

Trabalho de Conclusão de Curso
Estudo da Viabilidade da Produção de Etanol de Milho

Lucas Oliveira Alvarenga Pinto

Matheus Mariano Enfeldt

Abril 2020



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
São Paulo, Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso
Estudo da Viabilidade da Produção de Etanol de Milho
Versão Original
Lucas Oliveira Alvarenga Pinto
Matheus Mariano Enfeldt
Abril 2020



Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção da graduação em Engenharia Química

Orientador: Prof. Dr. José Luís Pires Camacho
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
São Paulo, Brasil

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação-na-publicação

Pinto, Oliveira Alvarenga Lucas; Enfeldt, Matheus Mariano
ESTUDO DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE ETANOL DE MILHO / L.
O. A. Pinto; M. M. Enfeldt -- São Paulo, 2020.

33 p.

Trabalho de Conclusão de Curso - Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo. Departamento de Engenharia Química.

1.Etanol 2.Milho 3.Viabilidade Econômica
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia Química

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. José Luís Camacho, que possibilitou que este trabalho fosse feito, nos apoiou e guiou durante sua confecção.

À Escola Politécnica da USP e ao Departamento de Engenharia Química, que nos proporcionaram os conhecimentos necessários para nos tornarmos engenheiros químicos.

Aos nossos colegas de classe, que nos acompanharam e nos ajudaram durante toda a jornada da graduação.

Resumo

Pinto, Oliveira Alvarenga Lucas; Enfeldt, Matheus Mariano **ESTUDO DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE ETANOL DE MILHO**, 2020. 33 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química.

O uso de etanol como fonte de energia acompanha a indústria automobilística desde os seus primórdios. Tendo seu uso reduzido drasticamente após a oferta de petróleo trazer à tona os combustíveis fósseis, ele voltou a ter a atenção após a crise do petróleo, trazendo a necessidade de diversificar a matriz energética mundial. Hoje, o álcool combustível é usado amplamente na indústria automobilística, e é esperado que sua demanda cresça no Brasil para os próximos anos. Como a esmagadora maioria da produção vem da cana-de-açúcar, diversas empresas vêm estudando a possibilidade de utilizar milho como alternativa, o que pode trazer diversas repercuções para o mercado alcooleiro e energético do Brasil, tendo a sua viabilidade econômica estudada neste projeto. Após uma análise do balanço econômico do processo de produção de etanol a partir de milho, conclui-se que, com exceção de períodos anormais (crise política do impeachment, greve dos caminhoneiros e pandemia de COVID-19), o processo é lucrativo e deve ser incentivado.

Palavras-chave: 1.Etanol 2.Milho 3.Viabilidade Econômica

Abstract

Pinto, Oliveira Alvarenga Lucas; Enfeldt, Matheus Mariano **STUDY ON THE VIABILITY OF CORN ETHANOL PRODUCTION**, 2020. 33 p. Completion of course work - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Chemical Engineering Department.

The use of ethanol as an energy source has followed the auto industry since its beginnings. Even though its use was drastically reduced after oil supply went up, which made fossil fuel the main energy source worldwide, it got attention back after the oil crisis, highlighting the need to diversify the world energy mix. Today, fuel alcohol is widely used in the auto industry, and demand is expected to grow in Brazil in the coming years. As the overwhelming majority of the production comes from sugar cane, several companies have been studying the possibility of using corn as an alternative, which can bring several repercussions to the alcohol and energy market in Brazil, having its economic viability studied in this project. After an analysis of the economics of the ethanol production process from corn, it is concluded that, with the exception of abnormal periods (political impeachment crisis, truck drivers strike and the COVID-19 pandemic), the process is profitable and should be encouraged.

Key words: 1.Ethanol 2.Corn 3.Economic viability

Lista de Figuras

1	ICMS por Estado para Etanol e Gasolina [22]	14
2	Produtividade da produção de etanol em Litros por hectare [24]	16
3	Produção de etanol em milhões de litros por região [20]	17
4	Produção de etanol em milhões de litros por tipo [20]	18
5	Produção de etanol em milhões de litros da Região Centro-Sul [20]	19
6	Produção de etanol em milhões de litros nos Estados Unidos [28]	21
7	Balanço de exportação e importação [20]	22
8	Estoques em <i>mil m³</i> [20]	23
9	Demandas anuais de combustíveis em <i>mil m³</i> [20]	24
10	Demandas mensais de combustíveis em <i>mil m³</i> [20]	25
11	Receita versus custos considerando apenas milho.	29
12	Receita versus custos considerando milho e utilidades.	30
13	Receita versus custos totais.	30

Lista de Tabelas

1	11 Usinas com maior capacidade de produção de etanol [20]	20
2	Parâmetros de produção da Cerradinho Bio	27
3	Parâmetros de produção da FS Bioenergia	28
4	Parâmetros de produção segundo literatura	28
5	Parâmetros de produção consolidados	28

Sumário

1	Introdução	6
2	História do Etanol como biocombustível	7
2.1	Global	7
2.2	Brasil	8
2.3	Pró-Álcool	9
2.4	Etanol de milho	10
3	Produção de Etanol por Milho	12
4	Mercado de Etanol	13
4.1	Situação fiscal no Brasil	14
4.2	RenovaBio	15
4.3	Produção	17
4.3.1	Geografia	18
4.3.2	Produtores	19
4.3.3	Importação e exportação	21
4.3.4	Sazonalidade	22
4.4	Demanda	23
4.4.1	Mistura de etanol na Gasolina	24
4.4.2	Sazonalidade	25
4.5	Atualidade	26
5	Balanço econômico	27
5.1	Proporções de produção	27
5.1.1	Cerradinho Bio	27
5.1.2	FS Bioenergia	27
5.1.3	Literatura	28
5.1.4	Consolidação	28
5.2	Balanço econômico	29
6	Conclusão	31

1 Introdução

Este projeto pretende analisar a viabilidade econômica de projetos de etanol a partir de milho no Brasil.

Dada uma demanda que se espera que cresça e uma produtividade e produção de cana-de-açúcar estagnada nos últimos anos, várias empresas têm anunciado projetos de usinas produtoras de etanol a partir de milho. Para isso, propôs-se inicialmente analisar o mercado de etanol atualmente no Brasil, com algumas pontuações sobre qual poderiam ser pontos observados na análise de ganho com projetos de etanol a partir de milho. Também foi feita uma análise histórica do combustível, entendendo porque de o Brasil despontar como um dos grandes produtores e consumidores de etanol e qual pode ser o impacto que uma produção mais forte a partir do milho pode gerar.

2 História do Etanol como biocombustível

2.1 Global

O etanol é utilizado como combustível desde o início da indústria automotiva. Seu primeiro uso foi em 1826, quando foi utilizado para abastecer uma máquina por Samuel Morey. Em 1860, Nicolaus Otto, inventor do motor por combustão interna de quatro tempos utilizado difundidamente na indústria automotiva, utilizou etanol para alimentar um motor a combustão.[1] [2]

Seu uso era majoritariamente ligado à iluminação, mas foi reduzido por conta da taxação do etanol como bebida alcoólica nos Estados Unidos para financiar os esforços da Guerra Civil Americana. Em 1894, na Alemanha, pesquisadores tentaram empregar álcool combustível em automóveis. Em 1896, Henry Ford construiu seu primeiro automóvel, o quadriciclo, que funcionava com um motor a etanol puro. Em 1899 em Paris, ocorreu a primeira corrida de automóveis alimentados a álcool, chamando a atenção de diversos pesquisadores e destiladores.[2] [3]

Em 1906, após 50 anos da taxação para os esforços de guerra, o congresso Americano removeu o imposto sobre o etanol, tornando-o uma alternativa viável em relação à gasolina como combustível.[2] Porém, os derivados de petróleo haviam começado a ser utilizados em motores a combustão e, por serem baratos e abundantes, ultrapassaram o etanol como fonte de energia.[3]

Dois anos depois, a Ford lança o Modelo T, o primeiro carro a ser produzido em linha de produção, revolucionando e popularizando a indústria automotiva. Este foi planejado para ter um motor que funcionaria apenas com etanol, porém, com o preço do petróleo em queda, recebeu um motor flexível, que aceitava tanto etanol quanto gasolina.[2] [4]

Durante a Primeira Guerra Mundial (1914-1918), a demanda por álcool combustível voltou a aumentar, chegando a 50-60 milhões de galões por ano.[2] Na França, os veículos militares estavam equipados para uso de etanol, por receio de uma crise de fornecimento de gasolina.[3] Após a guerra, a gasolina voltou a ser o combustível de preferência, porém, misturas com etanol começaram a ser utilizadas para aumentar o grau de octanagem e reduzir a chance de auto-ignição.[2]

O uso do etanol voltou a aumentar mais uma vez na Segunda Guerra Mundial (1939-1945) por conta da alta demanda por combustível, apesar da maior parte da demanda de etanol ser para usos não relacionados à guerra. Após o fim da guerra, mais uma vez a demanda por etanol reduz drasticamente e a gasolina volta a tomar a dianteira das fontes de energia, virtualmente não existindo motores a álcool combustível nos Estados Unidos.[2]

Porém, esse cenário viria a mudar drasticamente nos próximos anos. Em 1960 foi criada

a OPEP, Organização dos Países Exportadores de Petróleo, com o intuito de proteger os rendimentos dos países produtores, já que a maior parte dos lucros astronômicos ficavam nas mãos das empresas petrolíferas, que forçavam os preços a serem extremamente baixos.[5] Em 1973, forças Egípcias e Sírias atacam Israel para retomar territórios que haviam sido anexados durante a Guerra dos Seis Dias, iniciando a Guerra do Yom Kippur.[6] Em retaliação aos países que apoiaram Israel, a OPEP, formada majoritariamente por países árabes, decretou boicote a quem apoiasse a política israelense no Oriente Médio (dentre eles Estados Unidos), cortaram suas produções em 25% e fixaram o preço do barril de petróleo, anteriormente US\$ 3, em US\$ 11,60.[7]

O embargo afetou drasticamente as economias dos países capitalistas, expondo a enorme dependência da matriz energética destes pelo petróleo. Como a maior parte da produção continuava em mãos árabes, a necessidade de diversificação da matriz energética se mostrou fundamental.

