUSTÍVEL EM PERNAMBUCO

Para o estabelecimento dos cenários de produção do etanol em Pernambuco, foi estimada uma função de produção do tipo Cobb-Douglas ($Q = AK^{\beta_1}L^{\beta_2}M^{\beta_3}$), na sua forma log-linear, $\text{Log}Q = \text{Log}A + \beta_1\text{Log}K + \beta_2\text{Log}L + \beta_3\text{Log}M$, sendo:

Q = Produção de etanol total em mil metros cúbicos;

K = Rendimento agrícola da cana-de-açúcar expresso em t/ha;

L = Preço do açúcar em R\$/saca (50Kg);

M = Preço do etanol anidro em R\$/L.

Para o ajustamento do modelo, procedeu-se como primeira etapa do trabalho uma pesquisa documental em fontes pertinentes ao tema do trabalho. Foi realizado também um levantamento de dados secundários junto ao Sindicato da Indústria de Açúcar e do Alcool no Estado de Pernambuco (Sindaçúcar-PE), da União da Indústria de Cana-de-açúcar (ÚNICA) e da Empresa de Consultoria de Etanol e Açúcar (DATAGRO), referente ao Estado de Pernambuco sobre área plantada, área colhida, produção de cana-de-açúcar, produção de etanol anidro e hidratado, preços do etanol e preços do açúcar.

As informações coletadas na pesquisa foram referentes ao período de 1980-2012, devido existir maior disponibilidade de dados relativos ao período após a década de 80. O suporte teórico utilizado neste trabalho baseia-se na Teoria da Produção, visto tal teoria permitiu analisar a produção de etanol para o Estado, utilizando as variáveis que a influenciam. Para Varian (2000), a função da produção pode ser definida como sendo a relação que indica a quantidade máxima que se pode obter de um produto, por unidade de tempo, a partir da utilização de uma determinada quantidade de fatores de produção.

Nesta relação entre os insumos do processo produtivo e o produto resultante, que indica o produto máximo que uma empresa produz para cada combinação específica de insumos. Pode-se segundo Henderson e Quandt (1988), ajustar a função de produção que expressa matematicamente a relação entre as quantidades de insumos que emprega e a quantidade de produto que produz.

Além disso, o estudo da produção através do ajustamento de funções de produção pode, para Garófalo e Carvalho (1990), apresentar grande importância,

pois proporcionam as bases para a análise dos custos e da oferta dos bens produzidos. Além disso, tais princípios se constituem também em peças fundamentais para a análise dos preços e do emprego dos fatores assim como da sua alocação entre os diversos usos alternativos da economia. Por conseguinte, é possível afirmar que o escopo teórico escolhido desempenha pelo menos dois papéis extremamente importantes. O primeiro deles diz respeito ao que se relaciona com a ideia de que a análise da produção serve de base para outras análises, por exemplo das relações existentes entre produção e custos de produção e, em segundo lugar, pelo papel relevante que a análise das funções de produção representam que mostra que ela também serve de apoio para a análise da procura da firma com relação aos fatores de produção que utiliza. Ainda para os autores, a função de produção identifica a forma de solucionar os problemas técnicos da produção, por meio da apresentação das combinações de fatores que podem ser utilizadas para o desenvolvimento do processo produtivo. Normalmente, na análise microeconômica, é possível representar a função de produção da seguinte maneira:

$$Q = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (1)$$

Onde Q é a quantidade produzida do bem e $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ identificam as quantidades utilizadas de diversos fatores, respeitando o processo de produção mais eficiente escolhido. Essa função, além de indicar a relação entre a quantidade produzida do produto e as quantidades utilizadas dos fatores, revela também as relações de substituição existentes entre os fatores de produção, para cada nível de produto. Ainda é preciso lembrar que a função produção é unicamente definida para níveis positivos e do produto, ou seja:

$$Q > 0; \text{ e } x_i > 0 \text{ para pelo menos um } i. \quad (2)$$

Outra observação dos autores, é que a função de produção modifica-se à medida que se modificar o nível de tecnologia existente, isto é, aprimorando-se o conhecimento tecnológico, evidentemente altera-se a composição da função produção.

O modelo estimado neste trabalho, conforma uma função de produção do tipo Cobb-Douglas, em virtude da facilidade de interpretação dos resultados e das boas

qualidades estatísticas dessa especificação. Contudo a sua utilização apresenta algumas limitações em seu uso. Segundo Almeida (2005) suas principais limitações são as elasticidades de substituição unitárias entre os insumos. Essas limitações poderiam ser contornadas com a adoção de uma forma funcional mais flexível, tais como a forma logarítmica. Porém, essa última forma não está isenta de limitações, tais como o crescimento do número de parâmetros a ser estimados em função dos termos quadráticos e cruzados, que podem produzir acentuada multicolinearidade na regressão. Já para Nazareth e Gutierrez (1975), seu aspecto pouco compacto não permite que a estrutura da economia e outras relações mais complexas intervenham.

Cobb e Douglas propuseram em seu artigo, publicado em 1928, para estimar a produção uma função apresentada da seguinte forma:

$$Q = AK^{\beta_1}L^{\beta_2} \quad \beta_1 + \beta_2 = 1 \quad (3)$$

Onde Q representa o produto, enquanto K e L são os insumos considerados (capital e trabalho, respectivamente), o coeficiente A é uma constante e β_1 e β_2 são parâmetros. Aplicando o logaritmo para ambos os lados da equação e chamando o termo constante de β_1 , tem-se:

$$\ln Q = \ln A + \beta_1 \ln K + \beta_2 \ln L \quad (4)$$

Neste modelo, a função Cobb-Douglas foi utilizada na sua forma log-linear, onde a produção é função das variáveis capital e trabalho. Neste modelo *log-linear* (forma linearizada da função logarítmica) o parâmetro A representa a constante e os parâmetros β_1 e β_2 representam as elasticidades da produção em relação ao capital e ao trabalho, respectivamente. A função de produção do tipo Cobb-Douglas quando linearizada por transformação dos dados torna-se estritamente linear nas variáveis e nos parâmetros podendo estes, serem interpretados como as elasticidades de produção (SOUKIAZIS e CERQUEIRA, 2008).

É importante ressaltar que, segundo Felipe e Adams (2005), a função de produção Cobb-Douglas é, ainda hoje, a forma mais utilizada nas análises teóricas e empíricas de crescimento e produtividade. A estimativa de parâmetros da função de produção agregada é fundamental para grande parte dos trabalhos de hoje em

crescimento, mudança tecnológica, produtividade e trabalho. Para a estimação do modelo foi utilizado o software econométrico, Eviews.

