



## **CANA-DE-AÇÚCAR E ÁLCOOL COMBUSTÍVEL: HISTÓRICO, SUSTENTABILIDADE E SEGURANÇA ENERGÉTICA**

---

Leidiane Coelho Carvalho<sup>1</sup>, Regiane Cristina Oliveira de Freitas Bueno<sup>2</sup>, Marina Mouzinho Carvalho<sup>3</sup>, Ana Laura Favoreto<sup>4</sup>, Ana Flávia Godoy<sup>4</sup>

1. Pós-Graduanda em Energia na Agricultura da Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu (leidy\_santana@hotmail.com).
2. Professora Doutora da Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu.
3. Pós-Graduanda em Proteção de Plantas da Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu
4. Graduanda em Agronomia da Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu. Brasil

**Recebido em: 06/05/2013 – Aprovado em: 17/06/2013 – Publicado em: 01/07/2013**

---

### **RESUMO**

A cana-de-açúcar tem importância desde os primórdios na história do país, acompanhando o descobrimento do Brasil desde o período colonial, portanto, a cultura tem papel importante na economia brasileira, sendo um dos principais produtos comercializados. Na década de 1970 com o advento da crise econômica, geopolítica e da possibilidade de esgotamento de petróleo, os países dependentes da importação de combustível, buscaram novas alternativas energéticas. No Brasil, decretou-se em 1975 a criação do Programa Nacional do Alcool - PROALCOOL, que teve alguns anos de ascensão, pelo aumento de destilarias e comercialização de carros movidos com mistura de etanol. Em decorrência da diminuição do preço do barril de petróleo a importância do programa reduziu significativamente, voltando ao auge apenas em 1979, ou seja, a segunda fase do programa. Concebido como um dos vetores da resposta nacional à crise dos preços do petróleo dos anos 70, o programa persistiu em momentos em ascensão em outros não, alcançando por mais de três décadas. O Brasil é o segundo maior produtor de etanol, perde apenas para o EUA, sua matéria prima advém do milho, o que torna um gargalo a produção de biodiesel, pois compete com a produção de alimentos. Novas tecnologias desenvolvidas para aumentar a produção de etanol aliadas a sustentabilidade e viabilidade econômica vêm sendo realizadas, a principal é o etanol de segunda geração, conhecido como etanol celulósico, além do etanol de terceira e quarta geração.

**PALAVRAS-CHAVE:** Crise energética, Proálcool, etanol.

### **CANE SUGAR AND ALCOHOL FUEL: HISTORY, BIO ENERGY, SUSTAINABILITY AND SECURITY ENERGETICA**

#### **ABSTRACT**

The cane sugar is important since the early days in the history of the country, following the discovery of Brazil since the colonial period, therefore, the culture has

an important role in the Brazilian economy, being one of the main products. In the 1970s with the advent of the economic crisis, geopolitical and the possibility of depletion of oil, countries dependent on imported fuel, sought new energy alternatives. In Brazil, it was decreed in 1975 the creation of the National Alcohol Program - PROALCOOL, who had several years of rising, the increase of distilleries and marketing of cars powered with ethanol blend. Due to the decrease in the price of oil the importance of the program significantly reduced, returning to peak only in 1979, ie, the second phase of the program. Conceived as one of the vectors of the national response to the crisis in oil prices '70s, the program persisted at times rising in others not reaching for more than three decades. Brazil is the second largest ethanol producer, second only to the U.S., where the raw material comes from corn, which becomes a bottleneck biodiesel production because it competes with food production. New technologies developed to increase ethanol production combined with sustainability and economic viability are being held, the principal is the second generation ethanol, known as cellulosic ethanol, ethanol plus third and fourth generation.

**KEYWORDS:** Energy crisis, Proálcool ethanol.

## INTRODUÇÃO

Cultivada no Brasil há quase cinco séculos, a cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil por Martin Afonso, como efeito, deu-se início a um dos mais bem sucedidos negócios da história brasileira com produtos advindos do setor. Na década de 1970, em decorrência da crise do petróleo, houve o grande auge para a produção de álcool combustível. Em 1975, o governo lança o Programa Nacional do Álcool-PROALCOOL, o principal objetivo seria substituir os veículos movidos a gasolina por veículos movidos a álcool. Devido ao aumento do preço do barril de petróleo, da possibilidade de esgotamento e necessidade de utilização de energia limpa e renovável.

Em decorrência da política de produção e consumo de energia limpa, tanto pelo Brasil como os demais países, buscam-se alternativas para produção de energia renovável, com intuito de diminuir a emissão de gases de efeito estufa. A produção de etanol obtido a partir da cana-de-açúcar apresenta grandes vantagens, para o país, como a detenção pelo setor de tecnologias avançadas para produção, além de não necessitar de aumento da área destinada à produção.

Os agravamentos das problemáticas ambientais e econômicas que o mundo vivencia, por em prática, o uso de álcool combustível na matriz energética brasileira é extremamente significativo (OMETTO, 1998). A alta de preços dos combustíveis fosse e da poluição por eles causada, o etanol tem sido considerado como alternativa para diminuir os impactos ambientais por eles causados.