2.2 Brasil

A história do Brasil com o álcool combustível começa no início do século XX. Após séculos tendo uma forte agroindústria canavieira, a cana-de-açúcar se tornou a principal escolha para a produção de etanol no Brasil. Entre 1905 e 1920, houveram diversas tentativas de promover o álcool a partir de cana como combustível por parte da agroindústria. Em 1927, a Usina Serro Grande de Alagoas lançou um combustível chamado USGA (composto por 75% álcool e 25% éter), sendo copiado pelas principais regiões canavieiras do país (São Paulo, Rio de Janeiro, Pernambuco e o próprio Alagoas). No fim da década de 1920, a Estação Experimental de Combustíveis e Minérios, atual Instituto Nacional de Tecnologia (INT), fez experimentos com motores a álcool testados em um Ford de 4 cilindradas.[3] [8]

Em 1931, o governo brasileiro tornou obrigatório que a gasolina importada consumida pelo país tivesse uma mistura de 5% de álcool. Em 1993 foi criado o Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA), financiando destilarias anexas às usinas de açúcar, estabelecendo as bases para o aumento da produção sucroalcooleira nacional. Em 1938, o obrigatoriedade de 5% de álcool na gasolina se estendeu à produção nacional por conta da implementação da primeira refinaria nacional de petróleo.[8]

Entre 1942 e 1946, pelas dificuldades de abastecimento e demanda energética causadas pela Segunda Guerra Mundial, a mistura de álcool na gasolina chegou a alcançar 42%. [8]

Porém, após a guerra, o álcool combustível perdeu a sua importância como fonte de energia, seguindo a tendência internacional. O percentual de etanol na gasolina foi reduzido, atingindo, no início da década de 1970, 2,9% em todo o país e 7% na cidade de São Paulo.[8]

2.3 Pró-Álcool

A crise do petróleo afetou drasticamente a economia dependente de combustíveis fósseis do Brasil. Desemprego, inflação e uma grande desaceleração do desenvolvimento nacional foram vistos nos meses seguintes à subida de preço do petróleo.[3]

Porém, por conta da sua disponibilidade de solo, água, luminosidade solar e mão-de-obra, o Brasil tinha um grande potencial de produzir álcool combustível e torná-lo em um modo de aliviar a dependência energética da gasolina. Despertando a atenção do governo brasileiro, foram criados incentivos à produção de etanol pela cana-de-açúcar e acionados centros de pesquisa.[3]

Em 1975, foi criado o Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool), visando oficialmente estimular a produção de álcool combustível para atender a demanda do mercado interno e externo de combustíveis automotivos. De acordo com o decreto, a produção de álcool via biomassa (cana-de-açúcar, mandioca, etc.) deveria ser incentivada pela expansão da oferta das matérias primas, por meio da expansão da produção agrícola, modernização e ampliação das destilarias existentes e instalação de novas unidades produtoras, anexas a usinas ou autônomas, e unidade armazenadoras.[9]

A opção por cana-de-açúcar para biomassa do etanol se deu principalmente pelo fato de o preço do açúcar ter declinado nos anos anteriores, possibilitando alocar parte da oferta de cana-de-açúcar para outros fins.[3] [9]

Houveram cinco fases do Pró-Álcool. Na primeira, de 1975 a 1979, o foco foi na produção de álcool anidro para a mistura com gasolina, para que houvesse uma diminuição da dependência da gasolina sem substituí-la por completo. Nesta fase, o esforço principal coube às destilarias e a produção alcooleira cresceu exponencialmente.[9] Em 1978, após anos de pesquisa, os primeiros carros movidos exclusivamente a álcool chegaram ao mercado.[10]

A segunda fase, de 1980 a 1986, foi a de afirmação. A segunda fase da crise do petróleo fez com que o preço do barril triplicasse em um cenário que 46% das importações brasileiras eram representadas por petróleo. O governo, então, resolveu adotar medidas para acelerar o Pró-Álcool. Foram criadas instituições com este intuito, como o Conselho Nacional do Álcool (CNAL) e a Comissão Executiva Nacional do Álcool (CENAL). A produção de álcool atingiu de 12,3 bilhões de litros em 1986, sendo a maior produção da história brasileira e superando em 15% a meta inicial do governo de 10,7 bilhões de litros/ano para o fim do período.[9] A proporção de carros a álcool em relação à frota brasileira produzidos no país aumentou de 0,46% em 1979 para 26,8% em 1980, atingindo 76,1% em 1986.[10]

A terceira fase se deu entre 1986 e 1995, onde houve a estagnação. O mercado petrolífero mundial se recupera e o preço do barril de óleo bruto cai praticamente pela metade. Esse período, chamado de "contra-choque do petróleo", coloca em dúvida as políticas de subs-

tituição de combustíveis fósseis, afetando diretamente o Pró-Álcool. Os investimentos nos programas de estímulo a fontes energéticas alternativas caem, principalmente a partir de 1988 com uma escassez de recursos públicos, levando a uma redução forte nos projetos direcionados ao álcool combustível.[9]

O preço do álcool foi mantido relativamente atrativo em relação à gasolina e estímulos fiscais a automóveis movidos a etanol se mantiveram por algum tempo, resultando em uma manutenção da demanda interna do mercado consumidor. Porém, a crise de abastecimento de álcool no fim dos anos 80, apesar de efêmera, afetou a credibilidade do Pró-Álcool, que, juntamente com a redução de estímulos, provocou, nos anos seguintes, uma redução considerável da demanda e das vendas de automóveis movidos a etanol.[9]

Outros fatores também contribuíram para a redução da produção de veículos a álcool. A indústria automobilística passou a padronizar mundialmente a produção de motores, usando geralmente modelos à gasolina. No início da década de 1990 no Brasil, também houve a liberação das importações de veículos automotivos, que possuíam motores exclusivamente a gasolina e diesel, e, ainda, a introdução da política de incentivos para o “carro popular”, de até 1000 cilindradas, desenvolvido para ser movido a gasolina.[10]

De 1995 a 2000, a estrutura do Pró-Álcool foi mais bem definida, já que o álcool combustível, tanto anidro quanto hidratado, encontravam-se liberados para produção em todas as suas fases de produção, distribuição e revenda, com os preços sendo determinados pela oferta e demanda do mercado. Como o aspecto internacional estava favorecido, foi criado, em 1997, o Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool (CIMA), com o intuito de favorecer o indústria sucroalcooleira. Em 1998, o governo elevou o percentual de adição de álcool etílico anidro combustível à gasolina obrigatório em 22% em todo o território nacional até o limite de 24%. [9]

No século XXI, o Brasil procurou expandir os seus canaviais para aumentar a oferta de álcool combustível. Não há mais plantações de cana-de-açúcar apenas em regiões tradicionais, expandindo-se do interior paulista para o Nordeste e cerrados. No entanto, esse novo cenário não é mais impulsionado pelo governo, como no Pró-Álcool, tendo a iniciativa privada como o maior impulsionador das decisões em ampliação e construções de novas usinas, de olho no prospecto de que a importância do álcool na matriz energética brasileira e mundial venha a crescer.[9]

2.4 Etanol de milho

Apesar do domínio da cana-de-açúcar como biomassa para produção de etanol, outras fontes são encontradas no Brasil, como o milho. Apesar dos entraves logísticos, que o fazem ter desvantagens em relação à cana-de-açúcar, sua produção vem crescendo nos últimos

anos.[11]

O Brasil é o maior consumidor de etanol do mundo, muito por conta do amplo uso de carros flex (com possibilidade de rodar a gasolina ou a etanol), mas, apesar de ter maior parte das suas necessidades satisfeitas internamente, ainda tem que importar etanol, principalmente dos EUA. Essa falta de oferta, somado ao aumento da demanda, tem impulsionado novas oportunidades energéticas, como o etanol de milho.[11]

Até alguns anos atrás a produção de milho no Brasil era concentrada na safra do verão e na região Sul, onde o milho tinha um preço maior que no Centro-Oeste. Lá, a proximidade com o porto facilitava a exportação, voltada principalmente para o mercado de ração por conta do baixo custo logístico de exportação. Porém, com o tempo a viabilidade econômica se mostrou bem maior na região Centro-Oeste e na safrinha (safra de inverno).[11]

O Brasil atualmente é superavitário na produção de milho, indicando que há a possibilidade da utilização de parte da oferta para outros fins. O estado do Mato Grosso é o líder nacional da produção de etanol de milho, principalmente por possuir a maior safra deste grão dentre os estados brasileiros e possuir um dos preços mais competitivos.[11]

O setor sucroenergético vê com bons olhos a nova fonte de biomassa para o etanol, já que é mais uma forma de atender às demanda em determinadas regiões e por possuir especificações similares, desde que não haja políticas de incentivo diferentes que debilite um dos lados. Já o mercado analisa que há potencial para esse setor, já que para o produtor de etanol a diversificação da matéria prima traz redução de riscos climáticos, enquanto para o produtor há diversificação da receita, diminuindo riscos operacionais.[11]

Apesar de se mostrar competitiva, a produção de etanol por milho não deve vir a substituir a cana. Há características similares e a possibilidade de produção em usinas flex (usinas de etanol que aceitam cana e milho), que utilizam a mesma energia e o mesmo vapor, porém a logística ainda é um desafio enorme e os processos de fermentação e destilação não são exatamente os mesmos. Além disso, a produção pelo milho necessita de uma fonte de energia primária, enquanto a cana dispõe da queima do bagaço.[11]

3 Produção de Etanol por Milho

Os processos pelos quais a biomassa de milho passa para se tornar etanol combustível são a fermentação, destilação e tratamento químico. Antes da fermentação, as sementes de milho são tratadas em um processo chamado de moagem. Este, pode se dar de duas formas: a moagem seca e úmida. [12] [13]

Na moagem seca, as sementes de milho são moídas até se transformarem em um pó, que entra no processo de fermentação. Esse é o processo mais simples e menos versátil, porém que requer o menor investimento de capital e é utilizado para diversos outros fins, como alimentação animal e produção de óleo de milho. [12] [13]

Já na moagem úmida, o processo é mais complexo visando extrair o máximo de cada componente. Primeiramente as sementes são mergulhadas em tanques contendo solução de dióxido sulfúrico. Após amolecerem, são processadas para remoção do gérmen, do qual se extrai óleo de alto valor e o restante do gérmen é utilizado para alimentação animal. Os outros componentes da semente são averiguados para remoção de fibras, a qual é combinado com outros componentes para produção de Glúten. O amido e glúten restantes são então separados em uma centrífuga, produzindo um produto rico em proteína do glúten e uma corrente de amido, o qual é utilizado na produção de etanol. [12] [13]

