

A IMPORTÂNCIA DO BIOETANOL DENTRO DO CONTEXTO BRASILEIRO, COMPARAÇÃO DE SUA SÍNTESE A PARTIR DE CANA-DE-AÇÚCAR E MILHO E BIOETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO

Fabio Sousa Guedes Silva¹, Beatriz Cristina Migot²; Fabio Cesar da Silva³

¹Graduando em Tecnologia em Biocombustíveis pela Fatec de Piracicaba, guedesfabio2@gmail.com.

²Graduanda em Tecnologia em Biocombustíveis pela Fatec de Piracicaba.

³Professor Doutor da Fatec de Piracicaba.

RESUMO

Diante da busca por alternativas à dependência dos combustíveis fósseis, o bioetanol representa no Brasil, com sua síntese principalmente a partir de cana-de-açúcar, modelo para o mundo em produção e desenvolvimento sustentável. Este trabalho objetivou avaliar sua importância para o país, sua produção como biocombustível de segunda geração (2G) e comparar sua síntese a partir de cana e milho. O bioetanol tem representado no Brasil importante papel econômico, social e ambiental, com estudos e políticas de sua expansão no país e para o resto do mundo, visando substituir a gasolina. A produção de bioetanol 2G tem potencial de dobrar a produção do biocombustível, sem aumentar a área agrícola. Além disso, sua produção a partir de cana e milho, pode aumentar a sustentabilidade do processo através da criação de usinas *flex*, que processam ambas matérias-primas. Dessa maneira, as novas tecnologias têm impulsionado o sucesso de bioetanol, tornando-o como referência ao se tratar de biocombustíveis.

Palavras-chave: biocombustíveis, sustentabilidade, usinas *flex*.

1 INTRODUÇÃO

Com o bioetanol houve maior diversificação na matriz energética brasileira desde a época da criação do Proálcool, na década de 70. Esse biocombustível possibilitou ao país menor dependência dos combustíveis fósseis e tornou o Brasil referência mundial em tecnologias de produção de bioetanol a partir de cana-de-açúcar. Cada vez mais busca-se a produção de bioetanol ao redor do mundo a partir de algumas biomassas, como a cana e o milho, a fim de substituir a gasolina.

Para isso têm-se buscado novas tecnologias, como a produção de bioetanol de segunda geração (2G), a partir de materiais lignocelulósicos. Essa tecnologia permite agregar valor no que outrora era considerado resíduo sólido, agora recurso, como o bagaço e palha da cana, e aumentar a produção de bioetanol sem expandir a área agrícola cultivada. Em outra perspectiva, tem-se avaliado a produção de bioetanol utilizando-se milho, com vantagens e desvantagens, sob as óticas social, energética, tecnológica e ambiental, em relação à sua produção com cana-de-açúcar.

Também é importante a criação de usinas *flex*, que processam simultaneamente cana e milho, aumentando a sustentabilidade do processo. Dessa maneira, com consulta

da literatura, o presente estudo objetiva avaliar a importância do bioetanol no Brasil, apresentando sua evolução no país, processos de produção a partir de milho e cana, comparação do bioetanol das distintas matérias-primas e o cenário da produção de bioetanol 2G.

2 DESENVOLVIMENTO DO ASSUNTO

2.1 Histórico

Em 1975, pelo decreto nº 76.593/75, foi criado no Brasil o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), um projeto para ampliar a matriz energética brasileira em função de recursos renováveis e limpos, incentivando a produção de bioetanol para os mercados interno e externo. O Proálcool, uma política público-privada, passou de um interesse do governo para um acordo que envolveu os usineiros e a indústria automobilística, objetivando ampliação da capacidade de produção, surgindo a necessidade de construir destilarias autônomas, envolvendo obrigatoriamente a Petrobrás na distribuição do biocombustível (GORDINHO, 2010).

Inicialmente, o programa concentrou-se em retomar a produção de bioetanol anidro, o qual passou a ser misturado à gasolina em teor de 10 a 25%. A partir de 1979, ao agravar as tensões no Oriente Médio, os carros passaram a ser abastecido com bioetanol hidratado possibilitando os motores funcionarem sem outro combustível. No mesmo ano, o Fiat 147 (Figura 1) chegava às lojas, o primeiro veículo brasileiro que funcionava inteiramente com bioetanol. O grande sucesso resultou, em 1985, cerca de 96% dos automóveis vendidos no país vir com motor a bioetanol hidratado, promovendo a maior frota automotiva mundial movida com um biocombustível: aproximadamente 4 milhões de veículos (CUNHA; BARTABURU; SUMIDA, 2015).