Devido a mudanças significativas que o setor vem passando, com um alto grau de incerteza sobre o futuro da produção, com um crescimento tanto da demanda interna como externa pelo etanol e a possibilidade de crescimento acelerado nos próximos anos, foram elaborados cenários para verificar e proceder análises sobre o comportamento da produção de etanol no Estado de Pernambuco.

Os estudos de cenários segundo Buarque (2003), têm sido crescentemente utilizados na área de planejamento estratégico, tanto de grandes empresas quanto de governos, por oferecer um referencial de futuros alternativos em face dos quais decisões serão tomadas. À medida que aumentam as incertezas em quase todas as áreas de conhecimento, cresce também a necessidade de análise e reflexão sobre as perspectivas futuras da realidade em que se vive e diante da qual se planeja. Na caracterização dos cenários, é possível distinguir dois grandes conjuntos diferenciados segundo sua qualidade, particularmente quanto a isenção ou presença do desejo dos formuladores do futuro: cenários exploratórios e cenário desejado ou normativo.

Cenários exploratórios têm um conteúdo essencialmente técnico, decorrem de um tratamento racional das probabilidades e procuram intencionalmente excluir as vontades e os desejos dos formuladores no desenho e na descrição dos futuros. O cenário desejado (normativo), por seu turno, deve aproximar-se das aspirações do decisor em relação ao futuro, refletindo a melhor previsão possível. Embora se trate de ajustar o futuro aos desejos, para ser um cenário, a descrição deve ser plausível e viável e não apenas a representação de uma vontade ou de uma esperança. Os cenários exploratórios podem ter várias formas de acordo com o grau de importância que for conferido às latências e aos fatores de mudança que amadurecem na realidade, indicando maior ou menor abertura para as inflexões e descontinuidades futuras. Assim, podem ser diferenciados dois grandes tipos diferentes de cenários exploratórios:

- i)* extrapolativos, os quais reproduzem no futuro os comportamentos dominantes no passado;
- ii)* alternativos, os quais exploram os fatores de mudança que podem levar a realidades completamente diferentes das do passado e do presente.

Ainda no estudo dos cenários, Neto et. al. (2008) apud Blanning e Reinig (1998), propõem um método estruturado de avaliação das variáveis nos cenários esboçados e discutem sua implementação através de um caso. Sugerem que se faça uma lista de eventos indicando-se a probabilidade de ocorrência destes eventos, obtida a partir da sua análise por um grupo de participantes do processo. Propõem, então, a construção de três cenários:

- 1) Cenário otimista - contém os eventos com médias e altas probabilidades de virem a ocorrer e que sejam mediana ou altamente favoráveis para o setor;
- 2) Cenário pessimista - este cenário é constituído pelos eventos que apresentem médias e elevadas probabilidades de virem a ocorrer e que sejam desfavoráveis para o setor;
- 3) Cenário realista - este cenário conterá todos os eventos que apresentem elevada probabilidade de virem a ocorrer.

A utilização dos cenários para efetuar projeções do futuro esperado baseado em informações históricas e, de acordo com Souza (2012), retrata uma análise da conjuntura que é uma mistura de conhecimento e descoberta. É uma leitura especial da realidade que se faz sempre em função de alguma necessidade ou interesse. De acordo com o autor, os cenários são ações da trama social e política se desenvolve em determinados espaços que podem ser considerados como cenários. Cada cenário apresenta particularidades que influenciam o desenvolvimento da luta e muitas vezes o simples fato de mudar de cenário já é uma indicação importante de uma mudança no processo. A capacidade de definir os cenários onde as lutas vão se dar é um fator de vantagem importante. Quando o governo consegue deslocar a luta das praças para os gabinetes já está de alguma forma deslocando as forças em conflito para um campo onde seu poder é maior. Daí a importância de identificar os cenários onde as lutas se desenvolvem e as particularidades dos diferentes cenários.

Dessa forma para a produção de etanol em Pernambuco, com base no referencial apresentado foram construídos cenários estruturados sobre as hipóteses de que variações no preço do açúcar, no preço do etanol e no rendimento agrícola afetam a produção no Estado.

4.1 Resultados do modelo ajustado

De acordo com o modelo ajustado constatou-se (Tabela 1) que a produção de etanol varia negativamente com o preço de açúcar.

O coeficiente da variável rendimento agrícola indica que a variação de 1% no rendimento agrícola significa um acréscimo em torno de 1,42% na variação percentual da produção de álcool. Rejeita-se a hipótese nula, a um nível de significância de 1%. Para o coeficiente da variável preço do açúcar, o modelo indica que a variação de 1% no preço, significa uma redução de 0,56% na produção de álcool. Com isso, rejeita-se também a hipótese nula, a um nível de significância de 5%. Portanto admitimos que estas duas variáveis sejam significantes para explicar a produção de etanol.

Já para o coeficiente da variável preço do etanol anidro, a um índice de significância de 5%, não rejeitou a hipótese nula, logo esta variável não apresenta influência no modelo analisado.

Em virtude do preço do açúcar ser uma variável significativa na produção de etanol, pois o açúcar se destina em grande parte à exportação, a elevação dos preços internacionais do produto favorece a produção de açúcar e, em consequência acarreta redução na produção de etanol. Por outro lado, visto a produção do combustível atender principalmente o mercado interno, seu preço sofre forte influência do preço do petróleo.

Tabela 1 - Modelo para a Produção de Etanol Total em Pernambuco.

LOG (PRODUÇÃO DE ETANOL TOTAL)			
VARIÁVEL	COEFICIENTE	DESVIO PADRÃO	PROB.
C	2,438757	1,927501	0,2166
LOG (RENDIMENTO AGRÍCOLA)	1,416488	0,401518	0,0015*
LOG (PREÇOS DO AÇÚCAR)	-0,558544	0,271085	0,0491**
LOG (PREÇOS DO ETANOL ANIDRO)	0,409617	0,285323	0,1626

$R^2 = 0.639876$

Durbin-Watson = 1.777511

Fonte: Elaborado pela autora, Eviews.