Por todas suas vantagens, o uso de álcool combustível apresenta papel importante, por todas as etapas que em que é produzido até o consumo. Sendo representativo na geração de empregos, a exploração do solo e de recursos hídricos ocorre de forma harmoniosa, e a poluição do ar é menos prejudicial comparado ao combustível proveniente de fontes não renováveis (OMETTO, 1998).

O setor sucoalcooleiro apresenta grande importância para o país, contribui de forma significativa no PIB brasileiro. De acordo com o Procana, o setor sucoalcooleiro foi responsável por aproximadamente 2% do PIB nacional e por 8% do PIB da agricultura no Brasil em 2011, tendo empregado cerca de 4,5 milhões de pessoas.

As crises no setor açucareiro e dependência do petróleo importado, foram os principais fatores que impulsionaram a produção de etanol a partir de cana-de-açúcar. O Brasil é exemplo de sustentabilidade, enquanto a média mundial utiliza apenas 14% de fontes renováveis, o Brasil utiliza 46,8% (EPE, 2011).

O avanço tecnológico na produção de etanol além de apresentar importância econômica e social contribuiu para segurança energética como alternativa aos combustíveis fósseis. Desta forma, a revisão tem por objetivo levantar informações sobre os principais fatos históricos do cultivo da cana-de-açúcar e da produção de álcool combustível no Brasil, desde os incentivos oferecidos pelo governo para aumento da produção e consumo até as principais tecnologias desenvolvidas no setor.

### **CANA-DE-AÇÚCAR: PRODUÇÃO NO BRASIL**

Cultivada no Brasil, desde 1530, a cana-de-açúcar, quando foi introduzida na Capitania de São Vicente em São Paulo, por Martin Afonso de Souza, porém foi principalmente na região nordeste que a cultura teve maior expressão neste período, sendo exportada para a Europa nos quatro séculos seguintes (BRANDÃO, 1984). Do século XVI ao século XVIII, a atividade era preponderante sobre todas as atividades econômicas desenvolvidas no país. Com o passar dos anos os processos de industrialização modernizaram-se, no século XIX, houve aumento dos fornecedores, e das unidades de produção (EINSENBURG, 1997).

O cultivo da cana no Brasil sofreu dois impactos negativos, o primeiro foi após a introdução da cultura no Caribe, na América Central, onde os resultados mais expressivos foram em Cuba, assim houve um colapso no cultivo brasileiro, no entanto, esse impacto não eliminou completamente seu cultivo no país. O segundo, chamado O fim do chamado "Ciclo do Açúcar", ocorreu quando os franceses desenvolveram tecnologia para a produção de açúcar a partir de beterraba, neste período a dependência dos europeus do açúcar da cana brasileira reduziu drasticamente. O declínio das exportações de açúcar de 24% chegou a 10% da década de 30 a 80 do século XIX (MICHEL JUNIOR, 2010).

A economia açucareira do Nordeste resistiu por mais de três séculos às mais prolongadas depressões, buscando recuperar-se sempre que o mercado externo permitia, sem sofrer nenhuma modificação estrutural significativa (FURTADO, 2007; BRANDÃO, 1984). Como resposta a essa crise internacional, em um cenário no qual o mercado de açúcar passava por uma depressão profunda, novas aplicações para a cana-de-açúcar deveriam ser encontradas. O desenvolvimento de combustível a partir da cana-de-açúcar, visto como um dos mais fantásticos feitos tecnológicos da humanidade na área de energia renovável começou a ser incentivado.

As primeiras experiências com álcool combustível ocorreu no início da década de 1920, tornando o mercado da cana mais estável, pois neste período o mercado do açúcar obtido através da cana perdia espaço no mercado externo. Na mesma década várias misturas de álcool foram comercializadas como combustível, por exemplo a USGA (75% de etanol e 25% éter) inicialmente, seguida por Rosada, Motogás, Nacionalina, Azulina e Motorina Lacerda (Apud ANCIÕES, 1980 p. 61).

Na década 1930, o governo através do decreto nº 197 17, tornava obrigatória a adição de álcool à gasolina importada, numa proporção inicial de 5%. Com essa medida a intenção foi regularizar a situação do setor açucareiro que enfrentava séria crise, que originou também a criação em 1933, pelo governo de Getúlio Vargas do Instituto do Açúcar e do Álcool – IAA e, pela Lei nº 737, tornou obrigatória a mistura

de etanol na gasolina. Com isso resultou na reunião da comissão de Defesa da Produção do Açúcar (dec. Lei 20.761, de 07.12.1931) e da Comissão de Estudos sobre o Álcool-motor (Portaria M.A. 04.08.1932), tornando-se um órgão (Apud ANCIÕES, 1980, p. 61). Segundo afirmações de Jambeiro (1973), a IAA criação visava à proteção do complexo açucareiro nacional, que se encontrava desorganizado, em meio a uma crise de superprodução mundial de açúcar.

A produção de etanol exigia subsídio para firmar-se no mercado nacional, mesmo com preços elevados do petróleo o etanol não era economicamente competitivo, os incentivos duraram apenas até 1984. A partir desta data, iniciou novo período, sem subsídios, quando o Governo tentou diminuir seu papel no setor. O IAA e os subsídios extinguiram-se durante o governo Collor em 1990.