Figura 1. Primeiro carro brasileiro movido a bioetanol – Fiat 147



Fonte: Cana Online (2019).

Os resultados deste programa promoveram no começo da década de 1980 redução de 1.120.000 barris de petróleo em 1979 para 961.500 barris em 1983, época que se comemorou a venda do milionésimo carro a bioetanol e promoveu economia pontual de US\$ 11,5 milhões. A produção alcooleira alcançou 12,3 bilhões de litros na safra 1986-87, valor que ultrapassou em 15% a meta estabelecida inicialmente pelo governo.

Entretanto, em 1986 uma crise internacional se desencadeou e os preços do barril de óleo bruto caíram bruscamente de US\$ 30 a 40 para US\$ 12 a 20, fazendo com que o governo restringisse seu apoio ao Proálcool (GORDINHO, 2010).

Em 1990, o governo reduziu o imposto sobre os carros populares a bioetanol ou gasolina, a fim de movimentar sua produção. Apesar do sucesso, motivos técnicos e desinteresse governamental no estímulo do programa do bioetanol, apenas carros movidos a gasolina foram produzidos, e a partir de 1994, voltava na frota do país a gasolina com predominância como combustível (NETO, 2009).

O término do Proálcool aconteceu por desinteresse do governo, com a ideia, dentre outras várias que influenciaram tal postura, de que o petróleo seria um recurso infinito. Porém, ao ser consolidado o conhecimento de que o petróleo dependia de circunstâncias, que o Oriente Médio possuía convulsões muito sérias e que as reservas podem acabar, aumentou o interesse do mundo em combustíveis alternativos, além de autossuficiência energética, vislumbrando-se um futuro sustentável (GORDINHO, 2010).

A partir de 1990, engenheiros buscavam desenvolver motores capazes de funcionar tanto com gasolina quanto com bioetanol, para proteger das oscilações que ambos combustíveis estão sujeitos. O resultado foi uma tecnologia pioneira no mundo e que permitiu pela primeira vez o consumidor escolher o combustível que melhor lhe conviesse, em qualquer proporção. Assim sendo, chegava-se às lojas em 2003 o Gol 1.6 Total Flex, o primeiro veículo híbrido vendido no Brasil. Em somente cinco anos, os automóveis bicombustíveis atingiram 75% dos carros novos vendidos no país, com quatro em cada dez brasileiros preferindo encher o tanque do carro com bioetanol de cana (CUNHA; BARTABURU; SUMIDA, 2015).

2.2 Bioetanol

Com o propósito de avaliar o potencial de expansão da produção de bioetanol no Brasil, o Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (Nipe), da Unicamp, fez vários estudos com o Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE) a fim de investigar por técnicas de simulação o que seria necessário e quais os impactos macroeconômicos em substituir de 5 a 10% da gasolina utilizada no mundo por bioetanol em 2025. Tais resultados mostraram que o país tem condições de fazê-lo e seria de grande importância uma ação coordenada entre o governo e a iniciativa privada para estabelecer as etapas necessárias (CORTEZ, 2010).

O cenário avaliado para expandir a produção de bioetanol no Brasil e substituir 10% do consumo mundial de gasolina em 2025 considera que a produção de cana-de-

açúcar aconteça através de colheita mecanizada, com sua expansão para áreas que não sejam reservas ambientais ou protegidas por lei, restando 437,2 Mha. Desse valor, retirou-se 75,6 Mha, correspondentes às regiões que possuem declividade superior a 12%, para que a colheita mecanizada seja viabilizada com a tecnologia que está disponível atualmente. Dessa forma, com o zoneamento agrícola da cana avalia-se as possibilidades de expandir a produção de cana em uma área correspondente à 361,6 Mha (CGEE, 2009).