* Significância de 1%

** Significância de 5%

Um estudo sobre a relação dos preços de comercialização do setor sucroalcooleiro realizado por Shikida (2007) constatou-se que as ofertas de açúcar e

álcool paranaenses podem ser expressas a partir de uma modelagem econométrica. O autor encontrou que a quantidade ofertada de açúcar variou inversamente ao preço do etanol, assim como a quantidade ofertada de etanol variou inversamente ao preço do açúcar, mas esta última relação não foi significativa estatisticamente. Concluiu o referido autor que o dinamismo da agroindústria canavieira do estado do Paraná tem sido consequente da oferta de açúcar, sendo a oferta de álcool mais residual (comparativamente à produção de açúcar).

Considerando que a produção de etanol em Pernambuco acha-se vinculada a produção de açúcar, conforme visto no modelo ajustado, a alteração de 1% no preço do açúcar condiciona uma redução de 0,56% na produção de etanol, logo os cenários para a produção de etanol ficam dependentes dos cenários para cana-de-açúcar.

4.2 Elasticidades para a produção de etanol combustível a partir de relações estabelecidas

Efeitos de mudanças dos preços sobre as quantidades de equilíbrio podem ser analisados pela elasticidade-preço da oferta. De fato ao representar à sensibilidade da variável produção em relação à mudança do preço, a elasticidade-preço da oferta representa indicador importante na construção do cenário para o etanol em Pernambuco.

4.2.1 Elasticidade cruzada entre preço do açúcar e quantidade de etanol

Mede a reação da quantidade ofertada de etanol em relação ao preço do açúcar.

$$\varepsilon = \frac{\Delta Q_{\text{etanol}}}{\Delta P_{\text{açúcar}}} \cdot \frac{P_0_{\text{açúcar}}}{Q_0_{\text{etanol}}} \quad (5)$$

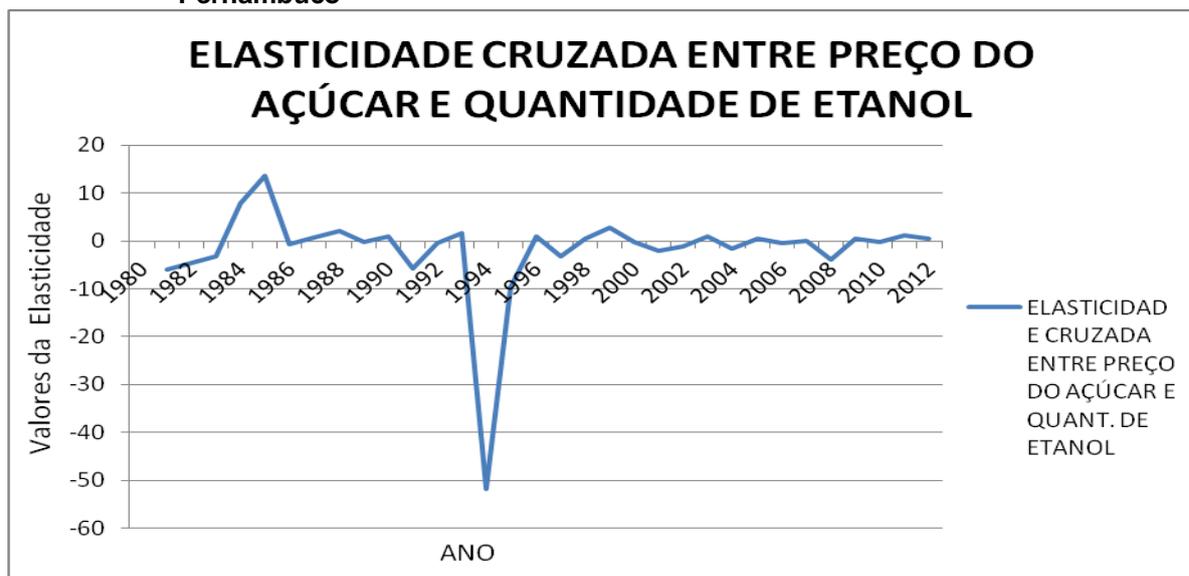
A relação entre a alteração do preço de açúcar e a quantidade de álcool (elasticidade cruzada) representou 46% da dinâmica de produção de etanol em Pernambuco do período analisado (1980 a 2012). Além disso, o comportamento da oferta de etanol variou inversamente com a alteração do preço do açúcar. Na medida em que o preço do açúcar evoluiu positivamente a quantidade de etanol diminuiu, porém reduziu menos percentualmente do percentual de acréscimo no

preço do etanol, pois a elasticidade cruzada (Anexo 3) mostrou-se em 46% do período inelástica.

Os valores representados no gráfico 8 indicam por uma lado que a oferta foi elástica em um subperíodo (a variação percentual de decréscimo na sua produção foi maior do que a variação percentual de acréscimo no preço). Por outro lado, em outro subperíodo, encontrou-se a produção variando positivamente com o preço do açúcar, porém em menor proporção que este. Isto ocorreu, possivelmente, devido a dinâmica dos preços internacionais do açúcar “vis-à-vis” a dinâmica dos preços de etanol que, por sua vez, é também afetada pela dinâmica dos preços do petróleo.

O gráfico também demonstra uma considerável redução em sua elasticidade cruzada no ano de 1994, o que pode ser explicado pela diminuição na produção de etanol devido ao período de estiagem na safra de 1993/1994 da cana-de-açúcar (ver gráfico 2).

Gráfico 8 - Elasticidade Cruzada entre Preço do açúcar e quantidade de etanol para Pernambuco



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sindaçúcar-PE e ÚNICA.

4.2.2 Relação entre a Elasticidade de oferta do etanol e a Elasticidade de oferta do açúcar.

A elasticidade preço da oferta de etanol no período em análise demonstra que a inclinação da curva de oferta do produto é positiva, ou seja, o aumento (a diminuição) do preço causa o aumento (a diminuição) da quantidade oferecida. O preço e a quantidade variam na mesma direção.

Conforme constata-se no gráfico 9, a Elasticidade-preço da oferta comportou-se conforme identificado no modelo econométrico para explicar a oferta de etanol. Em 63% do período a oferta variou mais percentualmente do que o preço, confirmando ser a oferta de etanol preço-elástica. Ressalta-se, contudo, que no restante do período a elasticidade comportou-se de forma diferente (preço-inelástica). Isto aconteceu, provavelmente, por conta da variação do preço do açúcar, fenômeno que foi detectado pela elasticidade-preço cruzada (entre o preço de açúcar e a oferta de etanol), ou seja, mais uma vez confirmou-se a assertiva do modelo especificado ajustado.

Comparando-se a elasticidade de oferta do açúcar com a elasticidade de oferta do etanol vê-se claramente que o crescimento da elasticidade do primeiro, implica em decréscimo da elasticidade do segundo. Isto indica que o crescimento da oferta de etanol se relaciona efetivamente com o preço do açúcar e não com o preço do etanol.