### **ÁLCOOL COMBUSTÍVEL**

O termo álcool refere-se ao álcool etílico de fórmula  $C_2H_5OH$ , conhecido também por etanol, metilcarbinol ou álcool de cana ou grãos. É um líquido incolor, transparente, volátil, de cheiro etéreo, sabor picante e miscível na água e em diferentes líquidos orgânicos. É comercializado em duas formas, hidratada (95 a 96%) e anidra (> 99% de volume) (ARIAS et al.1999).

A obtenção ocorre através via fermentativas de vegetais ricos em açúcar. No Brasil a principal matéria prima para a extração do álcool é a cana-de-açúcar, nos estados unidos utiliza-se o milho para obtenção do etanol, porém outros vegetais podem ser utilizados, por exemplo a beterraba, mandioca, arroz, frutas e celulose extraída da madeira principalmente dos eucaliptos (ARIAS et al.1999).

### **UTILIZAÇÃO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL COMO FONTE ENERGÉTICA PRIMEIRAS EXPERIÊNCIAS MUNDIAIS COM ÁLCOOL**

O álcool tem sua utilização como bebida, remédio e também como combustível milenar, sendo ultrapassado com o advento do emprego de derivados de petróleo, aparentemente de fácil disponibilidade e baixo preço (ROTSTEIN, 1985). A aplicação de álcool é tão antiga quanto o carro, em 1894 na Alemanha, pesquisadores tentavam empregar álcool combustível em automóveis de algumas marcas. Em 1899 em Paris aconteceu à primeira corrida de automóveis alimentados por álcool, a partir de então surgiram diversos pesquisadores e destiladores, as indústrias passaram a adotar o álcool como combustível, a principal razão na época para o uso de álcool como combustível foi o alto custo (ROTSTEIN, 1985)

Com o advento da I Guerra Mundial (1914-1918), houve a substituição da gasolina pelo álcool, na França, como reação a uma crise de gasolina (Naphta) os veículos militares estavam equipados para uso do álcool. Em 1925 a Inglaterra iniciou trabalho de pesquisa sobre álcool destinado a energia a partir da batata inglesa, porém não obteve êxito devido à importância alimentar da batata (MENEZES,1980).

Apenas durante a II Guerra Mundial (1939-1945), o álcool reapareceu, sendo usado pelos alemães e pelos japoneses em substituição ao petróleo que se tornou escasso. A Alemanha, Áustria, Itália, usaram como matéria prima a batata. Outros como o Brasil usou a cana-de-açúcar como matéria prima. França, polônia, Inglaterra, Hungria, Suécia utilizavam álcool proveniente das mais diversas matérias primas, como beterraba e alcachofra de Jerusalém. Com o avanço em tecnologia da extração do petróleo, possibilitou a descoberta de novos poços o que provocou a diminuição do custo, refletindo na inviabilidade de pesquisas relacionadas ao álcool,

por inviabilidade econômica (ROTSTEIN, 1985).

### **PRIMEIRAS EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS COM ÁLCOOL**

A indústria alcooleira surgiu no Brasil como consequência natural da produção açucareira, pelo fato de o álcool constituir um subproduto que pode ser obtido a partir do mel residual da fabricação de açúcar, tornando-se (PAMPLONA, 1984). Desde o início do século XX, emprega-se etanol no Brasil, quando as primeiras tentativas com o álcool combustível foram realizadas pela Sociedade Nacional de Agricultura-SNA (MENEZES, 1980).

Os biocombustíveis tiveram início a partir de testes realizados com álcool combustível entre os anos de 1905 e 1925. O governo pernambucano decretou no ano 1919, que todos os veículos oficiais fossem abastecidos com álcool combustível, esta medida tornara-se importante para o setor. Após desenvolvimento e medidas com intuito de aumentar a produção de carro alimentado a álcool em 1923, foram realizadas corridas com automóveis que utilizavam como combustível o álcool puro. Nesta mesma década fundou-se no estado, uma associação para o álcool motor, fabricado em escala reduzida chamado “azulina” mistura de álcool e éter. No mesmo período colocou-se no mercado outro combustível a base de álcool, no estado de Alagoas, o chamado USGA-Usina Serra Grande de Alagoas (PENIDO FILHO, 1981).

Em 1931, o governo decretou a lei número 19.717, de 20 de fevereiro de 1931, onde tornava obrigatória a mistura de 5% de etanol a gasolina importada, com objetivo de fomentar a utilização de álcool combustível, deste período até a criação do PROALCOOL, no final de 1975 a utilização de álcool variou de acordo com a disponibilidade do excedente da cana-de-açúcar (PAMPLONA, 1984).