A substituição da gasolina pelo bioetanol combustível traz uma série de benefícios do ponto de vista ambiental, como reduzir significativamente as emissões dos gases do efeito estufa (GEE), principalmente o CO₂, já que sua emissão é basicamente fixada pela fotossíntese, com baixa dependência de combustíveis fósseis na produção de bioetanol de cana. O mesmo grupo de pesquisas do Nipe também estuda a sustentabilidade em produção bioetanol de cana em grande escala no Brasil, englobando questões socioeconômicas e ambientais, bem como integrar a produção de cana com sistemas de produção existentes. Como resultado desses estudos foi criado o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia em Bioetanol (CTBE) – do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) (CORTEZ, 2010). Recentemente, o CTBE passou a se chamar Laboratório Nacional de Biorrenováveis – LNBR.

Atualmente, de acordo com a CONAB (2019), Companhia Nacional de Abastecimento, em seu primeiro levantamento da safra brasileira 2019/20 de cana-de-açúcar, espera-se a produção de 30,3 bilhões de litros de bioetanol total, isto é, bioetanol hidratado e anidro (19,7 e 10,6 bilhões de litros, respectivamente), reduzindo 8,6% ao comparar com a safra passada. A produção de 33,14 bilhões de litros de bioetanol total na safra anterior foi recorde. Essa redução deve-se à expectativa de maior destinação de ATR para produzir açúcar, reduzindo a produção de bioetanol.

A produção de bioetanol a partir de milho vem crescendo, com perspectiva a favor ao produto. Observa-se aumento de unidades de produção conhecidas como *flex* – capazes de produzir cana-de-açúcar e milho, além de se consolidar unidades de produção denominadas *full* – com processamento de grãos somente, com a projeção de novas indústria deste tipo. Os motivos para aderir-se a este negócio é o menor custo de produção e a boa perspectiva relacionada ao futuro do mercado de grão. A estimativa para a safra 2019/20 de produção de bioetanol total de milho é 1,41 milhões de litros, sendo 308,8 mil litros de bioetanol anidro e 1,10 milhões de bioetanol hidratado, com destaque de produção para as regiões de Mato Grosso, Goiás e Paraná (CONAB, 2019).

O programa brasileiro RenovaBio, lançado em 2017 pelo Ministério de Minas e Energia, almeja atingir em 2030 participação de 45% de energias renováveis na composição da matriz energético do país. Para isso, estão entre as metas o aumento da produção de bioetanol de primeira geração para aproximadamente 50 bilhões de litros e o incremento significativo na produção de bioetanol de segunda geração (2G) a partir de 2023, atingindo 2,5 bilhões de litros, bem como triplicar a geração de bioeletricidade partindo da biomassa, destacando-se a cana-de-açúcar (BRASIL, 2017).

2.3 Comparação entre bioetanol de primeira (1G) e segunda geração (2G)

O bioetanol obtido a partir da cana-de-açúcar, através da fermentação alcoólica da sacarose, bem como obtido do amido de milho após sacarificação, nos EUA, é reportado como bioetanol de primeira geração. Entretanto, o bioetanol celulósico, advindo dos polissacarídeos da parede celular vegetal, é conhecido como bioetanol de segunda geração (2G). Na produção de bioetanol celulósico, diversas etapas podem ser bem distinguidas: 1) hidrólise química; 2) enzimática; e 3) auto-hidrólise; sendo recomendado que seja chamado de bioetanol 2G somente o que for obtido pela hidrólise química da parede celular (BUCKERIDGE; SANTOS; SOUZA, 2010).

A produção de bioetanol 2G se dá através da biomassa lignocelulósica, a qual é tipicamente traduzida como a biomassa de culturas lenhosas, gramíneas e materiais residuais como palha. Nesses materiais os açúcares são quimicamente ligados em cadeias e não são passíveis de serem fermentados pelos microrganismos convencionais empregados na produção de bioetanol, além dos açúcares serem diferentes do amido ou sacarose. Ademais, a fermentação neste tipo de matéria-prima requer metabolização de açúcares de 5 carbonos (pentoses) em vez de 6 (hexoses) e a biomassa lenhosa contém porcentagens variáveis de lignina, que não pode ser convertida em açúcares (FAIIJ, 2008).