Gráfico 9 - Elasticidade-preço da oferta de etanol e açúcar para Pernambuco.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sindaçúcar-PE e ÚNICA.

4.3 Cenários para a produção de etanol combustível, a partir de alterações nas variáveis do modelo ajustado

A equação estimada para a produção de etanol combustível em Pernambuco, de acordo com a tabela 1, podem ser representada da seguinte maneira:

$$\text{Log}(Y) = 1.416487814 \cdot \text{Log}(Ra) - 0.5585442456 \cdot \text{Log}(Pa) + 0.4096165988 \cdot \text{Log}(Pe) + 2.438757 \quad (6)$$

Onde:

Y = Produção de etanol total em mil metros cúbicos

Ra = Rendimento agrícola em t/ha

Pa = Preço do açúcar em R\$/L

Pe = Preço do etanol anidro combustível em R\$/L

A partir desta equação foram desenvolvidos cenários para a produção de etanol no Estado, utilizando cenários otimistas e pessimistas quanto ao rendimento agrícola, preço do açúcar e preço do etanol.

4.3.1 Cenários otimistas

CENÁRIO 1 – Aumentos no rendimento agrícola, mantendo-se as outras variáveis constantes.

Segundo informações do Sindaçúcar-PE, na safra de 2012/2013 em Pernambuco a posição em 30/06/2013 sobre a produção de etanol total foi de 275 mil metros cúbicos. Tomando como base essa informação, a expectativa é que na condição 1 do cenário otimista, com uma aumento de 10% no seu rendimento, tenha-se em Pernambuco um acréscimo de 38,95 mil metros cúbicos na produção atual de etanol, perfazendo um total de 313,95 mil metros cúbicos. Da expectativa associada a condição de um aumento de 20%, é de que se tenha um acréscimo de 77,91 mil metros cúbicos na produção atual, totalizando um valor de 352,91 mil metros cúbicos. Contudo, não se espera que neste cenário otimista, ocorra um aumento de 30% no rendimento, pois conforme constatou-se no gráfico 3, o rendimento da cana-de-açúcar em Pernambuco tem se mantido relativamente estável ao longo dos anos.

Tabela 2 - Cenário otimista de aumento no rendimento agrícola para Pernambuco

RENDIMENTO AGRÍCOLA	
PRODUÇÃO DE ETANOL (%)	
AUMENTO DE 10%	14,16487814
AUMENTO DE 20%	28,32975628
AUMENTO DE 30%	42,49463442

Fonte: Elaborado pela autora, a partir dos dados obtidos da equação (6) referente a tabela 1.

CENÁRIO 2 – Aumentos no preço do açúcar, mantendo as outras variáveis constantes:

Já para a expectativa do cenário 2, um aumento de 10% no preço do açúcar acarretará na produção de 259,64 mil metros cúbicos de etanol, valor inferior ao estimado para o mesmo aumento percentual no cenário 1. Para um acréscimo de 20% no preço do açúcar a produção seria em torno de 244,28 mil metros cúbicos. Contudo para um aumento de 30% no preço do açúcar continuaria reduzindo a sua produção para 228,92 mil metros cúbicos. Demonstrando assim que com a elevação dos preços do açúcar a produção de etanol irá se reduzir.

Tabela 3 - Cenário otimista de aumento no preço do açúcar para Pernambuco.

PREÇO DO AÇÚCAR	
	PRODUÇÃO DE ETANOL (%)
AUMENTO DE 10%	- 5,5854424
AUMENTO DE 20%	- 11,1708849
AUMENTO DE 30%	- 16,7563273

Fonte: Elaborado pela autora, a partir dos dados obtidos da equação (6) referente a tabela 1.

CENÁRIO 3 – Aumentos no preço do etanol anidro, mantendo as outras variáveis constantes.

No cenário otimista 3, a expectativa de um aumento de 10%, a produção passaria para 286,26 mil metros cúbicos, para aumento de 20% seria 297,52 mil metros cúbicos, e por fim aumento de 30% acarretará em um acréscimo de 308,79 mil metros cúbicos na produção de etanol total. Com isso, mostra-se que um aumento nos preços do etanol, faz com que os produtores invistam nesta atividade.

Tabela 4 - Cenário otimista de aumento no preço do etanol para Pernambuco.

PREÇO DO ETANOL ANIDRO	
	PRODUÇÃO DE ETANOL (%)
AUMENTO DE 10%	4,096165988
AUMENTO DE 20%	8,19233196
AUMENTO DE 30%	12,28849794

Fonte: Elaborado pela autora, a partir dos dados obtidos da equação (6) referente a tabela 1.

4.3.2 Cenários pessimistas

Anteriormente foram estimados cenários otimistas em relação à produção do etanol, tendo como base a equação 1, retirada do modelo descrito conforme a tabela 1. Nesta seção também utilizamos os mesmos parâmetros, porém com a construção de cenários pessimistas para o setor.

CENÁRIO 1 – Redução no rendimento agrícola, mantendo as outras variáveis constantes.

Neste cenário 1, a expectativa de uma redução de 10% no rendimento agrícola a produção de total de etanol ficará em torno de 236,05 mil metros cúbicos, o que não comprometeria a sua produção. Contudo uma redução de 20% provocaria uma redução no valor atual da sua produção para um total de 197,09 mil metros cúbicos. Contudo, também para este cenário pessimista não se espera que o rendimento agrícola reduza para níveis de 30%, tendo em vista a constância ao longo do período analisado, conforme observado no gráfico 3.

Tabela 5 - Cenário pessimista de redução no rendimento agrícola para Pernambuco

RENDIMENTO AGRÍCOLA	
	PRODUÇÃO DE ETANOL (%)
REDUÇÃO DE 10%	- 14,16487814
REDUÇÃO DE 20%	- 28,32975628
REDUÇÃO DE 30%	- 42,49463442

Fonte: Elaborado pela autora, a partir dos dados obtidos da equação (6) referente a tabela 1.

CENÁRIO 2 – Redução no preço do açúcar, mantendo as outras variáveis constantes.

A expectativa construída para o cenário 2, pressupõe a existência de uma redução de 10% no preço do açúcar. Nesse caso, a produção total de etanol será de 290,36 mil metros cúbicos. Já com uma redução do valor em 20% esta produção passará para 305,72 mil metros cúbicos. E ainda uma redução maior, de 30%, o volume de produção será 321,08 mil metros cúbicos. Assim, percebe-se que com a redução no preço do açúcar, a produção total de etanol combustível aumentará.