Pesquisas realizadas pelo professor cientista Eduardo, descobriu que a mistura de 20% de álcool anidro era a ideal para usar nos motores existentes. Com base nessa informação o governo Federal comercializava a “gasolina rosada” no Rio de Janeiro com 20% de álcool. Em 1975 o presidente Geisel, encontrou veículos a motor funcionando a álcool puro e motores diesel funcionando com combustível misturado a álcool nos limites de 20%. Assim tudo estava pronto para o desenvolvimento dos projetos do PROALCOOL, quando o decreto que o criou foi posto no papel (BRANDÃO, 1984).

O governo federal e as fábricas de automóveis assinaram um protocolo, onde esse documento possibilitou o surgimento e sustentação da indústria de carros a álcool. Seriam fabricadas em 1981 250.000 unidades e 300.000 em 1982 totalizando 900.000 veículos a álcool. Neste período o Proálcool recebia 228 propostas para montagem de destilaria (BRANDÃO, 1984).

### **CRISE DO PETRÓLEO**

Conflitos entre Israel Egito e Síria em 1973 ocasionaram graves perturbações de alcance internacional, resultando em elevação de preços no barril de petróleo. Nesta época, o Barril do petróleo quadruplicou de preço, deflagrando uma crise internacional que ficou conhecida como primeiro choque do petróleo. A descoberta da possibilidade de esgotamento das reservas contribuiu para o agravamento da crise (PENIDO, 1949).

O aumento no preço do combustível e a redução da oferta do produto na década de 70, em consequência da ação da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo, composta principalmente pelos países produtores de

petróleo do Oriente Médio) ocasionaram desemprego e aumento da inflação, principalmente nos países dependentes, incluindo o Brasil, durante este período o desenvolvimento nacional desacelerou significativamente (MENEZES, 1980).

A primeira crise ficou conhecida como “primeiro choque do petróleo”, o preço do combustível importado pelo Brasil passou de cerca de US\$3,00 para US\$ 12,00 por barril. Durante esse período, cerca de 80% do petróleo consumido internamente era importado. Ao mesmo tempo, a taxa de inflação quase que dobrou e o país iniciou um processo de intenso endividamento externo (SHIKIDA, 1997).

Depois que o mundo vivenciou esse cenário ficou evidente que os países não poderiam depender unicamente de combustível fóssil, não renovável, cuja exploração chegará ao final. O petróleo é atualmente sem dúvida a principal fonte de energia do mundo, além de sofisticada matéria prima da indústria petroquímica. Depois da conscientização que não era possível a aquisição de petróleo a preços tão baixos e que o petróleo é esgotável, vários países começaram a procurar fontes alternativas. Os centros de pesquisa do governo e indústria automobilística, julgaram o álcool como a fonte energética em curto prazo mais viável e mais econômica.

Neste cenário o Brasil é o único país que apresenta condições de resolver o seu problema de combustível por meio vegetais, já que apresenta todas as características para produzir álcool combustível (disponibilidade de solo, água, luminosidade solar, mão de obra). Com isso despertou a visão dos governantes brasileiros para o grande potencial de combustível que se encontrava latente para o Brasil, criando incentivos aos produtores de cana-de-açúcar a produzir etanol (PENIDO, 1949).

No ano de 1979, houve novas elevações de preço do petróleo, este período ficou conhecido como “segundo choque do petróleo”, o valor das exportações do país equivalia ao valor das importações de petróleo (MELO, 1982). Com a conscientização dos países dependentes de petróleo, que deveria procurar fontes alternativas para a substituição ao petróleo, iniciou-se a busca. Entre as alternativas no Brasil em substituir a gasolina para o consumo automotivo em curto prazo, o mais considerado viável foi o álcool, proveniente da cana de açúcar, que já tinha produção eminente na época, o governo então lançou programas para estimular produção de álcool.

### **LANÇAMENTO DO PROÁLCOOL**

Por muitos anos o álcool era encarado apenas como simples regulador do mercado de açúcar, ou seja, quando o preço internacional do açúcar diminuía estimulava-se a produção de álcool e assim o setor canavieiro tocava seus negócios. A resposta brasileira à crise mundial foi à criação em 14 de novembro de 1975 pelo decreto nº76.593, do Programa Nacional do Álcool- Proálcool, criado com o objetivo de estimular a produção do álcool, visando o atendimento das necessidades do mercado interno e externo e da política de combustíveis automotivos (PAMPLONA, 1984)

O decreto foi à primeira tentativa do governo brasileiro no que diz respeito ao desenvolvimento de fontes alternativas de energia líquida, como medida de contenção de importações do petróleo. Adicionalmente, ele representa o único exemplo, até o presente, de um programa com bons resultados alcançados. Na forma de álcool anidro, passou a ser misturado à gasolina, em substituição ao MTBE -methyl tertiary butyl ether.

A primeira fase do Proálcool foi marcada pela difícil relação entre o governo e

as multinacionais do segmento automotivo, instaladas no país, e pela resistência do setor do petróleo. Na primeira fase do programa, a ênfase foi à produção de etanol anidro para ser misturado à gasolina. Na segunda fase, a ênfase passou a ser o etanol hidratado, usado puro em motores adaptados para o combustível (LEME, 2004).

Entre 1983 e 1988, mais de 90% dos automóveis vendidos no País eram movidos a etanol. Quando os preços do petróleo começaram a cair, no fim da década de 80, a produção do etanol hidratado declinou. Ao fim da década de 90, apenas cerca de 1% dos carros vendidos tinham motores a etanol (ANP, 2010).