O processo de moagem úmida requer muito mais investimento, tanto para a instalação quando para o mantimento, e também permite uma gama muito maior de produtos derivados do milho. No entanto, geralmente a quantidade de etanol que se consegue produzir com esse processo é menor, já que parte do amido disponível acaba se perdendo em alguns co-produtos. [13]

Em anos recentes, alterações no processo de moagem seca foram produzidos para reduzir a quantidade de componentes que não fermentam da semente de milho. Os resultados variaram em sucesso, produzindo co-produtos com menor pureza que a moagem úmida, e com um aproveitamento intermediário do amido da semente para produção de etanol. [13]

Após a moagem, são adicionadas ao produto enzimas para transformar o amido do milho em glicose, permitindo que seja fermentado por meio de adição de leveduras. O etanol produzido é então separado dos sólidos e, por meio da destilação, separado da água para atingir o grau de pureza necessário. [12]

4 Mercado de Etanol

O etanol como biocombustível tem duas facetas dentro do consumo de combustíveis do Ciclo Otto, que engloba a gasolina e etanol e representa tipicamente a maior parte do consumo de combustíveis para veículos de passeio. A primeira é sendo utilizado diretamente como combustíveis nos automóveis, a partir do etanol hidratado, conhecidamente disponível em postos de combustíveis para abastecimento de carros *flex* no Brasil. Entretanto, há outra forma menos visível do consumo de etanol no qual etanol anidro é adicionado à Gasolina A, atualmente em 27% no Brasil [15].

Em 2018, a demanda de etanol no Brasil girou acima dos 30 bilhões de litros, sendo desses, mais de 19 bilhões de etanol hidratado [19]. O biocombustível compete diretamente com a gasolina, devido a uma forte disseminação de carros do tipo *flex* no país, que podem ser abastecidos com um ou outro combustível. Assim, parte importante da dinâmica de mercado do etanol é relacionada diretamente a gasolina e consequentemente ao petróleo. Tanto preço quanto volume do combustível é ligado à demanda de gasolina.

Outro ponto importante do mercado de etanol no Brasil é a forte variação de preços entre localidades, principalmente gerada por uma variação de impostos e proximidade aos centros produtores. Assim, além de ter a maior população e maior consumo de combustíveis, São Paulo é o mais importante estado consumidor de etanol devido a incentivos fiscais na região, quando comparado com outros estados próximos como Rio de Janeiro.

É importante apontar também, que apesar de ser o segundo maior produtor global de etanol, o Brasil é ainda um importador líquido do biocombustível, tendo importado mais de 1,7 bilhões de litros em 2018. A maior parte dessas importações vem dos Estados Unidos e é direcionada ao Nordeste brasileiro [22]. Há inclusive uma cota de importações livres de impostos de 750 milhões de litros, focada, agora após uma recente reforma, na entre-safra da cana.

A safra da cana é um fator importante da produção de etanol no Brasil. A produção do biocombustível se inicia em Abril e segue até o final de Dezembro [20], seguindo a safra do Centro-Sul, região produtora mais importante do país. Assim, a armazenagem possui um importante fator em se considerar as dinâmicas do etanol. Estoques de etanol tendem a atingir seu pico anual entre Outubro e Dezembro e atingir seus menores valores em Abril quando a nova safra se inicia. Nos últimos anos estoques têm atingido níveis recordes quando comparados às médias históricas, principalmente devido a safras mais alcooleiras, em detrimento da produção de açúcar.

A maior parte do etanol produzido no Brasil tem como matéria prima a cana de açúcar e sua produção compete diretamente com o açúcar, existindo certa flexibilidade entre a

porcentagem de cada produto que cada usina pode produzir. Assim, preços baixos de açúcar implicam em um aumento da produção de etanol, dinâmica que tem sido vista nos últimos anos, com cerca de 10 milhões de toneladas de açúcar deixando de serem produzidas para dar espaço a produção de etanol [21].

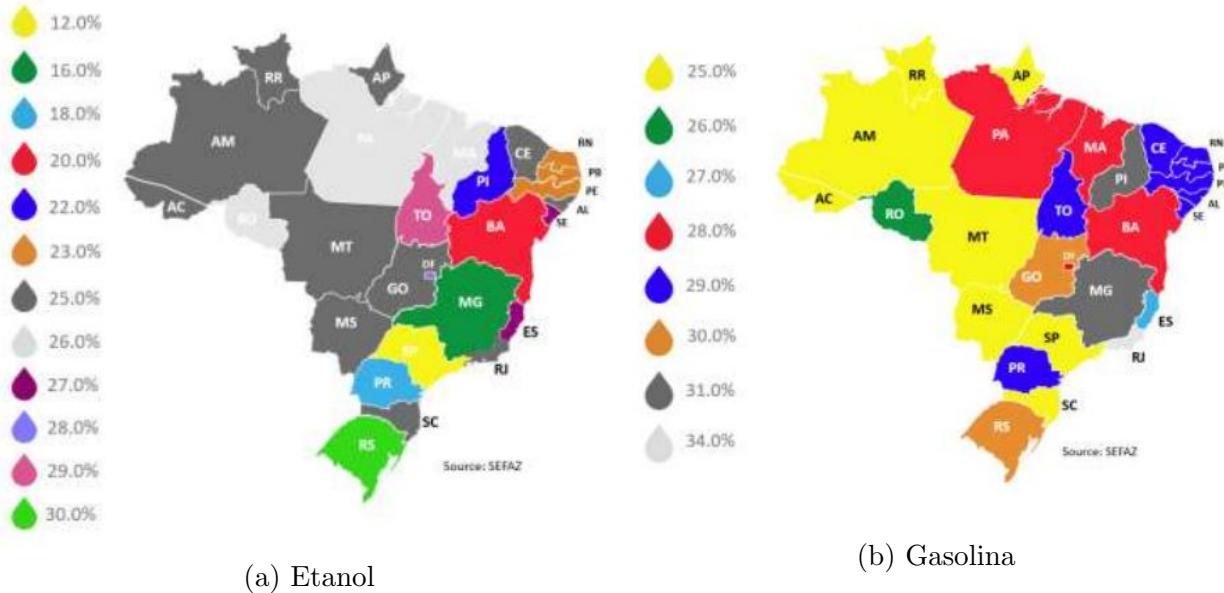
Dado todas as condições citadas, principalmente a demanda aquecida do mercado brasileiro e o possível aumento do consumo global de etanol, novas iniciativas para produção de etanol a partir de milho tem tomado conta do mercado. Em 2018, a produção de etanol de milho atingiu 791 milhões de litros, aumentando em 50% quando comparado com a safra 2017 [26].

4.1 Situação fiscal no Brasil

O etanol, como diversos outros produtos no Brasil, tem uma tributação bastante complexa que impacta diretamente nas dinâmicas de consumo, tendo uma forte relação com as áreas produtoras e maiores polos consumidores.

Impostos sobre o etanol são cobrados em múltiplas etapas da cadeia de comercialização com os impostos estaduais variando consideravelmente entre diferentes estados. O ICMS vai de 12% no estado de São Paulo até 30% no Rio Grande do Sul, sendo parte do motivo do preço na bomba variar drasticamente entre estados, como visto na imagem 1a.

Figura 1: ICMS por Estado para Etanol e Gasolina [22]



Fonte: USDA - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, Biofuels Annual - Brazil (2019)

O etanol também sofre de intensa sonegação fiscal, com estimativas do mercado indicando que em 2018 cerca de R\$3,8 bilhões teriam sido sonegados [23]. Parte do problema seria a cobrança em múltiplas etapas da cadeia (produtores e distribuidoras), logo uma possível solução poderia ser a taxação apenas nas usinas, projeto já em discussão no legislativo nacional. Entretanto, a proposta gera outras questões, como qual ICMS seria aplicado e quando mudanças de estado entre a produção do biocombustível e sua comercialização poderiam ser cobrados, o que leva a discussões esperando uma única tarifa para o ICMS para o etanol, algo pouco apoiado pelo setor, uma vez que São Paulo, estado com maior consumo de etanol possui também o menor ICMS, logo, qualquer normalização que levasse em conta alguma média nacional ou outro parâmetro similar poderia prejudicar os produtores e consumidores do estado.

Particularmente para projetos de etanol de milho, é importante entender a importância que incentivos fiscais tem para esses projetos. Recentemente um dos projetos que tem desempenhado no setor é o projeto da São Martinho em Goiás [25], com o mercado esperando que incentivos fiscais sejam parte importante do valor adicionado a companhia pelo projeto. Entretanto, apesar de legisladores do estado considerarem retirar os incentivos a produção de etanol do estado, o setor representa quase 30% da economia do estado e possui 4 projetos do tipo que poderiam sofrer impacto considerável caso os incentivos fossem revogados, impactando o desenvolvimento econômico do estado.

4.2 RenovaBio

Dada novas políticas e uma mudança de cultura com viés mais ambientalista, a indústria e o governo promoveram um novo projeto de incentivo a produção e consumo de etanol, em detrimento de produtos derivados de petróleo. Tal programa é o RenovaBio, previsto para se iniciar no final de Dezembro de 2019 e entrar em pleno funcionamento durante 2020.