Tabela 6 - Cenário pessimista de redução no preço do açúcar para Pernambuco.

PREÇO DO AÇÚCAR	
	PRODUÇÃO DE ETANOL (%)
REDUÇÃO DE 10%	5,5854424
REDUÇÃO DE 20%	11,1708849

 REDUÇÃO DE 30%

16,7563273

Fonte: Elaborado pela autora, a partir dos dados obtidos da equação (6) referente a tabela 1.

CENÁRIO 3 – Redução no preço do etanol anidro, mantendo as outras variáveis constantes.

E por fim, para o cenário pessimista 3, uma redução de 10% no preço do etanol anidro a produção de etanol em Pernambuco ficará em torno de 263,73 mil metros cúbicos. Com uma redução ainda maior de 20%, provocará uma diminuição para 252,47 mil metros cúbicos no total. Para a redução no preço de 30% a produção de etanol passará para valores ainda menores, em torno de 241,21 mil metros cúbicos da produção total de etanol combustível.

Tabela 7 - Cenário pessimista de redução no preço do etanol para Pernambuco.

PREÇO DO ETANOL ANIDRO	
	PRODUÇÃO DE ETANOL (%)
REDUÇÃO DE 10%	- 4,096165988
REDUÇÃO DE 20%	- 8,19233196
REDUÇÃO DE 30%	- 12,28849794

Fonte: Elaborado pela autora, a partir dos dados obtidos da equação (6) referente a tabela 1.

5 PROJEÇÕES: ENTRAVES E POLÍTICA GOVERNAMENTAL PARA O ETANOL

A ampliação da produção de etanol combustível poderá constituir um projeto de nacional de crescimento, tendo como base a melhoria da competitividade do etanol em relação a gasolina, a redução das emissões de gases de efeito estufa, aumento da disponibilidade de terras para o cultivo da cana sem comprometer a produção de alimentos e os biomas naturais, aumento da produtividade em termos de energia gerada, e expectativa de relaxamento das barreiras protecionistas ao bioetanol nos países industrializados com a criação de um mercado internacional para o etanol combustível.

Segundo Buainain e Batalha (2007), do ponto de vista do mercado interno e externo de etanol, o sucesso do setor depende dos seguintes fatores: da garantia de oferta constante, estável e de boa qualidade, para que os consumidores de veículos flexíveis elejam o álcool efetivamente como combustível; da relação de preços entre o álcool e os combustíveis substitutos, como a gasolina e o gás natural, e este último pode constituir-se numa grande ameaça quando os veículos multicomcombustíveis forem lançados; da resolução das questões relativas à concentração territorial da produção e à exclusão de pequenos e médios fornecedores de cana e de trabalhadores agrícolas, em função da elevada integração vertical na cadeia e na mecanização da colheita de cana; da resolução de questões de infra-estrutura logística, ligadas à capacidade de armazenamento nas usinas, recepção, descarga, tancagem de bombeamento do álcool nos portos, além dos gargalos relacionados ao transporte do produto; da redução de tarifas de importação e revisão de cotas e extra-cotas, praticadas principalmente nos EUA e na União Européia; dos subsídios concedidos nesses países aos produtores locais e, da velocidade na qual os países colocarão em prática os programas de uso do álcool, já aprovados, e da capacidade e disposição desses países em produzir o biocombustível.

De acordo com o Ministério de Minas e Energia, em seu relatório produzido em 2007 sobre a matriz energética para 2030, desde a criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) pelo Decreto Nº 76.593, o Brasil tem produzido álcool carburante anidro para misturar com a gasolina, em motores do ciclo Otto, fato esse que foi ampliado na segunda fase do Proálcool, que se iniciou em 1979 (Decreto Nº 83.700), quando o álcool carburante hidratado também passou a ser produzido, para

emprego em motores do ciclo Otto modificados para o consumo de álcool puro. Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, tendo perspectivas ainda mais favoráveis para elevações futuras substanciais da produção de álcool anidro, não só por causa dos benefícios ambientais da mistura álcool/gasolina, em termos da valorização crescente de reduções na poluição do ar, sobretudo nas grandes cidades, mas também por conta das boas perspectivas para uma rápida difusão de veículos “multicombustível” e o “flex fuel”, sendo este último o que emprega tecnologia eletrônica de gerenciamento de combustível que permite o consumo de qualquer mistura de álcool anidro com gasolina.

Por outro lado, tem havido melhorias significativas na produtividade tanto da cultura de cana-de-açúcar como na indústria produtora de etanol. Estes ganhos têm ocorrido devido a uma combinação de fatores que incluem:

- Introdução de novas e melhores variedades de cana;
- Economias de escala oriundas de novas unidades industriais, maiores e mais eficientes; e
- Melhorias tecnológicas e medidas de conservação de energia em usinas antigas.

Encontrar melhores usos para os subprodutos do açúcar e do álcool, tais como o bagaço, as folhas e pontas da cana e o vinhoto, certamente constitui uma excelente rota para se melhorar o desempenho econômico das usinas sucroalcooleiras.

Por outro lado, um processo de hidrólise rápida para produzir etanol a partir do bagaço da cana-de-açúcar está sendo desenvolvido no Estado de São Paulo e se esta tecnologia se mostrar economicamente factível, irá permitir um aumento de cerca de 30 por cento na produção de álcool, com o uso de 50 por cento das folhas e pontas da cana-de-açúcar hoje disponíveis, sem aumentos na área plantada de cana.

As diretrizes políticas de governo para os combustíveis oriundos da cana de açúcar deveriam dar prioridade ao encorajamento dessas pesquisas e explorar as perspectivas para se gerar energia elétrica excedente nas plantas de coogeração localizadas nas usinas sucroalcooleiras, além de procurar manter a vantagem competitiva do Brasil neste setor.

Neste ano de 2013 pacotes de medidas para o setor sucroalcooleiro, foi anunciado pelo governo Com o objetivo de alavancar a produção e os investimentos do setor de etanol, o governo adotou uma série de medidas de estímulo ao setor.

Segundo reportagem do portal Novacana, publicado em 23 de abril de 2013, além do aumento da mistura do etanol anidro na gasolina de 20% para 25%, que teve início no dia 1º de maio, outras três ações serão implementadas para fomentar a competitividade e o desenvolvimento do etanol no Brasil.