Apesar das flutuações conjunturais, o etanol manteve-se como importante componente na matriz energética brasileira, uma vez que passou a ser misturado à gasolina em percentuais de até 25%. Em movimento de adaptação perante as tendências do mercado de energia, a indústria automotiva brasileira passou a fabricar em grande escala os carros bicombustíveis – os modelos flex - que garantem o escoamento da produção de etanol e ampliam a liberdade de escolha dos consumidores.

### **IMPORTÂNCIA DO PROÁLCOOL NA ECONOMIA DO PAÍS**

Para a retomada no desenvolvimento do país era necessário suprir-lo de petróleo, ao passo que o consumo aumentaria para alcançar as expectativas de crescimento, no entanto o preço do barril de petróleo estava em ascendente crescimento. Na época, o Brasil importava cerca de 80% do petróleo consumido, entre os anos 1973 a 1975 quando ocorreu o aumento de preço o país enfrentou uma elevação na importação de US\$ 600 milhões para US\$ 2 bilhões (OMETTO, 1998).

O Proálcool desenvolvido pelo governo brasileiro apresentou grandes vantagens na história do país, como desenvolvimento tecnológico, além de proporcionar uma nova alternativa de abastecimento de combustível, que conseqüentemente gerou o aumento do desempenho da economia e do nível de emprego, contribuindo de forma parcial na diminuição do agravamento ambiental (OMOTTO, 1998).

Em 1985 a política energética de incentivo ao álcool começou a mudar, devido principalmente a alterações no preço do petróleo, da política de subsídio no preço do álcool e de breves abalos na distribuição que assegurava o fornecimento do combustível (OMOTTO, 1998). A diminuição do carro a Álcool ocorreu basicamente devido o carro popular lançado na década de 1990 apresentar taxas tributárias reduzidas, com isso o álcool hidratado perdeu espaço, mantendo-se apenas a determinação legal para a adição de álcool anidro à gasolina (OMOTTO, 1998).

A produção de etanol no Brasil é mais rentável quando comparado com os outros países produtores, em decorrência principalmente devido ao método que é obtido. A sua matéria prima, a cana de açúcar, torna o álcool uma fonte de energia economicamente viável. Por exemplo, o etanol produzido pelos EUA e Europa é obtido de matéria prima como, milho e a beterraba, respectivamente, que o torna um pouco mais caro, além da eficiência energética ser menor.

O Brasil apresenta como segunda maior fonte de energia renovável o etanol. A produção de etanol e pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias continua sendo incentivados pelo governo, apesar do programa Proálcool não existir mais. O Brasil possui algumas vantagens na sua produção de etanol, em relação a outros

países, como por exemplo, dominar todo o processo de produção de álcool, possuir abundância de terra e mão-de-obra. Tais vantagens o levam a possuir o menor custo de produção do álcool no mundo.

## **PRODUÇÃO DE ETANOL**

O Brasil destaca-se na produção de etanol, devido detenção de tecnologias e políticas mais avançadas do mundo, em decorrência da pioneira utilização do etanol obtido a partir da cana-de-açúcar como combustível. A estimativa é que a produção de etanol anidro aumente gradativamente o que representará um acréscimo de 15,35% na produção, e o etanol hidratado um aumento de 4,45%, quando comparados com a produção de etanol de safras anteriores (CONAB, 2013).

Atualmente, a conversão de material lignocelulósico ou biomassa em açúcares fermentados para a produção de etanol, vem sendo discutida como fonte alternativa promissora para aumentar a produção necessária para atender a demanda mundial. O etanol da cana, obtido através da fermentação alcoólica da sacarose, assim como o obtido a partir do amido de milho é denominado de etanol de primeira geração. A obtenção de etanol celulósico a partir dos polissacarídeos da parede celular vegetal é denominada de etanol de segunda geração. Já tem se falado em etanol de terceira geração quarta geração, em que a planta utilizada seria geneticamente modificada (BUCKERIDGE et al., 2010).

## **ETANOL DE PRIMEIRA GERAÇÃO**

Combustíveis de primeira geração são: biodiesel e etanol, produzidos a partir de amido, óleo vegetal, gordura animal ou açúcar. O bicomcombustível provém da cana-de-açúcar, beterraba doce, trigo, mandioca e milho. Os Estados Unidos é o maior produtor de álcool através do milho, seguido do Brasil que utiliza cana-de-açúcar, já a União Européia extrai o álcool de batatas e beterrabas, mas esse processo é pouco produtivo. Contudo, a produção de combustíveis de primeira geração promove polêmicas, por gerar competição com a produção de alimentos, devido à utilização de terras agricultáveis, e o destino dos mesmos. Em contra partida, a produção dos combustíveis foi analisada pela Avaliação do Ciclo de Vida (LCA, *Life Cycle Assessment*), e através de estudos foi constatado uma redução significativa no consumo de combustíveis fósseis e também uma queda nas emissões globais.