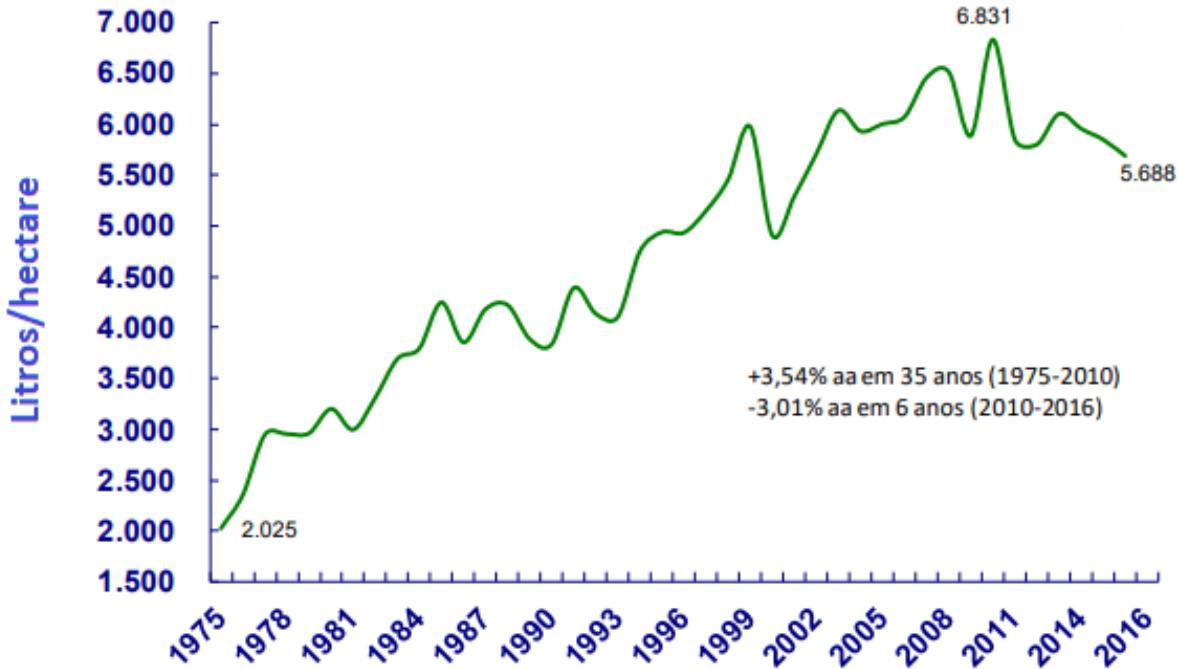
O programa pretende permitir para a emissão de CBios (certificados similares a créditos de carbono) por produtores de biocombustíveis que devem então ser adquiridos e expirados por distribuidoras de combustíveis em proporção com a quantidade de combustíveis derivados de petróleo vendida por elas. Dessa forma, os produtores de etanol receberiam um incentivo para produção de etanol, enquanto distribuidoras e consumidores teriam um obstáculo adicional no preço da gasolina que incentivasse o consumo de etanol.

Um CBio corresponde a uma tonelada de gás carbônico equivalente retirada da atmosfera pela produção e consumo de etanol quando comparado com combustíveis fósseis. A emissão por produtores leva em conta a eficiência tanto da cultura quanto da operação industrial.

Dada as características do programa, de premiar tanto a produtividade quanto a produção de etanol, há um incentivo para maior produção e consequente maior disponibilidade de etanol

para os consumidores, bem como um aumento na produtividade da indústria, que sofre desde o início mais relevante do avanço da mecanização da safra nos anos 2000 [24], como visto na imagem 2.

Figura 2: Produtividade da produção de etanol em Litros por hectare [24]



Fonte: Nota Explicativa sobre a Proposta de Criação da Política Nacional de Biocombustíveis (2016)

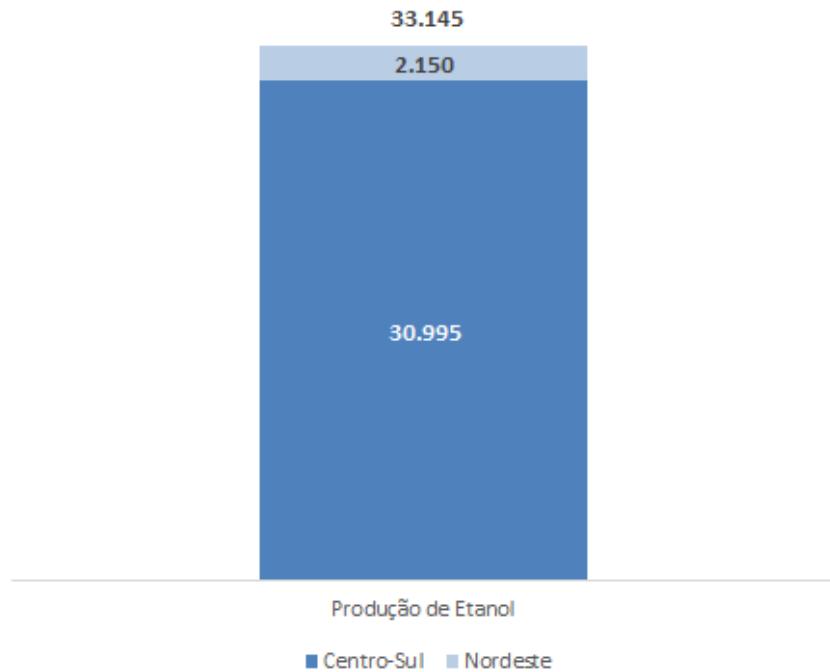
Assim, projetos de etanol de milho têm um incentivo adicional de poderem ser certificados para emissão de CBios, que resultaria em receita adicional para esses produtores. Algumas plantas de outros biocombustíveis, como biodiesel, já estão certificadas para o programa, bem como algumas usinas de etanol, e devem iniciar emissão de CBios.

Logo, plantas de etanol de milho devem encarar o RenovaBio como um possível bônus a ser considerado, entretanto, o real impacto do programa só será fielmente entendido após o início da operação dessas usinas para uma possível certificação para emissão de CBios. Também não se sabe o preço pelo qual esses títulos serão comercializados, logo, qualquer estimativa deve ser considerada como risco positivo.

4.3 Produção

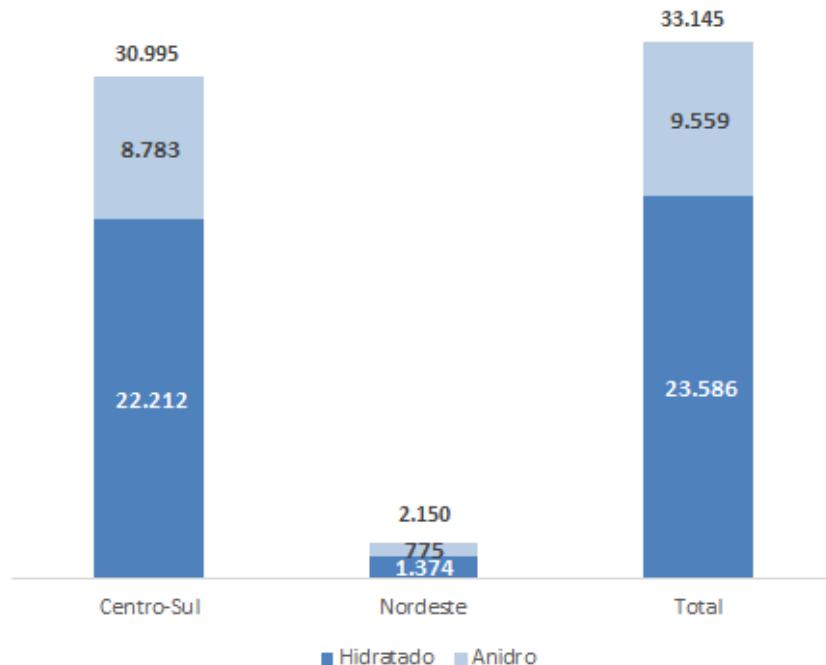
A produção de etanol no Brasil segue dois polos, com safras levemente distintas. O primeiro é o da região Centro-Sul, região produtora mais importante do país e o segundo o da região Nordeste. A produção total de etanol no país girou em torno de 33 bilhões de litros em 2018 [20], dos quais quase 31 bilhões foram produzidos no Centro-Sul e o restante no Nordeste, como visto nas figuras 3 e 4.

Figura 3: Produção de etanol em milhões de litros por região [20]



Fonte: Novacana (2019)

Figura 4: Produção de etanol em milhões de litros por tipo [20]



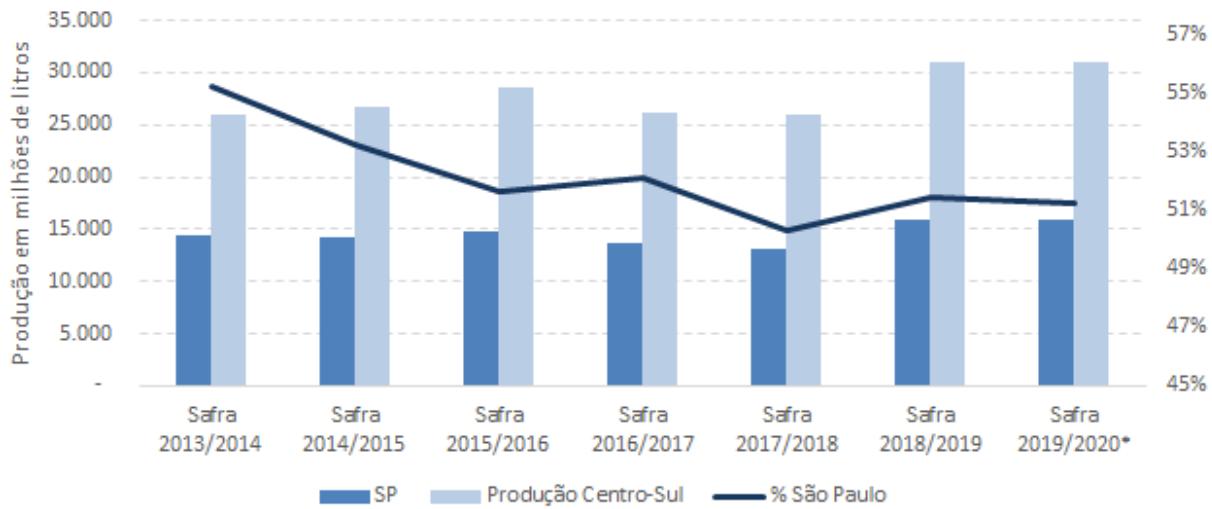
Fonte: Novacana (2019)

Particularmente, a produção de etanol a partir do milho atingiu uma produção de cerca de 791 milhões de litros na safra 2018/19, aumentando em 50% o atingido na safra anterior [26]. Isso foi atingido com produção por 8 plantas no Centro-Sul.

4.3.1 Geografia

A produção de etanol se encontra majoritariamente no Centro-Sul, com a expressiva maior parte da produção histórica. Dentro do Centro-Sul estão incluídos os estados de São Paulo, Goias, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná, Mato Grosso, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Entretanto, mesmo dentro do Centro-Sul, São Paulo desponta tendo produzido mais da metade da produção da região na safra 2018/19, como mostrado no gráfico da figura 5.