Dessa maneira, para se produzir bioetanol a partir de lignocelulose, envolve-se as seguintes etapas principais: hidrolisar a hemicelulose, hidrolisar a celulose, fermentar, separar a lignina, recuperar e concentrar o bioetanol e tratar a água residual (GALBE; ZACCHI, 2010). Esse novo paradigma aplicado à produção de bioetanol a partir de cana é capaz de incrementar de maneira significativa a produção de bioetanol, partindo dos atuais 6.000 litros por hectare-ano para o patamar projetado, cerca de 12.000 litros por hectare-ano (BONOMI, 2010). Entretanto, o desafio da produção é o pré-tratamento da matéria-prima, sendo que nenhum dos métodos para desconstruir a parede lignocelulósica apresenta universalmente mais vantagens do que o outro (NOVACANA.COM, 2017).

2.4 Comparação entre bioetanol de cana e milho

Nos dias atuais, as usinas moem cana-de-açúcar somente durante a safra, que geralmente dura até oito meses. Com o desenvolvimento de variedades da planta adaptadas, as usinas conseguem atingir produtividade economicamente viável nos diferentes períodos do ano e seus respectivos climas. Entretanto, tem-se buscado alternativas de matérias-primas para serem processadas por essas usinas na entressafra, sendo o milho considerado como alternativa com grande potencial, especialmente na região centro-oeste, pelo baixo custo da matéria-prima. As usinas que processam cana-de-açúcar e milho são denominadas usinas *flex* (MILANEZ et al., 2014).

Na produção de bioetanol de materiais amiláceos, como o milho, geralmente a tecnologia de conversão se baseia em separar, limpar e moer os grãos. A moagem pode ser pela via úmida, ao embeber e fracionar o grão antes de converter o amido a açúcar, ou pela via seca, quando isso é realizado durante o processo de conversão. Em ambos casos, converte-se tipicamente o amido em açúcares por um processo enzimático a altas temperaturas. Assim sendo, os açúcares liberados são fermentados pelas leveduras, resultando no vinho que será posteriormente destilado para purificar o bioetanol (BNDES; CGEE, 2008).

A cana-de-açúcar alcança mais produtividade do que o milho em termos de produção de bioetanol por unidade de área. Enquanto alcança-se com aquela cerca de sete mil litros de bioetanol por hectare, alcança-se com este apenas quatro mil litros. Esse resultado reflete em custos de produção de bioetanol de cana mais inferiores, mesmo possuindo um ciclo de colheita mais elevado do que o milho. Por outro lado, a cana-de-açúcar não pode ser processada no período entressafra, uma vez que não permite ser estocada, o que não ocorre com o milho, capaz de ser mantido em estoque ao longo do ano (MILANEZ et al., 2014).

Na produção de bioetanol baseada em açúcares, como na cana, pelo fato de estarem disponíveis na biomassa, o processo é mais simples, envolvendo uma etapa a menos, que normalmente se baseia em extrair os açúcares por moagem ou difusão e encaminhá-los diretamente para a fermentação. Após a fermentação, encaminha-se o vinho resultante, como no caso do milho, para a destilação (BNDES; CGEE, 2008).

A princípio, a fermentação resulta em bioetanol contendo quantidade considerável de água, sendo que a destilação é responsável por remover grande parte da água e promover 95% de pureza (bioetanol hidratado). Se a água resultante deste processo for removida, o produto é bioetanol anidro, o qual pode ser misturado com gasolina. Antes

de deixar a destilaria, o bioetanol é “desnaturado”, a fim de torná-lo impróprio para consumo humano (ZUURBIER; VOOREN, 2008).

Com relação aos coprodutos derivados desses processos de produção de bioetanol, as duas biomassas também possuem diferenças. A cana-de-açúcar origina, além do bioetanol, açúcar e energia elétrica, produzida a partir do bagaço advindo da moagem, e, em alguns casos, também da palha. Essa flexibilidade de produção agrega valor estratégicas para usinas desta matéria-prima, permitindo capturar valor em diferentes mercados, a depender dos preços relativos. No caso do milho, além do bioetanol gerado, origina-se outros produtos alimentícios, como o óleo e proteínas para ração animal - DDG e DDGS (MILANEZ et al., 2014).

Na Tabela 1 encontra-se uma comparação qualitativa entre o bioetanol de cana e milho (grãos) no quesito redução na emissão de gases de efeito estufa (GEE), custo de produção, produção de biocombustível por hectare e terras utilizadas.