O processo de obtenção de etanol de primeira geração, a partir da cana-de-açúcar, ocorre pela fermentação do caldo, que possui aproximadamente 15% de sacarose e 15% de fibras (MACEDO, 2008). O caldo é esterilizado e purificado e em seguida o processo de fermentação é realizado por linhagens selecionada de leveduras *Saccharomyces cerevisae*. O álcool que é produzido é separado por meio de destilação da água.

## **ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO**

A utilização de matéria prima não específica, classifica-o como combustíveis de segunda geração, neste processo uma gama de matérias-primas são aproveitadas. Essa nova geração representa uma alternativa para o uso energético da biomassa, apresentando vantagens ambientais e econômicas, por ser o etanol produzido a partir de lignocelulose, presente em resíduos de origem vegetal. A produção de etanol da lignocelulose é feita com tecnologias ainda em fase de aperfeiçoamento (PACHECO, 2011).

Um dos grandes gargalos para a comercialização de etanol de segunda



geração são as dificuldades operacionais (BUCKERIDGE et al., 2010). Outra dificuldade é a necessidade de neutralizar a solução contendo açúcares, para proceder à fermentação. Geralmente utiliza-se o hidróxido de cálcio, este não pode ser reaproveitado, principal fator que contribui para o alto custo da técnica (ALI, et al., 2006). A obtenção do etanol de segunda geração ocorre por meio de hidrólise ácida, no processo o objetivo é “desmontar” a parede celular para utilizar os polissacarídeos como fonte de açúcares fermentáveis, embora o processo seja funcional, ainda não é eficiente para permitir a produção comercial (BUCKERIDGE et al., 2010).

No Brasil, o desenvolvimento de combustíveis celulósicos segue com investimentos modestos, dependendo basicamente de iniciativas governamentais, como o Plano Conjunto BNDES-FINEP de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico – PAISS, que disponibilizou 3,3 bilhões de reais para este fim. No ano de 2012, foi anunciada a primeira usina comercial de etanol celulósico, localizada em Alagoas, cuja inauguração está prevista para 2014 (EPE, 2013).

### **ETANOL DE TERCEIRA GERAÇÃO**

Apóia-se na viabilidade do etanol de segunda geração, através de possibilidade de utilização da maquinaria bioquímica de microorganismo, algas e bactérias, para desmontar a parede celular. Assim com os microrganismos desenvolveram mecanismos para invadir a parede celular, as plantas também coevoluíram para sofisticar seus mecanismos de defesa (CORTEZ, 2010). Para desenvolver tecnologia eficaz para converter a parede celular em açúcares fermentáveis e etanol deve-se compreender os processos relacionados com ataque de cada enzima sobre cada ligação na parede celular.

### **ETANOL DE QUARTA GERAÇÃO**

Este será um avanço na tecnologia, onde integrará os processos das demais gerações. Consistirá em um conjunto de alterações na própria planta de cana-de-açúcar, que irá aumentar a eficiência dos processos de produção de etanol de segunda e terceira geração. A proposta desta geração é a modificação genética da planta para expressar enzimas capazes de promover a digestão da parede celular (CORTEZ, 2010).

## **INFERÊNCIAS E PREVISÕES DO CENÁRIO DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL**

De acordo com o primeiro levantamento da Conab 2013, a área cultivada no país com cana-de-açúcar na safra 2013/2014, está estimada em 8.893,0 mil hectares, apresentando aumento de 4,8% ou seja, 408 mil hectares, em relação à safra passada. O estado de São Paulo é o maior produtor com 51,3% 4.560,88 mil há da área plantada seguida de Minas gerais com 9,31% 827,97, a previsão é que o estado torne-se o segundo produtor e em seguida o estado de Goiás com produção estimada em 9,3% area de 827,03 mil hectares (CONAB, 2013).

O Brasil é líder mundial na tecnologia de produção de etanol da cana-de-açúcar, tornando menor o custo de produção de açúcar e etanol. A produção do país responde por cerca de 40% da oferta mundial de etanol combustível, com tendência a ascensão. As condições edafoclimáticas, oferta de terras e tecnologias desenvolvidas, são fatores que contribuem para este cenário (FURTADO &

RADAELLI, 2010).

Na safra 2012/13, houve queda na produtividade e qualidade da cana, os principais fatores que influenciaram em relação às safras anteriores foram: redução dos investimentos em reforma do canavial e tratos culturais, problemas climáticos e aumento do índice de perdas de sacarose com a mecanização da colheita e consequente aumento do custo de produção. No entanto, a retomada dos investimentos já proporcionou uma pequena recuperação nos indicadores de produtividade.

A produção de etanol em 2012 alcançou 23,5 bilhões de litros, deste total 9,7 bilhões de anidro e 13,9 hidratados. Mesmo com a redução do teor de anidro de 25% para 20%, mantida durante todo o ano de 2012, produziu-se 11,4% a mais deste combustível, comparativamente a 2011, motivado pela expansão da demanda de gasolina C. A queda na produção de etanol hidratado foi de 2,4%, tendência observada desde 2010, representando uma redução total de 6 bilhões de litros (30,4%) no período 2010/2012.