Figura 5: Produção de etanol em milhões de litros da Região Centro-Sul [20]



Fonte: Novacana (2019)

*Safra 2019/20 inclui até 16/11/2019

4.3.2 Produtores

Algumas empresas se destacam estando entre as maiores e mais rentáveis produtoras de etanol e açúcar no país, principalmente a Raízen Energia (do grupo Cosan) e a São Martinho. Entretanto, algumas outras também possuem significativa capacidade de produção, como a Atvos e a BP.

Tabela 1: 11 Usinas com maior capacidade de produção de etanol [20]

Usina - Estado	Capacidade Etanol Anidro	Capacidade Etanol Hidratado	Capacidade Total
Raízen - Unidade Da Barra - SP	1.710	2.200	3.910
São Martinho - Usina São Martinho - SP	1.700	2.190	3.890
Bp Biocombustíveis - Unidade Tropical - GO	1.600	2.100	3.700
Raízen - Unidade Caarapó - MS	1.540	2.100	3.640
Atvos - Unidade Santa Luzia - MS	900	2.700	3.600
Grupo Pedra Agroindustrial- Unidade Ipê - SP	1.300	2.000	3.300
Atvos - Unidade Morro Vermelho - GO	1.500	1.700	3.200
Atvos - Unidade Alto Taquari - MT	1.500	1.700	3.200
Usinas Itamarati - Usina Itamarati - MT	1.460	1.565	3.025
Atvos - Unidade Rio Claro - GO	1.200	1.800	3.000
São Martinho - Usina Boa Vista - GO	500	2.400	2.900

Fonte: Novacana (2019)

Parte da indústria entretanto sofre de problemas financeiros, de governança e de falta de boas práticas comerciais. Do lado financeiro, várias empresas do setor, como a própria Atvos, sofrem por entrarem em recuperação judicial e com escândalos de corrupção [27].

Assim, o crescimento da produção de etanol tem em parte sido negligenciado por empresas com pouco capital para investir, ou por operações pouco eficientes e profissionais. Há um grande potencial de crescimento da produtividade no setor, porém a indústria possui empresas como São Martinho e Raízen em uma ponta, com alta produtividade, capitalizadas e com responsabilidade com seus investidores, e do outro empresas pouco profissionalizadas, com práticas antiquadas de administração e controle da produção, diminuindo a média de eficiência do setor.

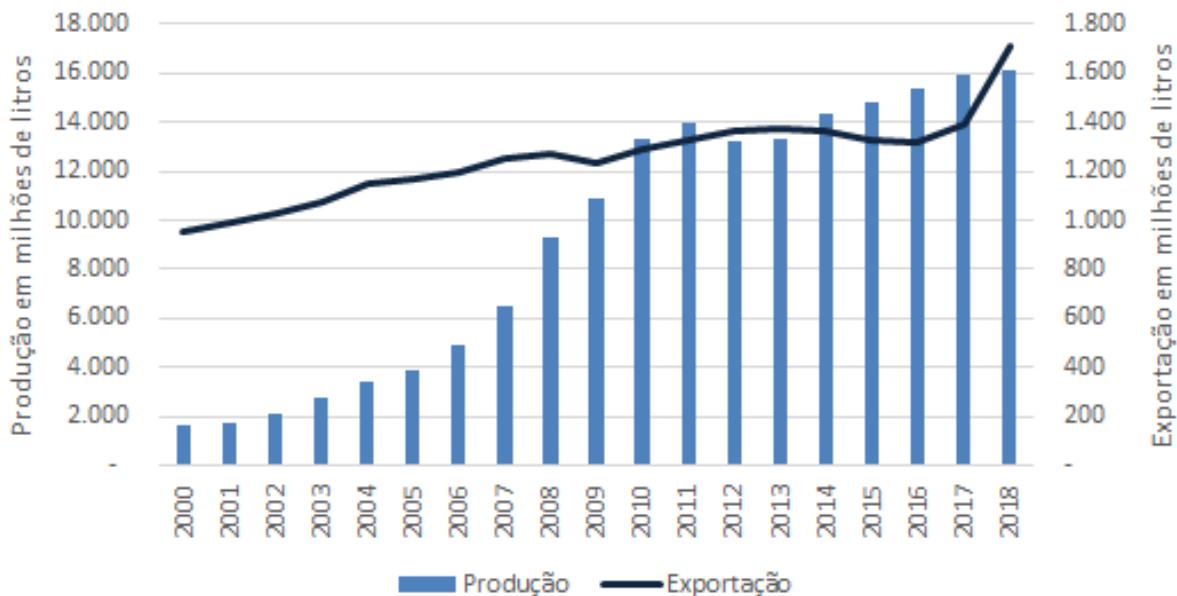
O crescimento da produção de etanol de milho passa também por uma maior eficiência das operações industriais do setor. Por ora, relatos da indústria indicam que a produção de etanol a partir da cana tem maior espaço para crescimento de eficiência na plantação. Logo, produções de etanol a partir do milho, altamente *comoditizado* e disponível no setor, podem

imprimir eficiência geral mais elevada do que a base de cana, dada um processo de plantio mais voltado para grande escala com foco em baixos custos do grão para exportação.

4.3.3 Importação e exportação

Apesar de ser o maior produtor mundial de etanol, o Brasil é um importador líquido do combustível, importando principalmente dos Estados Unidos, grande produtor de etanol de milho, como visto no gráfico da figura 6.

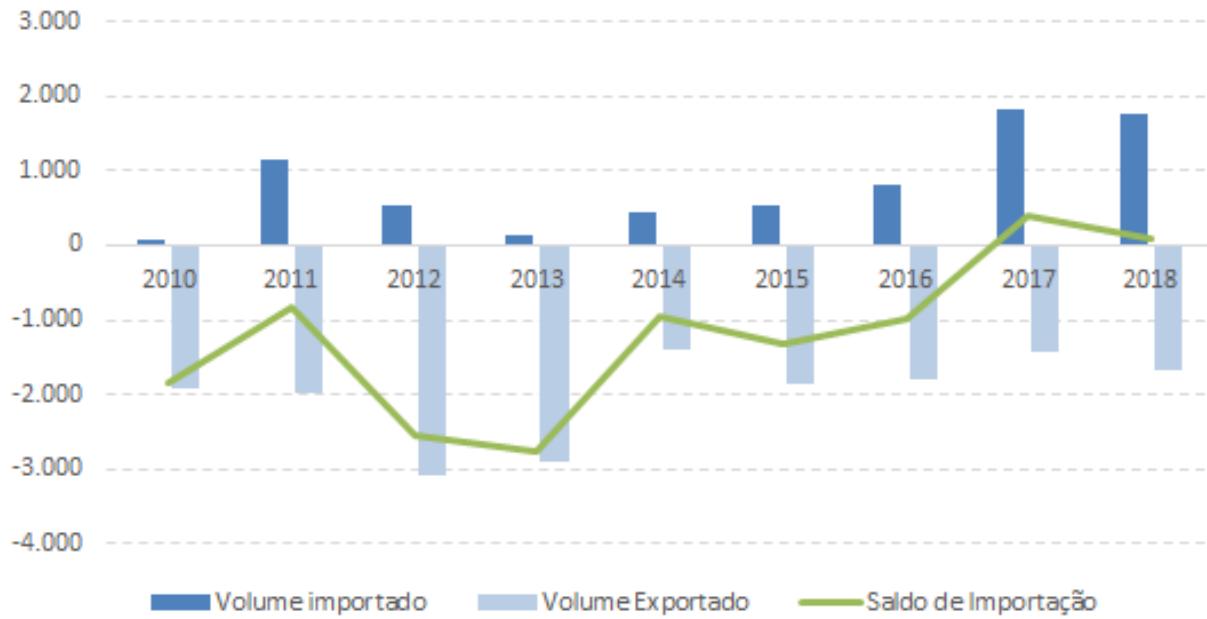
Figura 6: Produção de etanol em milhões de litros nos Estados Unidos [28]



Fonte: USDA - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos; U.S. Bioenergy Statistics (2019)

O Brasil recentemente promulgou uma nova quota para importação de etanol livre de impostos em 750 milhões de litros. Apesar de objeções de parte do setor, principalmente de produtores do Nordeste, o consumidor final é beneficiado por essa medida, uma vez que o país tem necessitado dessas importações para suprir sua demanda interna nos últimos anos. Pode-se observar o balanço entre exportação e importação brasileira na figura 7.

Figura 7: Balanço de exportação e importação [20]



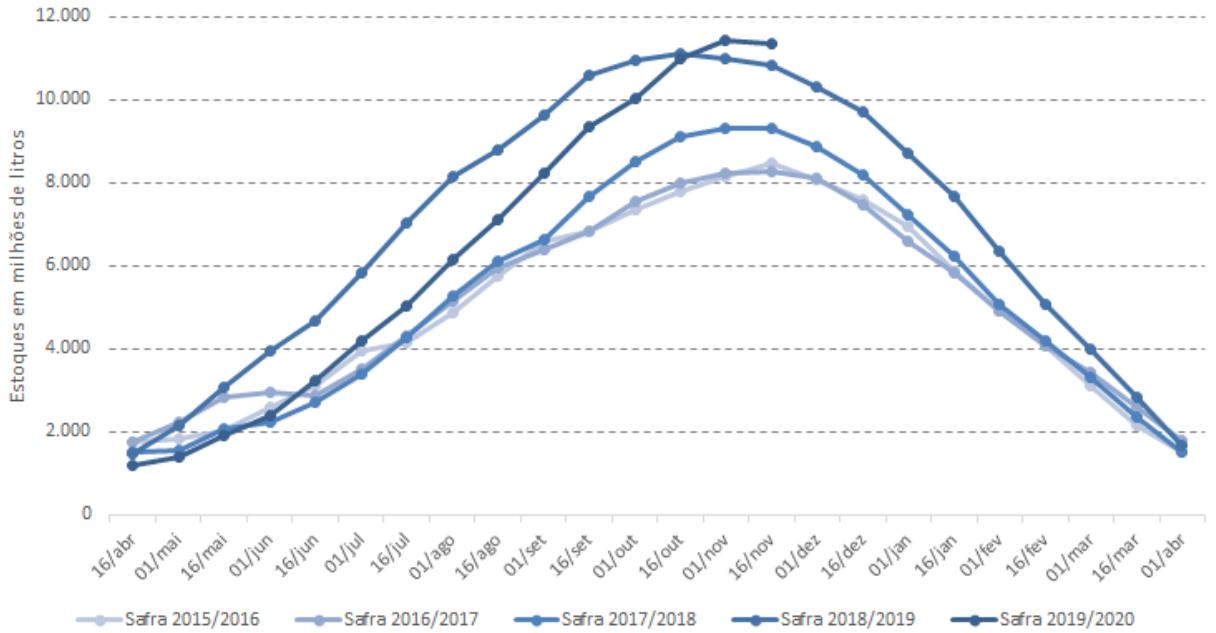
Fonte: Novacana (2019)

Apesar de um balanço que não demostre precisamente essa necessidade de importações, a maior parte de importações no país vai para a região Nordeste, enquanto a maior parte das exportações sai do Sudeste, sendo, em algumas circunstâncias, mais vantajoso a importação de etanol dos Estados Unidos do que o transporte do Sudeste para Nordeste.