Tabela 1. Quadro geral comparativo entre bioetanol de cana e grão (milho, trigo)

Matéria-prima	Redução na emissão de GEE	Custo de produção	Produção de bioetanol por hectare	Terras utilizadas
Cana-de-açúcar	Alto	Baixo	Alto	Terras férteis
Grãos (milho, trigo)	Moderado a baixo	Moderado	Moderado	Terras férteis

Fonte: Elaboração própria, com base em IEA (2005) citado por BNDES e CGEE (2008).

Por fim, Milanez et al. (2014) destacam que com a integração da cultura da cana, que possui safra de até oito meses, com o milho, seria possível aumentar a sustentabilidade do bioetanol brasileiro como bioenergia. Os autores apontam que a usina *flex*, hábil em processar milho e cana-de-açúcar usando como fonte de energia apenas o bagaço – e futuramente a palha – da cana, poderia dar suporte ao setor sucroenergético a fim de superar o contexto adverso vivenciado, com níveis baixos de rentabilidade do bioetanol, principalmente o resultante das agroindústrias localizadas na Região Centro-Oeste do Brasil.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução do bioetanol de cana-de-açúcar trouxe uma série de benefícios para o Brasil, tais como: (i) possibilitou menor dependência de combustíveis fósseis; e (ii) tornou-o referência em tecnologias de produção do biocombustível. A implantação de usinas *flex*, com bioetanol de cana e de milho, bem como a produção do bioetanol 2G, é reflexo de uma nação que caminha rumo a união da sustentabilidade e economia. Entretanto, é necessário investimentos para que os desafios, como o pré-tratamento da matéria-prima na produção de bioetanol 2G, sejam superados.

4 REFERÊNCIAS

- BONOMI, A. Workshop hidrólise de material lignocelulósico. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar**: P&D para produtividade e sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2010. p. 679-695.
- BRASIL. **RenovaBio**: biocombustíveis 2030. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2017. (Nota Técnica: Papel dos biocombustíveis na matriz).
- BUCKERIDGE; M. S.; SANTOS, W. D. dos; SOUZA, A. P. de. As rotas para o etanol celulósico no Brasil. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar**: P&D para produtividade e sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2010. p. 365-380.
- BNDES; CGEE (Org.). **Bioetanol de cana-de-açúcar**: energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.
- CANA ONLINE. **Carro a álcool completa 40 anos de história no Brasil**. 2019. Disponível em: <<http://www.canaonline.com.br/conteudo/carro-a-alcool-completa-40-anos-de-historia-no-brasil.html>>. Acesso em: 07 set. 2019.
- CGEE. **Bioetanol combustível**: uma oportunidade para o Brasil. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2009.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**, v.6 – Safra 2019/20, n. 1 – Primeiro levantamento, Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 19 ago. 2019.
- CORTEZ, L. A. B. Introdução. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar**: P&D para produtividade e sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2010. p. 3-16.
- CUNHA, V.; BARTABURU, X.; SUMIDA, E. **Cana-de-açúcar**. São Paulo: Editora Origem, 2014.
- FAAIJ, A. Biofuel conversion technologies. In: ZUURBIER, P; VOOREN, J. V. D (Ed.). **Sugarcane ethanol**: Contributions to climate change mitigation and the environment. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2008. p. 159-180.
- GALBE, M; ZACCHI, G. Produção de etanol a partir de materiais lignocelulósicos. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar**: P&D para produtividade e sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2010. p. 697-716.
- GORDINHO, M. C. **Do álcool ao etanol**: trajetória única. São Paulo: Editora Terceiro Nome/UNICA, 2010.
- MILANEZ, A. Y. et al. A produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 41, p. 147-208, 2014.
- NETO, J. M. **A história do carro flex no Brasil**. Instituto de Qualificação e Editora Ltda, 2009.
- NOVACANA.COM. **Dilema do etanol 2G: os desafios da matéria-prima celulósica**. 2017. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/dilema-etanol-2g-desafios-materia-prima-celulosica-260117>>. Acesso em: 22 set. 2019.
- ZUURBIER, P; VOOREN, J. V. D. Introduction to sugarcane ethanol contributions to climate change mitigation and the environment. In: ZUURBIER, P; VOOREN, J. V. D (Ed.). **Sugarcane ethanol**: Contributions to climate change mitigation and the environment. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2008. p. 19-27.