Em 2012, o BNDES disponibilizou um orçamento de R\$ 4 bilhões para renovação e ampliação dos canaviais, através do Prorenova, dos quais foram liberado R\$ 1,4 bilhão, que viabilizaram o plantio de cerca de 410 mil hectares, 80% dos quais destinados à renovação (PORTAL BRASIL, 2012) Em janeiro de 2013, o limite de financiamento por hectare de cana plantada passou de R\$ 4.350,00 para R\$ 5.450,00.

De acordo com o relatório da Conab de dezembro de 2012, a safra 2012/13 apresentou aumento de 4,2% na produtividade da cana, atingindo 69,85 tc/ha após duas quedas sucessivas. No entanto, este valor está aquém dos maiores índices já alcançados nas safras de 2008/09 e 2009/2010, de 81,0 e 81,6 tc/ha, respectivamente (CONAB, 2012).

As exportações de etanol em 2012 totalizaram 3,1 bilhões de litros, deste total 2,0 bilhões para os Estados Unidos. As exportações somaram 0,6 bilhões de litros, assim o resultado em volumes líquido exportados de 2,5 bilhões, praticamente todo o volume importado veio dos Estados Unidos (EPE, 2013).

A busca por bicomcombustível decorre principalmente da necessidade de fontes alternativas ao petróleo, seja pela elevação de preço, principal fator, escassez ou por de produção de energia limpa (FURTADO & RADAELLI, 2010).

Em 2012, foram vendidos 3,63 milhões de veículos leves no Brasil, o que representou um crescimento de 6,1% com relação a 2011. Ademais, em 2012, verificou-se um acréscimo da participação de veículos flex fuel nos licenciamentos totais, 88,5% dos carros comercializados eram flex fuel, ocorrência não registrada nos últimos dois anos. Apesar do aumento da frota flex fuel, não ocorreu altas no preço do etanol hidratado.

Uma grande oportunidade para avanço tecnológico do etanol brasileiro é a criação do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE), da Unicamp, um estudo visando à expansão da produção do álcool no Brasil de maneira a substituir 10% da gasolina no mundo em 2025, ou seja, uma produção anual de 200 bilhões de litros (LEITE E CORTEZ, 2008).

As condições conjunturais de restrição da oferta de cana podem exigir das empresas um ajuste em seus modelos de negócios para o desenvolvimento de uma indústria sucroquímica nacional e seus possíveis bioprodutos (etanol, diesel, querosene, polímeros, óleos básicos e fármacos). Contudo, cidades como o Rio de Janeiro e São Paulo, continuam a buscar o aumento da participação de energias não

fósseis no transporte público.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Proálcool foi fundamental na introdução do álcool combustível na matriz energética brasileira, no desenvolvimento e capacitação da tecnologia nacional, criando condições para que hoje o país seja referência mundial nesse setor. No entanto, o Proálcool foi uma política contemporânea há seu tempo e não teve como objetivo promover outras ações que não incentivar a produção e o consumo do álcool.

O país figura em lugar de destaque, frente a novas alternativas energéticas a partir de fontes renováveis e economicamente viáveis. Por apresentar extensão territorial e clima favorável. Um dos desafios que se deve enfrentar são as condições da infra estrutura, recursos humanos, além de investimento em pesquisas. O etanol a partir de cana-de-açúcar apresenta grandes vantagens em relação ao etanol de outros países produtores, por ter baixos custos de produção, além de reduzir a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

O etanol celulósico é uma promissora fonte de combustível sustentável e eficiente, podendo tornar-se capaz de atender a demanda universal por combustíveis líquidos. Para o avanço desta tecnologia é necessário a integração de grupos de pesquisas especializados em diferentes áreas da fisiologia, ecologia, bioquímica, genética, enzimologia, física, engenharia entre outras, para tornar o Brasil auto-sustentável na produção e exportação de bicombustível, integrando sustentabilidade e desenvolvimento tecnológico ao país.

### REFERÊNCIAS

ALI, M.; MARK, R.; DANIEL, J. S. Conditioning hemicelluloses hydrolysates for fermentation: effects of overliming pH on sugar and ethanol yields. **Process Biochemistry**, 41: 806-1811. 2006.

ANCIÕES, A. W. F.; Avaliação tecnológica do álcool etílico. In: **CNPq- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico**. Brasília. 2 Edição. 1980.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS-ANP/ **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2010**. Diretor-Geral Lima, H. B. R. Rio de Janeiro – RJ – Brasil. 2010.

ARIAS, M. S.; REVILLA, J. L. G.; CARRECEDO, G. B.; GARLOBO, C. M. S. Álcool. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA TECNOLÓGICA-ABIPTI. **Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia Brasília**. Brasília-DF Cap. 4.1 p 229-243. 1999

BRANDÃO, A. **cana-de-açúcar, Álcool e açúcar na historia e no desenvolvimento social do Brasil: Séc. 16-20**. Brasília, Ed. Horizonte INL, 269p. 1984 223-239p

BUCKERIDGE, M. S.; SANTOS, W. D.; SOUZA, A. P. As rotas para o etanol celulósico no Brasil. In: CORTEZ, L. A. B. **Bioetanol de cana-de-açúcar: P & D**

**para produtividade e sustentabilidade.** São Paulo: Blucher, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar Safra 2013/2014 **Primeiro Levantamento Abril/2013.** Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_04\\_09\\_10\\_29\\_31\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_abril\\_2013\\_1o\\_lev.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_04_09_10_29_31_boletim_cana_portugues_abril_2013_1o_lev.pdf). Acesso em Abril de 2013.