4.3.4 Sazonalidade

Uma das grandes questões quando se trata da produção de etanol a partir da cana é a sua sazonalidade. A cana deve ser processada saindo do campo, assim a produção de etanol é intimamente ligada à safra da cana. Em compensação, a demanda por combustíveis do Ciclo Otto não apresenta grandes variações durante o ano. Assim, produtores fazem grandes estoques durante a safra para suprir a demanda durante a entre-safra e também aproveitando para vender o combustível quando não há produção, que em teoria, traria preços melhores para o combustível.

Os estoques nos produtores podem ser observados no gráfico da figura 8, mostrando a alta sazonalidade dos mesmos, atingindo seu pico entre outubro e dezembro.

Figura 8: Estoques em *mil m³* [20]

Fonte: Novacana (2019)

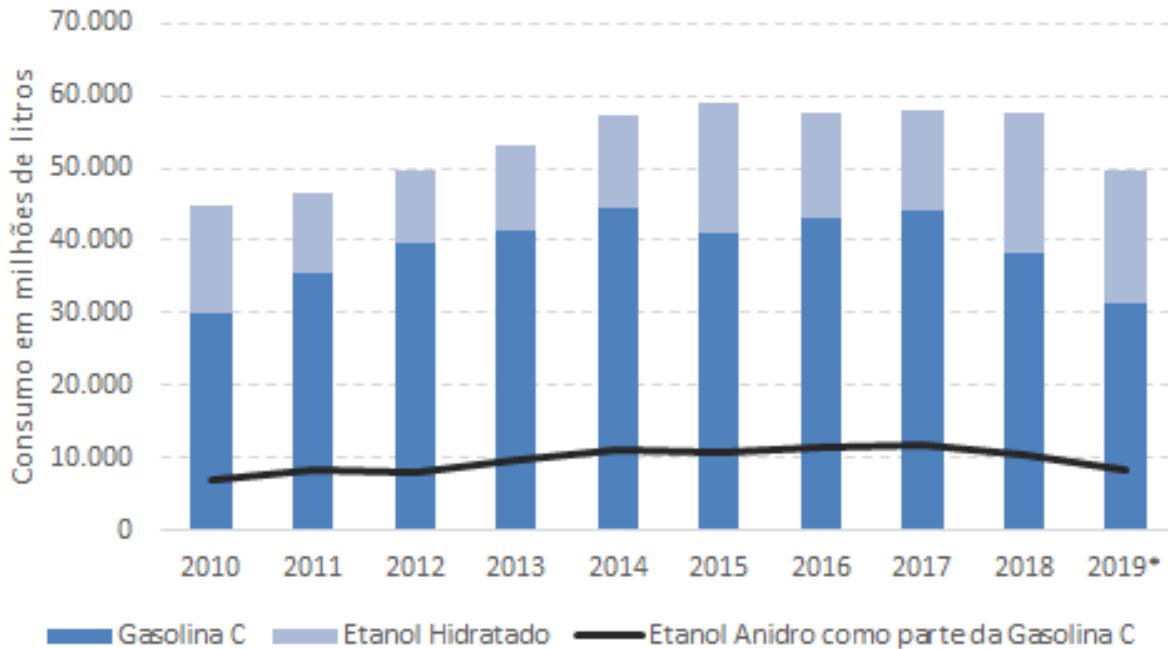
O milho entretanto, de armazenagem mas fácil poderia ser uma opção para produção de etanol na entre-safra. Se aproveitando de uma oferta menor durante esse período. Outra possibilidade são as chamadas usinas *flex*, que podem produzir etanol a partir de cana ou de milho, podendo assim utilizar da cana durante a safra desa e de milho durante a entre-safra, produzindo etanol o ano inteiro e não apenas durante a safra.

4.4 Demanda

A demanda de etanol como biocombustível tem duas facetas dentro do consumo de combustíveis do Ciclo Otto. A primeira é sendo utilizado diretamente como combustíveis nos automóveis, a partir do etanol hidratado, conhecidamente disponível em postos de combustíveis para abastecimento de carros *flex* no Brasil. Entretanto, há outra forma menos visível do consumo de etanol no qual etanol anidro é adicionado à Gasolina A, atualmente em 27% no Brasil [15].

O consumo de etanol em 2018 atingiu mais de 29 bilhões de litros, como visto no gráfico da figura 9. O consumo de combustíveis do Ciclo Otto se manteve razoavelmente constante, mas dadas perspectivas de melhora na economia para 2020 e 2021, é de se esperar que haja um aumento no consumo de combustíveis para carros de passeio nos próximos anos.

Figura 9: Demanda anual de combustíveis em *mil m³* [20]



Fonte: Novacana (2019) *2019 inclui demanda até o mês de outubro

4.4.1 Mistura de etanol na Gasolina

A mistura de etanol na Gasolina A, gerando a Gasolina C (disponível para consumo nos postos de gasolina), auxilia a minimizar a dependência brasileira de produtos derivados de petróleo com todas as suas implicações de volatilidade e interesses geopolíticos, bem como diminui o impacto ambiental do consumo de combustíveis. Como descrito, a adição de etanol à gasolina é, no Brasil, uma tendência observada a várias décadas. Entretanto, pelo mundo, esse cenário é menos comum.

Mais recentemente, países como Índia e China tem promovido a mistura de etanol na gasolina, motivadas pelo impacto ambiental, poluição atmosférica e potencial de produção de etanol não explorado nesses países. Com as maiores populações do mundo e um alto consumo de combustíveis, essa adição poderia trazer impactos significativos para como o mercado de etanol mundial funciona. Estimativas indicam que caso 10% de etanol fosse adicionado a mistura da gasolina na Índia, o consumo global poderia ser elevado em até 5 bilhões de litros do biocombustível [16]. Estimativas para caso a China consiga implementar a mesma porcentagem, dada uma nova lei que pretende atingir esse objetivo, indicam um aumento de cerca de 15 bilhões de litros de etanol no consumo mundial de etanol.

Enquanto isso, os Estados Unidos seguem na contramão, desagradando seus próprios

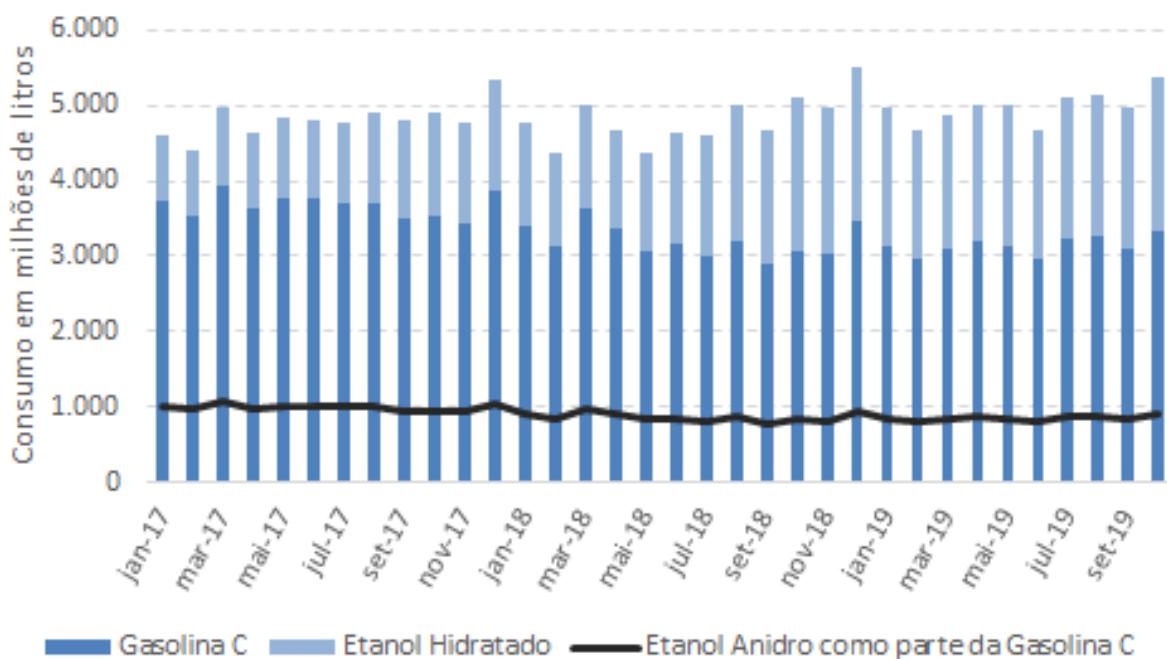
produtores de etanol, ao reduzir o número de refinarias obrigadas a implementar uma mistura mínima de etanol em sua gasolina [18]. A onda de redução dessa obrigatoriedade abriu portas para uma redução de demanda do biocombustível anidro em aproximadamente 15 bilhões de litros.

No Brasil, o consumo de etanol para essa finalidade girou em torno de 10 bilhões de litros em 2018 [19].

4.4.2 Sazonalidade

Como dito anteriormente, a demanda de combustíveis no país não possui forte sazonalidade como a encontrada em países europeus ou da América do Norte. Isso pode ser observado na série histórica de consumo de combustíveis no Brasil na figura 10.

Figura 10: Demanda mensal de combustíveis em *mil m³* [20]



Fonte: Novacana (2019)

Dado que a demanda é constante e a produção é fortemente sazonal, há a necessidade de alguma forma suprir a demanda na entre-safra da cana. Atualmente, isso é feito com estocagem, porém outra solução seria a produção de etanol a partir de milho durante a entre-safra da cana.