A primeira delas é a criação de um crédito presumido de Pis/Cofins ao produtor de etanol, o que na prática vai zerar a alíquota de R\$ 0,12 por litro desses tributos. Para tanto, o governo vai concentrar no produtor a cobrança da alíquota referente aos dois tributos - atualmente, essa cobrança é dividida entre o produtor e o distribuidor. A segunda medida é a redução dos juros do Prorenova, linha de financiamento do BNDES para a renovação e implantação de novos canaviais. Com um volume de recursos de R\$ 4 bilhões, o programa terá taxa de juros de 5,5% ao ano, ante 8,5% a 9,5% que vigoraram no ano passado. O prazo de pagamento é de 72 meses, com 18 meses de carência. A terceira iniciativa estabelece novas condições para o financiamento da estocagem do etanol. Com recursos de R\$ 2 bilhões (sendo R\$ 1 bilhão do BNDES e R\$ 1 bilhão da poupança rural), esse crédito terá juros de 7,7% ao ano, menor, portanto, que os 8,7% anuais.

Com esse conjunto de medidas, o governo amplia a competitividade do setor de etanol, reduzindo a carga tributária, melhorando o fluxo de caixa das empresas e suas condições de financiamento. Dessa forma, o governo promove o investimento e a melhoria nas condições de oferta de longo prazo desse produto.

Além das medidas governamentais, é importante que os produtores de etanol combustível mantenham uma oferta de produção para abastecimento do mercado doméstico. Para Buainain e Batalha (2007), um dos maiores desafios da cadeia de etanol seja apurar as dimensões do mercado de combustíveis para viabilizar um planejamento estratégico de expansão da oferta de cana e de etanol para os próximos anos, ou seja, a sua falta ou a superprodução pode gerar crises no mercado interno e externo de combustível, é preciso garantir o abastecimento de etanol, sendo necessária uma coordenação setorial, dentre outros mecanismos como a criação de estoques regulatórios ou de segurança.

Torna-se necessário um crescimento sustentável da oferta de etanol, que não depende apenas dos seus agentes produtivos, mas também de incentivos governamentais. De acordo com Neves e Conejero (2010), o governo pode atuar não somente com agente regulador e exercer sua função de executor de políticas públicas. Nesse sentido, o governo pode trabalhar de três maneiras: (1) realizando

um zoneamento ecológico-econômico das melhores regiões para a produção de cana; (2) reformando o sistema tributário para garantir isonomia tributária entre os Estados e entre os diferentes combustíveis; e por fim (3) estruturando e estimulando investimentos por meios próprios, ou com parcerias, em uma logística de escoamento mais racional seja por meio de dutos ou ferrovias/hidroviás, ou seja, uma melhoria da infraestrutura de transportes.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho estimou-se um modelo incluindo as variáveis preço do açúcar, preço do etanol e rendimento agrícola, e sua relação com a produção de etanol combustível, através de uma série histórica relativa ao período de 1980 a 2012. O objetivo do ajustamento foi identificar que variáveis influenciam positiva ou negativamente a produção de etanol no Estado de Pernambuco.

A partir do modelo especificado, foram propostos cenários referentes a produção futura de etanol, estabelecendo percentuais de acréscimos e decréscimos nas variáveis identificadas como em efeito no modelo ajustado de produção de etanol. Para tanto seguiu-se o proposto por Neto et. al. (2008) apud Blanning e Reinig (1998), e deste modo foram construídos dois cenários para o etanol em Pernambuco, um otimista e outro pessimista, tendo como base o passado e o presente da atividade no Estado. Sob o aspecto quantitativo, por sua vez, seguiu-se a Buarque (2003), para fins de obtenção de cenários extrapolativos, os quais reproduzem no futuro os comportamentos dominantes no passado.

Também procurou-se comparar as informações obtidas no modelo de produção de etanol para o Estado com os conceitos da microeconomia, utilizando os conceitos de elasticidade ponto, e elasticidades cruzadas entre preço do açúcar e quantidade de etanol e a elasticidade-oferta do açúcar e do etanol para Pernambuco.

As análises apontaram a evolução da produção de cana-de-açúcar e etanol no Brasil e em Pernambuco, bem como a evolução das variáveis que foram utilizadas para o modelo de produção de etanol, como o rendimento agrícola, e os preços de açúcar e etanol para o Estado.

Os resultados das análises mostraram que a produção de etanol apresenta dependência com o preço do açúcar, e que maiores valores no preço do açúcar, levam produtores a terem mais interesse em produzir açúcar ao invés de etanol. O mesmo aconteceu com reduções no preço do açúcar visto que esta ocorrência viabiliza o aumento da produção de etanol. Essa dinâmica foi corroborada com os valores de elasticidades cruzadas entre preço do açúcar e quantidade de etanol, bem como as elasticidades de oferta do açúcar e etanol, demonstrando que quando o preço do açúcar evolui positivamente, acarreta uma redução da quantidade produzida de etanol.

Entretanto, ressalta-se que o aumento no volume de produção do etanol combustível, também foi afetado por políticas públicas de mercado, como a criação do Proálcool e a introdução dos automóveis bicompostíveis (*flex-fuel*).

Com relação ao futuro da atividade ao construírem-se cenários, tendo em vista sua importância para balizar decisões de produção e de desenvolvimento da atividade sucroenergética, constatou-se serem tais cenários ferramentas indispensáveis para o entendimento da perenidade, prosperidade e oportunidades ao longo prazo da cadeia produtiva para o etanol no Estado.

Para os cenários otimistas da produção de etanol em Pernambuco foram constatados que elevações no rendimento agrícola e no preço do etanol, aumentaram a sua produção, já para aumentos nos preços do açúcar acarretaram reduções no volume de produção do etanol. E para os cenários pessimistas foi identificado que reduções no rendimento agrícola e no preço do etanol, a produção diminuiu. Efeito inverso com reduções nos preços de açúcar, em que a produção de etanol se elevou.

Desta forma, constatou-se ser necessária uma ação coordenada e planejada entre o setor público e privado, tendo em vista a importância da cana-de-açúcar, pois é a partir dela que se obtêm dois produtos fundamentais para a economia brasileira: o açúcar e o etanol. Este primeiro volta-se tanto para o mercado interno quanto externo, já o segundo ainda é mais utilizado principalmente para abastecimento do mercado doméstico, porém com perspectivas de aumento de sua produção devido ao entendimento da importância de sua produção, visto que questões energéticas, como o avanço do etanol combustível, estão relacionadas com a segurança do Estado. A expansão desse mercado significa oportunidades de desenvolvimento econômico e social para Pernambuco, bem como a sua importância estratégica para a soberania nacional, à medida que se desenvolve uma matriz energética menos poluente, renovável, diversificada e própria.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, E. S. **Função de produção agropecuária espacial**. XLIII CONGRESSO DA SOBER “Instituições, Eficiência, Gestão e Contratos no Sistema Agroindustrial” ESALQ/USP, 2005.