CONAB, 2012 Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-açúcar - safra 2012/2013 - **Terceiro Levantamento.** Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_12\\_12\\_10\\_34\\_43\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_12\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_12_12_10_34_43_boletim_cana_portugues_12_2012.pdf). Acesso em Abril de 2013

EINSENBERG, P. L. **Modernização sem mudança: a indústria açucareira em pernambucana** 1940-1910. (coleção de estudos brasileiros, 15) RJ: Paz e terra, 1997.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis.** Presidente TOLMASQUIM, M. T. 2013. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/An%C3%A1lise%20de%20Conjuntura%20dos%20Biocombust%C3%ADveis%20-%20boletins%20peri%C3%B3dicos/An%C3%A1lise%20de%20Conjuntura%20dos%20Biocombust%C3%ADveis%20%E2%80%93%20Ano%202012.pdf>. Acesso em maio de 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Balanço Energético Nacional 2011: Ano base 2010. – Rio de Janeiro: EPE, 2011.266 p. : 180 ill. : 23 cm

FURTADO, C. **Formação econômica do Brasil.** 34. ed. São Paulo: Companhia das Letras, p. 25-248. 2007

FURTADO, J.; RADAELLI. V. **Instrumento de apoio à P&D em etanol.** In: CORTEZ, L. A. B. Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2010.

IAA/PLANALSUCAR. **Superintendente Geral, Piracicaba, SP. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil.** coordenação: José Orlando F. Piracicaba. 369 p. 1983

J

JAMBEIRO, M. B. **Engenheiro de rapadura: Racionalização do tradicional numa sociedade em desenvolvimento.** São Paulo: Instituto de estudos brasileiros/ USP, 1973.

LEITE, R. C., & CORTEZ, L. A. B. O etanol combustível no Brasil. Agencia.cnptia.embrapa.br. 2013. Disponível em: [http://aq20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/etanol3\\_000g7qq2cz702wx5ok0wtedt3xdrmftk.pdf](http://aq20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/etanol3_000g7qq2cz702wx5ok0wtedt3xdrmftk.pdf). Acesso em Abril de 2013.

LEME, R. M. Álcool combustível derivado da cana-de-açúcar e o desenvolvimento sustentável. **Proceedings of the 5th Encontro de Energia no Meio Rural**. 2004

MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. A. R.; greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brasil: the 2005/2006 averages and the prediction for 2020. **Biomass and Bioenergy**. DOI: 10.1016/j.biombioe.2007.12.2006. 2008.

MELO, F. H de. **Proálcool, energia e transportes**. São Paulo. Pioneira: FIPE, 1981.

MENEZES, T. J. B. de. **Etanol, o combustível do Brasil**. São Paulo, agrônômica Ceres, 233 p. 1980.

MICHEL JUNIOR, R. J. S. **Obtenção do álcool etílico hidratado, com graduação alcoólica para uso automotivo: validação de um processo em batelada**. Dissertação de mestrado. Engenharia de processos. Universidade Federal de Santa Maria. 146 p. 2010

OMETTO, J. G. S., **O álcool combustível e o desenvolvimento sustentado**. SP. PIC, 80p. 1998.

PACHECO, T. F. Produção de Etanol: Primeira ou Segunda Geração? **Circular técnica**. EMBRAPA. ISSN 2177-4420 Brasília, DF Abril, 2011.

PAMPLONA, C. **Proálcool: Impacto em termos técnico-econômicos e sociais do programa no Brasil**. Piracicaba : setor de comunicação Planalsucar, 93 p. 1984.

PENIDO FILHO, P. **O álcool combustível: obtenção e aplicação nos motores**. São Paulo. Nobel. 1981

PENIDO, F. P. **Álcool combustível: obtenção e aplicação nos motores**, São Paulo. Ed Nobel, 1949. 458p

PORTAL BRASIL, **BNDES aprova crédito de R\$ 226,2 milhões para Usina de Açúcar Santa Terezinha**.

Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2012/05/09/bndes-aprova-credito-de-r-226-2-milhoes-para-usina-de-acucar-santa-terezinha>. Acesso em Acesso em Abril de 2013.

RODRIGUES, J.A.R. Do engenho à biorrefinaria, usina de açúcar como empreendimento industrial para geração de produtos bioquímicos e biocombustíveis, **Química Nova**, Vol. 34, No. 7, 1242-1254, 2011.

ROTSTEIN, J. **Conspiração contra o álcool**. Rio de Janeiro. Editora José Olympio. 1985. 188 p.

SHIKIDA, P. F. A. **A evolução diferenciada da agroindústria canavieira no Brasil de 1975 a 1995**. Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo, 191 p. 1997.