4.5 Atualidade

Como toda indústria e todo mercado, o mercado de etanol é suscetível a fatores externos que, por si só são imprevistos, logo é difícil sequer considerar possíveis externalidades a projetos. Um desses fatores que seriamente impactou a indústria e o mundo foi a pandemia de covid-19 no início de 2020 e crise nos preços de petróleo devido ao choque de demanda e oferta que se deu simultaneamente.

De forma geral, ambos fatores derrubaram os preços de etanol, seguindo reduções fortes no preço da gasolina praticados tanto internacionalmente quanto no mercado doméstico. É claro que fatores que afetem tão fortemente o preço do etanol terão um impacto na viabilidade econômica de projetos para produção de etanol de milho, porém, deve-se observar todo o projeto e vida útil de uma usina, procurando normalizar esses efeitos com projeções futuras de demanda e preços normalizados de efeitos adversos.

5 Balanço econômico

Para entender possíveis receitas e custos de um projeto, é importante entender quanto de produtos finais desejados são gerados a partir de uma determinada quantidade de matéria prima.

5.1 Proporções de produção

Para o caso de etanol de milho foi importante observar quais eram os *benchmarks* da indústria e quais projetos já estão ativos e podem ser usados como base para determinar eventuais proporções. Nesse sentido, dois projetos se destacam, ambos por terem produção relevante de etanol, alto consumo de milho e por terem divulgado as proporções para produção de etanol. Esses projetos são uma usina da Cerradinho Bio e o outro da FS Bioenergia.

5.1.1 Cerradinho Bio

Segundo site da própria empresa [29] e notícias divulgadas por meios especializados [30], é possível saber que o projeto consome, anualmente, 550 mil toneladas de milho, para produzir aproximadamente 230 milhões de litros de etanol, 5 mil toneladas de óleo de milho e 150 mil toneladas de DDGs (grãos secos por destilação).

Apesar de uma capacidade total que implica em determinado custo fixo, é importante observar qual a proporção de saída por quilograma de milho que é processado na planta, que pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros de produção da Cerradinho Bio

Entrada	Quantidade	Unidade	Proporção
Milho	500	k tons	
Saída			
Etanol	230	k m ³	0,46
DDG	150	k tons	0,30
Óleo	5	k tons	0,01

5.1.2 FS Bioenergia

Segundo site da própria empresa [31], é possível saber que o projeto consome, anualmente, 630 mil toneladas de milho, para produzir aproximadamente 265 milhões de litros de etanol, 7 mil toneladas de óleo de milho e 180 mil toneladas de DDGs.

Da mesma forma do que o visto para Cerradinho Bio, pode-se calcular a produção em termos de kg de milho processado, mostrado na tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros de produção da FS Bioenergia

Entrada	Quantidade	Unidade	Proporção
Milho	630	k tons	
Saída			
Etanol	265	k m3	0,42
DDG	180	k tons	0,29
Óleo	7	k tons	0,01

5.1.3 Literatura

A literatura também contribuiu com a análise do balanço possível, em linha com o observado de projetos brasileiros, com Rosentrater [32] apontando para uma produção de 0,43 litro de etanol e 0,32 quilograma de DDGs por quilograma de milho processado. Os resultados estão consolidados na tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros de produção segundo literatura

Entrada	Quantidade	Unidade	Proporção
Milho	25,4	kg	
Saída			
Etanol	11	l	0,43
DDG	8,2	kg	0,32
Óleo	0	-	0,0

5.1.4 Consolidação

Para os cálculos de lucratividade utilizou-se o consolidado na tabela 5, partindo de uma média entre as três fontes obtidas. Desconsiderou-se a produção de óleo por representar um ganho pequeno comparado ao resto da operação.

Tabela 5: Parâmetros de produção consolidados

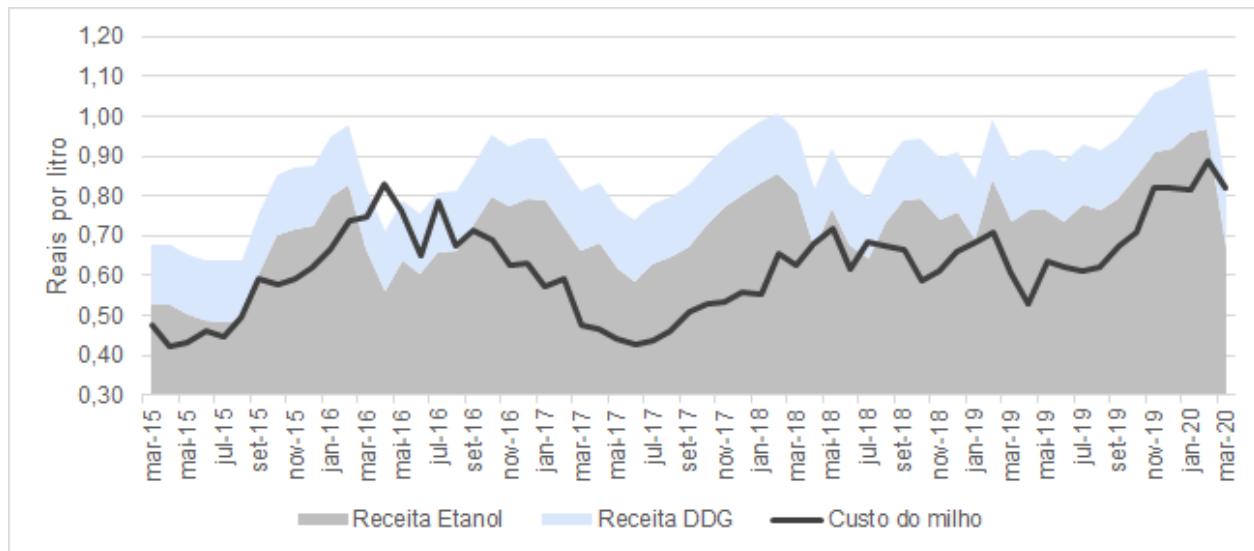
Entrada	Quantidade	Unidade	Proporção
Milho	-	kg	
Saída			
Etanol	-	l	0,44
DDG	-	kg	0,30
Óleo	-	-	0,0

5.2 Balanço econômico

Para entender a viabilidade econômica é importante entender a receita e custos associados ao projeto. Do lado de custos, tem-se o milho, que segundo estimativas da indústria, representa cerca de 85% dos custos totais (10% de utilidades, outras matérias primas, manutenção; 5% de gastos com pessoais, administrativos e de vendas). Para os preços de milho e etanol foi utilizado o contrato do primeiro vencimento de cada um dos produtos, segundo a BM&F, CCM1 para o milho e ETH1 para o etanol. Há vencimentos para o contrato de etanol todos os meses do ano, já para o milho, apenas em janeiro, março, maio, julho, agosto, setembro e novembro. Para o preço de DDG utilizou-se R\$0,50 por quilograma, em linha com o praticado pelo mercado internacional e brasileiro, apesar de atualmente haver pouca demanda doméstica devido a falta de disponibilidade do produto.

Inicialmente foi feito um balanço considerando-se apenas a receita proveniente da venda de etanol e do DDG, subtraída dos custos com milho. Desde 2015, em apenas dois meses o custo das matérias primas foi maior do que a receita: abril de 2016 e maio de 2020. Ambos os momentos podem ser tratados como *outliers*, uma vez que em abril de 2016 ocorreu o impeachment da então Presidenta Dilma e em março de 2020 o mundo passava pela pandemia de coronavírus.

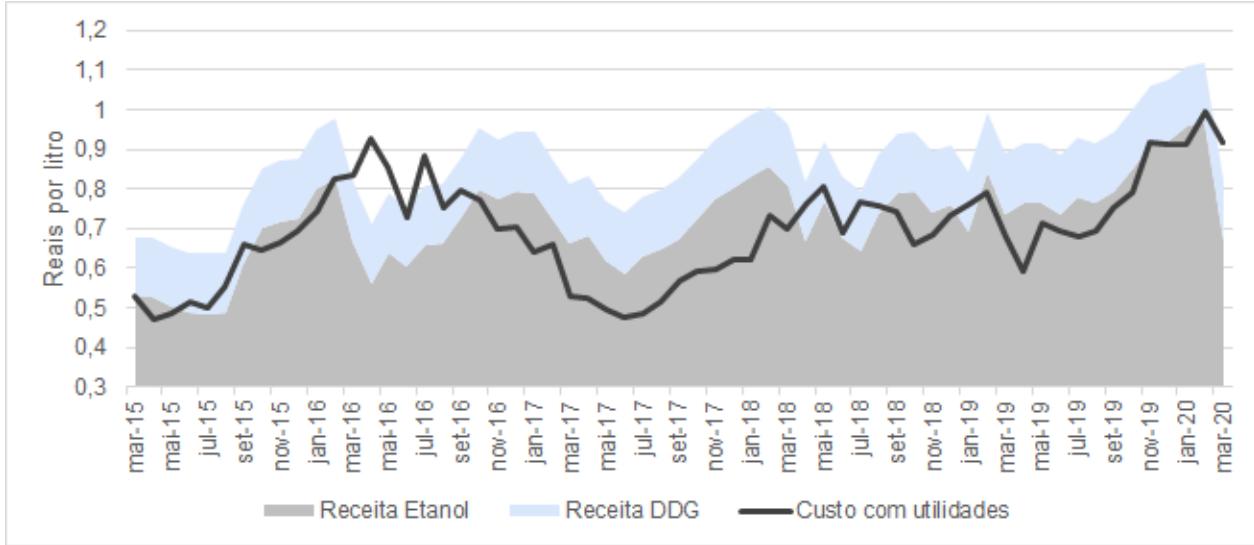
Figura 11: Receita versus custos considerando apenas milho.