ANDREOLI, C.; SOUZA, S.P. de. **Cana-de-açúcar: a melhor alternativa para conversão da energia solar e fóssil em etanol**. Texto pra discussão. Economia & Energia, ano X, n.59, p. 27-33, 2006.

BARROS, H. et al. **Agricultura de Pernambuco: uma visão de futuro**. Secretaria de Agricultura. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1998, 131 p.

BORGES et.al. Proálcool. **Economia política e avaliação socioeconômica do programa brasileiro de biocombustíveis**. Universidade Federal de Sergipe, PROEX/CECAC/Programa Editorial, 1988, 168 p.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M.O (Coord.). **Cadeia Produtiva da agroenergia**. Ministério da Cultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a agricultura. Série Agronegócios. Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007, v. 3, 112p.

BUARQUE, S. **Metodologias e Técnicas de Construção de Cenários Globais e Regionais**, TD 939, IPEA, (2003) Brasília, DF.

BNDES e CGEE. Orgs. **Bioetanol de cana-de-açúcar : energia para o desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro, RJ. BNDES e CGEE, 2008, 316 p.

COBB, C. W. e DOUGLAS, P. H. **A Theory of Production**. American Economic Association, (1928) pp. 139-165.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra. 4º Levantamento (abril/2013), safra 2012/2013 da cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://www.conab.com.br> > Acesso em: 28 de agosto de 2013.

DATAGRO. Empresa de Consultoria de Etanol e Açúcar. **Acompanhamento e comparativos de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol**. Disponível em: <<http://www.datagro.com.br/secao/91/norte-nordeste> > Acesso em 25 de maio de 2013.

FELIPE, J.; ADAMS, G. F. **A estimativa da Cobb-Douglas**. Função: uma visão retrospectiva. Eastern Economic Journal, vol. 31, No. 3, 2005.

GARÓFALO, G. de L.; CARVALHO, L. C. P. **Teoria Microeconômica**. São Paulo, SP. Editora Atlas, 2ª ed, 1986, 573 p.

HENDERSON, J. M.; QUANDT, R. E. **Teoria microeconômica: uma abordagem matemática**. São Paulo: SP, Editora Pioneira, 2ª ed.,1988, 417 p.

KNIGHT, P. **Energy crops have begun a revolution for agribusiness in Brazil**. *World Ethanol & Biofuels Report*, F. O. Licht, 2007, p. 243-248.

LEITE, R. C; CORTEZ, L. A. B. **O Etanol Combustível no Brasil**, 2008.

MACHADO, F. de B. P. **Brasil, a doce terra – História do setor**, 2006. Disponível em: <<http://www.jornalcana.com.br/Conteudo/HistoriadoSetor.asp>> Acesso em: 25 de maio de 2013.

MAPA. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Relatório do MAPA, 2013** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 28 de agosto, 2013.

MME. Ministério de Minas e Energia. Publicações. **Balço Energético Nacional, 2011**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html>. Acesso em: 20 de junho, 2012.

MORAES, M. A.; LIMA, J. P. R.; SICSÚ, A. B. **Agroindústria Canavieira no Brasil**. Evolução, Desenvolvimentos e Desafios. São Paulo, SP: Editora Atlas, 2002. 367 p.

MOZAMBANI, A. E. et al. **História e morfologia da cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S.V. et al. (Orgs.). Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, 2006.

NAZARETH J. M.; GUTTIEREZ C. **Análise Social. Os modelos macroeconômicos de crescimento e o crescimento demográfico**. Segunda Série, Vol. 11, No. 42/43 (1975), pp. 336-364

NETO, A. J. M. **O Método de Análise de Cenários aplicado ao Agronegócio do Etanol interpretado a partir da Abordagem Sistêmica**. Anais do 4º Congresso Brasileiro de Sistemas – Centro Universitário de Franca Uni-FACEF – 2008.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. **Estratégias para Cana no Brasil: um negócio classe mundial**. São Paulo, SP: Editora Atlas, 2010. 288 p.

OLIVEIRA FILHO, L. A. B. de. **Cooperação Internacional na Produção de Etanol: Limites e Oportunidades**. Dissertação. Escola de Economia de São Paulo, da Fundação Getulio Vargas (EESP-FGV). São Paulo, SP, 2010.

REVISTA ETHANOL SUMMIT. 2013: **Publicação da União da Indústria de Cana-de-açúcar**. São Paulo, SP. Editora: 3CX Editorial & Comunicação.

RICCI, R., coord. **Mercado de trabalho do setor sucroalcooleiro no Brasil**. Brasília: IPEA, 1994. 176p. (Estudos de Política Agrícola, n.15)

SAFATLE, F. N. **A Economia Política do Etanol: A democratização da agroenergia e o impacto na mudança do modelo econômico**. São Paulo, SP: Editora Alameda, 2011. 296p.

SAMPAIO, Y. D. S. B; VITAL, T. W; RAMOS, G. **Biocombustíveis: quatro questões sobre seu futuro**. Artigo publicado na Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia rural, SOBER, 2011.

SHIKIDA, P. F. A., ALVES, L. R. A., SOUZA, E. C., CARVALHEIRO, E. M. **Uma análise econométrica preliminar das ofertas de açúcar e álcool paranaenses**. Rev. de Economia Agrícola, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 21-32, jan./jun. 2007.

SHIKIDA, P. F. A. **A evolução diferenciada da agroindústria canavieira no Brasil de 1975 a 1995**. Cascavel –PR. Editora Universitária: EDUNIOESTE. 1998. 149p.

SICSÚ, A. B; SILVA, K. S. **Desenvolvimento rural na zona da mata canavieira do nordeste brasileiro: uma visão recente**. Trabalho apresentado no Seminário Interno

“Dilemas e Perspectivas para o Desenvolvimento Regional com Ênfases Agrícola e Rural no Brasil na Primeira Década do Século XXI”. Santiago, Chile 11 a 13 de dezembro de 2001.

SINDAÇÚCAR. Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Pernambuco. **Notícias-Estatísticas**. Disponível em: <http://www.sindacucar.com.br/noticias_estatisticas.html>. Acesso em: 20 de junho, 2012.

SOUKIAZIS, E.; CERQUEIRA, P. **Econometria: noções básicas**. Coimbra: FEUC, 2008.

SOUZA, H, J. **Como se faz análise de conjuntura**. Petrópolis, RJ. Editora Vozes, 32ª ed.,2012, 54 p.

SRHE. Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos do Estado de Pernambuco. **Bioetanol**. Disponível em:< <http://www.srhe.pe.gov.br/index.php?option>>. Acesso em: 30 de maio de 2013.

SZMRECSÁNYI, T. (1979). **Efeitos e desafios das novas tecnologias na agroindústria canavieira**. In: Antônio Márcio Buainain e Mário Otávio Batalha (Coord.). Cadeia Produtiva da agroenergia. Ministério da Cultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a agricultura. Série Agronegócios. Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007, v. 3, 112p.

TÁVORA, F. L. **História e Economia dos Biocombustíveis no Brasil**. Centro de Estudo da Consultoria do Senado. Brasília, DF, 2011, 78p,(Texto para Discussão, 89).

UNICA. União da Indústria de cana-de-açúcar. **Unicadata**. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/>>. Acesso em: 09 de julho, 2012.

VARIAN. H. R. **Microeconomia. Princípios básicos, uma abordagem moderna**. Rio de Janeiro, RJ. Editora Campus, 2000.

ANEXO 1 – SÉRIE HISTÓRICA (1980-2012) DA PRODUÇÃO DE ETANOL TOTAL E AÇÚCAR EM PERNAMBUCO

ANO	PRODUÇÃO DE ETANOL TOTAL EM MIL METROS CÚBICOS	PRODUÇÃO DE AÇÚCAR EM MIL TONELADAS
1980	236	1.169
1981	204	1.349
1982	256	1.212
1983	350	1.432
1984	265	1.707
1985	454	1.700
1986	571	1.421
1987	667	1.063
1988	481	1.366
1989	529	1.259
1990	583	1.317
1991	517	1.194
1992	507	1.162
1993	424	1.307
1994	221	955
1995	405	1.309
1996	497	1.355
1997	707	1.217
1998	554	1.232
1999	436	1.050
2000	340	856
2001	301	1.099
2002	261	1.104
2003	307	1.231
2004	382	1.393
2005	416	1.464
2006	330	1.215
2007	342	1.357
2008	513	1.433
2009	545	1.519
2010	400	1.516
2011	383	1.348
2012	357	1.482

FONTE: Sindaçúcar-PE, ÚNICA E DATAGRO

**ANEXO 2 – SÉRIE HISTÓRICA (1980-2012) DOS PREÇOS DE ETANOL
COMBUSTÍVEL E DE AÇÚCAR PARA PERNAMBUCO**

ANO	PREÇO DO ETANOL ANIDRO COMBUSTÍVEL EM PERNAMBUCO (R\$/L)	PREÇOS DO AÇÚCAR (R\$/SACA)
1980	2,10644	67,553
1981	2,20355	69,099
1982	2,12211	65,273
1983	1,88252	57,790
1984	1,80518	55,999
1985	1,87673	58,943
1986	1,20308	37,688
1987	1,55812	48,381
1988	1,37354	42,173
1989	0,90003	27,841
1990	1,03344	30,754
1991	1,05621	31,347
1992	1,09554	32,519
1993	0,98238	29,155
1994	0,99147	29,424
1995	0,90211	26,869
1996	0,97151	33,135
1997	0,96921	28,806
1998	0,31315	13,328
1999	0,30136	12,292
2000	0,66100	25,67
2001	0,65766	27,02
2002	0,64267	30,19
2003	0,87528	35,64
2004	0,81991	30,50
2005	0,98105	36,96
2006	1,16246	53,09
2007	0,92070	35,13
2008	0,98011	30,55
2009	1,05530	35,05
2010	1,24852	73,76
2011	1,44343	70,79
2012	1,43701	61,78

FONTE: Sindaçúcar-PE, ÚNICA E DATAGRO

ANEXO 3 – SÉRIE HISTÓRICA (1980-2012) DE VALORES DA ELASTICIDADE CRUZADA ENTRE PREÇO DO AÇÚCAR E QUANTIDADE DE ETANOL E DA ELASTICIDADE PREÇO DA OFERTA DE ETANOL E AÇÚCAR

ANO	ELASTICIDADE CRUZADA ENTRE PREÇO DO AÇÚCAR E QUANT. DE ETANOL	ELASTICIDADE PREÇO DA OFERTA DE AÇÚCAR	ELASTICIDADE PREÇO DA OFERTA DE ETANOL
1980			
1981	-5,92315523	6,717134174	-2,941023399
1982	-4,60303047	1,834622025	-6,896472577
1983	-3,203203733	-1,585016881	-3,252263593
1984	7,835786804	-6,205722015	5,911566354
1985	13,56859653	-0,077311657	17,99338924
1986	-0,714666086	0,454998002	-0,717960081
1987	0,592545493	-0,889056057	0,569712615
1988	2,173106215	-2,225858091	2,354003827
1989	-0,293639944	0,231870154	-0,289472951
1990	0,975554324	0,441387662	0,688673485
1991	-5,86775024	-4,854994533	-5,138684523
1992	-0,517405776	-0,705485935	-0,519367632
1993	1,582643635	-1,20492862	1,584802821
1994	-51,88029635	-29,14528748	-51,71028892
1995	-9,587721223	-4,263053132	-9,237739909
1996	0,974093086	0,150718872	2,952820544
1997	-3,233855587	0,776942519	-178,6124851
1998	0,402764356	-0,021540482	0,319703796
1999	2,740035653	1,900950912	5,656292406
2000	-0,202315141	-0,169457098	-0,184503431
2001	-2,181111111	5,404895155	22,70077492
2002	-1,1327122	0,037658357	5,830332071
2003	0,976301452	0,636114199	0,486941703
2004	-1,693937819	-0,91007098	-3,861849718
2005	0,420225958	0,243322386	0,452875032
2006	-0,47369927	-0,389549189	-1,117982587
2007	-0,107491395	-0,345149423	-0,174848084
2008	-3,835152838	-0,425735024	7,748695506
2009	0,423478449	0,411398414	0,813106342
2010	-0,240899751	-0,002237628	-1,453099523
2011	1,055488215	2,751372047	-0,272238982
2012	0,533361539	-0,779579712	15,26283725

FONTE: Sindaçúcar-PE, ÚNICA E DATAGRO