Fonte: Matheus Enfeldt, Lucas Oliveira (2020)

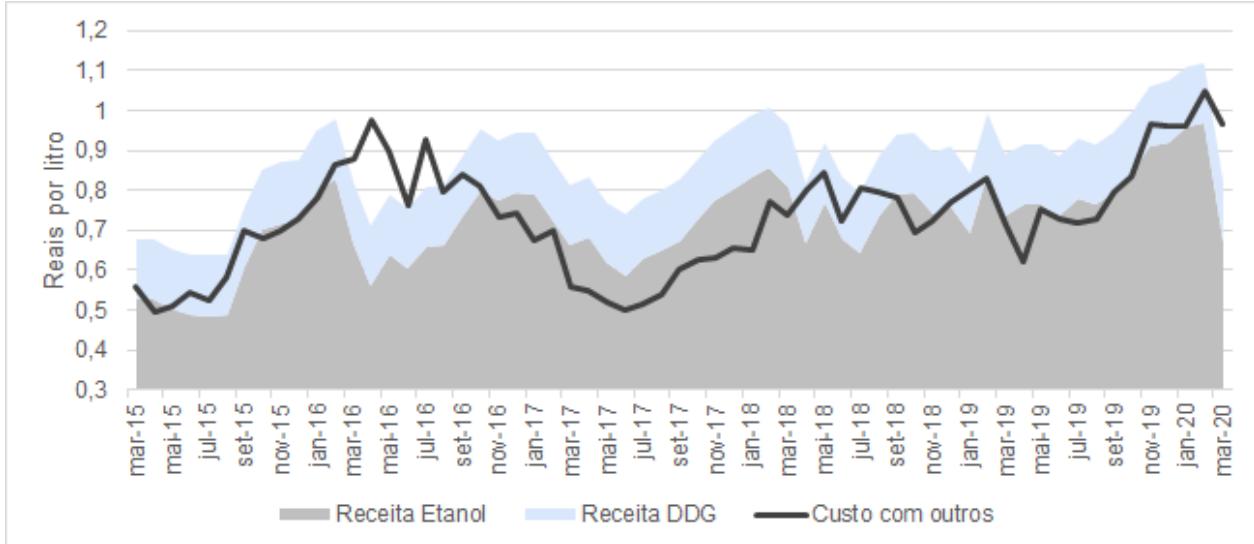
Em seguida considerou-se outras matérias primas, utilidades e outros no custo (adicionando cerca de 12% aos custos). Em seguida, considerou-se também outros custos (descrito acima).

Figura 12: Receita versus custos considerando milho e utilidades.



Fonte: Matheus Enfeldt, Lucas Oliveira (2020)

Figura 13: Receita versus custos totais.



Fonte: Matheus Enfeldt, Lucas Oliveira (2020)

Durante o período observado, mesmo considerando utilidades e outros custos, em apenas 7 meses a produção de etanol de milho se mostrou lucrativa. Dos 7 meses, 5 foram pela metade de 2016, momento de alta tensão política no país, 1 logo após a greve dos caminhoneiros em

2018, que impactou severamente o setor de combustíveis brasileiro, e março de 2020, momento em que a pandemia de covid-19 impactou severamente o mundo e o Brasil.

6 Conclusão

Como mostrado pelo gráfico da figura 13 e explicado na sub-sessão do balanço econômico, com exceção de momentos de grande turbulências na economia e na indústria de combustíveis. Assim, conclui-se que a construção de plantas de etanol de milho é justificável economicamente.

Qualitativamente outros fatores anteriormente mencionados também devem ser considerados. O etanol é um combustível menos poluente que a gasolina, logo seu consumo deve ser incentivado, ainda mais com crescentes preocupações ambientais. O Brasil também é deficitário de combustíveis, devendo importar parte de sua demanda, que só deve aumentar nos próximos anos, assim, iniciativas que aumentem a disponibilidade de etanol, como projetos para etanol de milho, também devem ser incentivadas.

O etanol de milho também é uma solução para mitigar a sazonalidade da produção de etanol a partir da cana, que acaba por requerer altos estoques.

Combinando a análise quantitativa de receita versus custos com aspectos de segurança energética e ambientais, conclui-se que projetos de etanol de milho podem ser uma importante frente de desenvolvimento que deve ser incentivada.

Referências

- [1] History of Ethanol Production and Policy. Disponível em: <<https://www.ag.ndsu.edu/energy/biofuels/energy-briefs/history-of-ethanol-production-and-policy>> Acessado em 30/11/19 as 21:51.
- [2] Ethanol Timeline - Historic Vehicle Association (HVA). Disponível em: <<https://www.historicvehicle.org/ethanol-timeline/>> Acessado em 30/11/19 as 21:51.
- [3] Cana-de-açúcar e Álcool Combustível: Histórico, Sus-tentabilidade e Segurança Energética. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/cana-de-acucar.pdf>> Acessado em 30/11/19 as 21:51.
- [4] Telegraph. História do Ford Modelo T. Disponível em: <<https://www.telegraph.co.uk/motoring/news/2753506/Ford-Model-T-reaches-100.html>> Acessado em 30/11/19 as 21:51.
- [5] Opep (Organização dos Países Exportadores de Petróleo). Disponível em: <<https://www.infoescola.com/geografia/opep-organizacao-dos-paises-exportadores-de-petroleo/>> Acessado em 01/12/19 as 11:25.
- [6] Guerra do Yom Kippur e a Crise do Petróleo. Disponível em: <<https://www.historiadomundo.com.br/idade-contemporanea/guerra-do-yom-kippur-e-a-crise-do-petroleo.htm>> Acessado em 01/12/19 as 11:41.
- [7] Opep mergulha o mundo na crise do petróleo nos anos 70, causando recessão. Disponível em: <<https://acervo.oglobo.globo.com/fatos-historicos/opep-mergulha-mundo-na-crise-do-petroleo-nos-anos-70-causando-recessao-10230571>> Acessado em 01/12/19 as 11:41.
- [8] ProÁlcool - História da indústria sucroalcooleira. Disponível em: <<https://www.biodeselbr.com/proalcool/historia/proalcool-industria-sucroalcooleira>> Acessado em 01/12/19 as 12:40.
- [9] Pró-Álcool: de sua criação aos dias atuais. Disponível em: <<https://danilotlamonato.jusbrasil.com.br/artigos/120002732/pro-alcool-de-sua-criacao-aos-dias-atuais>> Acessado em 08/12/19 as 15:31.

¹De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

- [10] **PróAlcool** - Programa Brasileiro de Álcool. Disponível em: <<https://www.biodesielbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol>> Acessado em 08/12/19 as 15:31.
- [11] Etanol de milho no Brasil. Disponível em: <<http://www.canalbioenergia.com.br/etanol-de-milho-e-de-cana-na-producao-de-combustivel>> Acessado em 08/12/19 as 18:42.
- [12] **Agrolink**. Etanol do Milho (2019). Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/colunistas/etanol-do-milho418884.html>> Acessado em 12/04/20 as 18:42.
- [13] **AMG Incorporated**. CORN MILLING: WET VS. DRY MILLING. Disponível em: <<https://blog.amg-eng.com/corn-wet-milling-vs-dry-milling>> Acessado em 12/04/20 as 18:42.
- [14] **Ministério de Minas e Energia**. Perspectivas para o etanol no Brasil. Cadernos de Energia EPE, 2008.
- [15] **Petrobras**. Composição de preço da Gasolina segundo a Petrobras. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/composicao-de-precos-de-venda-ao-consumidor/gasolina/>> Acessado em 23/11/19 as 19:03.
- [16] **Novacana**. Adição de 10% de etanol à gasolina na Índia melhoraria mercado de açúcar. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/acucar/mercado/adicao-10-etanol-gasolina-india-melhoraria-mercado-acucar-011119>> Acessado em 23/11/19 as 19:15.
- [17] **Novacana**. China se prepara para adotar mistura de 10% de etanol na gasolina. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/etanol/mercado/exportacao/china-prepara-adoitar-mistura-10-etanol-gasolina-070819>> Acessado em 23/11/19 as 19:22.
- [18] **Novacana**. Produtores de etanol dos Estados Unidos estão descontentes com governo Trump. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/etanol/politica/produtores-etanol-estados-unidos-descontentes-governo-trump-011019>> Acessado em 23/11/19 as 19:27.
- [19] **ANP**. Dados estatísticos. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>> Acessado em 23/11/19 as 19:30.
- [20] **Novacana**. Dados Novacana. Disponível em: <<https://www.novacana.com/data/dados/>> Acessado em 23/11/19 as 19:41.
- [21] **Novacana**. Grandes grupos investem para expandir capacidade de etanol no Brasil, diz Unica. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/industria/investimento/grandes-grupos-investem-expandir-capacidade-etanol-brasil-unica-170919>> Acessado em 23/11/19 as 19:38.

- [22] **USDA - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.** Biofuels Annual - Brazil.
- [23] **Novacana.** Distribuidoras de combustível defendem tributação monofásica para coibir fraudes. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/etanol/impostos/distribuidoras-combustivel-defendem-tributacao-monofasica-coibir-fraudes-011119>> Acessado em 24/11/19 as 9:38.
- [24] **Ministério de Minas e Energia.** Nota Explicativa sobre a Proposta de Criação da Política Nacional de Biocombustíveis (2016).
- [25] **Novacana.** São Martinho firma protocolo para nova unidade de produção de etanol de milho. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/industria/usinas/sao-martinho-protocolo-nova-unidade-producao-etanol-milho-190619>> Acessado em 24/11/19 as 9:45.
- [26] **UNICA** Acompanhamento quinzenal da safra na região Centro-Sul. Posição até 01/04/2019
- [27] **Novacana.** Ex-presidente da Atvos e da Braskem é preso nos EUA sob acusação de corrupção Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/industria/usinas/ex-presidente-atvos-braskem-preso-eua-acusacao-corrupcao-211119>> Acessado em 24/11/19 as 12:45.
- [28] **USDA - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos** U.S. Bioenergy Statistics
- [29] CerradinhoBio - Notícias. Disponível em: <<http://www.cerradinhobio.com.br/mobile/conteudo-mobile.asp?idioma=0tipo=51286conta=45id=251632>> Acessado em 04/04/20 as 12:45.
- [30] **Novacana.** Usina de etanol de milho da Cerradinho deve demandar matéria-prima de três estados. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/industria/usinas/usina-etanol-milho-cerradinho-materia-prima-tres-estados-151018>> Acessado em 04/04/20 as 12:45.
- [31] **FS Bioenergia - Notícias.** Disponível em: <<http://fsbioenergia.com.br/fs-bioenergia-comeca-a-construir-nova-usina-de-etanol-de-milho/>> Acessado em 04/04/20 as 12:45.
- [32] Kurt A. Rosentrater (August 1st 2011), Overview of Corn-Based Fuel Ethanol Coproducts: Production and Use. IntechOpen, DOI: 10.5772/17180. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/biofuel-s-engineering-process-technology/overview-of-corn-based-fuel-ethanol-coproducts-production-and-use.>>