

PERSPECTIVAS PARA O ETANOL BRASILEIRO FRENTE À EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA DOS MOTORES

Daniel Bertoli Gonçalves¹

RESUMO

Desde a invenção do automóvel, um grande debate se instaurou em torno da tecnologia de seus motores e dos combustíveis a serem empregados. Recentemente, o enrijecimento das legislações ambientais e a perspectiva de alta nos preços do petróleo, aliados ao desenvolvimento da eletrônica e dos sistemas informatizados, tem levado os principais fabricantes a apostar nos veículos de motorização híbrida e elétrica, em uma substituição gradativa aos veículos com motores a combustão. Este trabalho discute as perspectivas do etanol carburante brasileiro frente a este cenário, através de uma análise conjuntural de dados sobre oferta, consumo e políticas de incentivo ao uso de combustíveis alternativos aos derivados de petróleo. O estudo revela que apesar de boa parte dos países e empresas já estar investindo na viabilização dos veículos de propulsão elétrica, no Brasil, o contexto marcado por acordos políticos setoriais, disponibilidade de etanol hidratado e anidro, controle estatal da produção e composição da gasolina, e emprego de motores flex fuel na maior parte da frota, tende a manter o papel relevante do biocombustível brasileiro no mercado nacional, com perspectiva de aumento de consumo.

Palavras-chave: Etanol; Combustível; Sustentabilidade; Motores; Veículos.

PERSPECTIVES FOR BRAZILIAN ETHANOL FACES THE EVOLUTION OF ENGINE TECHNOLOGY

ABSTRACT

Since the invention of the automobile, a great debate has arisen around the technology of its engines and the fuels to be employed. Recently, the hardening of environmental legislation and the prospect of high oil prices coupled with the development of electronics and computer systems have led leading manufacturers to focus on hybrid and electric motor vehicles in a gradual replacement for combustion vehicles motors. This paper discusses the perspectives of Brazilian fuel ethanol in this scenario, through a cyclical analysis of data on supply, consumption and policies to encourage the use of alternative fuels to petroleum products. The study reveals that although a large number of countries and companies are already investing in the feasibility of electric propulsion vehicles, in Brazil there is a context marked by sectoral political agreements, availability of hydrated and anhydrous ethanol, state control of gasoline composition and production, and the technology of flex fuel engines, that tends to maintain the relevant role of Brazilian biofuel in the national market, with a perspective of increasing consumption.

Keywords: Ethanol; Fuel; Sustainability; Motors; Vehicles.

JEL: Q42.

¹ Doutor em Engenharia de Produção, Professor Adjunto do Programa de Pós Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba (UNISO). E-mail: daniel.goncalves@prof.uniso.br



1 INTRODUÇÃO

Uma das tecnologias mais emblemáticas proveniente da revolução industrial foi o motor de combustão interna, utilizado com êxito pela primeira vez pelo engenheiro alemão Conde Nikolaus Otto, que consagrou-se por apresentar em 1878 seu motor na Feira Internacional de Paris, e anos depois se associou com o engenheiro EUGEN LOGEN e fundou a N. A. OTTO & CIA, a primeira fábrica de motores de combustão do mundo. Baseado nesta tecnologia, Karl Friedrich Benz um engenheiro de automóveis alemão, construiu o primeiro automóvel com motor de combustão interna a quatro tempos propulsionado a gasolina em 1885. A partir desse momento, vários fabricantes isolados em diversos países começaram a produzir seus veículos, e marcas conhecidas começaram a surgir, como, Peugeot, Fiat, Opel, Renault, Cadillac, Ford, Buick, Rolls Royce, todas até 1910 (OLIVEIRA, 2010).

Ao lado da motocicleta, o automóvel representou uma revolução para a locomoção das pessoas, e a liberdade oferecida por essas máquinas transformou-as em objetos de desejo do homem moderno.

A independência de ir para onde quiser, sem depender de ninguém, criou um novo paradigma para a humanidade. A partir da produção em larga escala, o automóvel se tornou mais acessível para a classe média tanto nos Estados Unidos quanto na Europa, e mais tarde nos demais países.

Apesar dos motores de propulsão elétrica já estarem presentes desde os primeiros modelos comercializados nos EUA, foram os veículos equipados com motores à combustão interna que sobressaíram-se aos demais, iniciando uma disputa mercadológica entre fornecedores de combustíveis, que polarizou-se entre gasolina, diesel e etanol.

No final do século XX, as discussões em torno das causas da crise climática passaram a apontar a queima de combustíveis fósseis nos veículos como uma das principais causas do aumento da poluição do ar e das emissões de gases de efeito estufa, levando a maior parte dos países a estabelecer leis impondo limites as emissões e a criar sistemas de fiscalização veicular.

Enquanto no Brasil, tal cenário levou ao estabelecimento do etanol de cana-de-açúcar como solução estratégica para a redução dos custos com importação de combustíveis, e mais recentemente como solução para a redução das emissões, em

outros países tem-se apostado nos veículos de motorização híbrida e elétrica, em uma substituição gradativa aos veículos com motores a combustão.

Este trabalho discute as perspectivas do etanol carburante brasileiro frente a este cenário, através de uma análise conjuntural de dados sobre oferta, consumo e políticas de incentivo ao uso de combustíveis alternativos aos derivados de petróleo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a aplicação do presente estudo, foi definido o delineamento observacional e documental através de coleta de dados sobre produção, demandas e características do etanol combustível no Brasil, assim como da evolução e tendências tecnológicas do mercado automobilístico. A análise conjuntural dos dados coletados junto a órgãos como Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, Ministério dos transportes, Anfavea -Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, e bibliografia especializada, permitiu a caracterização do objeto de estudo, para posterior exame de fatos e fenômenos estudados (LAKATOS; MARCONI, 2005).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nos primeiros anos do século XX, a popularização dos automóveis ampliou a demanda internacional por combustíveis. Apesar do álcool, óleo vegetal, benzeno, propano, e outros produtos terem sido utilizados em pequena escala, uma combinação de fatores levou a indústria do petróleo a se posicionar enquanto principal fornecedora de combustíveis.

Esse imenso setor, que havia se erguido após 1859, quando o primeiro poço foi perfurado na Pensilvânia, estava assistindo as vendas de querosene, seu principal produto, despencar com a expansão da iluminação elétrica nas grandes cidades Norte Americanas. John Davison Rockefeller, fundador da Standard Oil Company, que foi hegemônica na produção e transporte de petróleo e querosene desde 1870, frente à ameaça da eletricidade, lançou mão de sua infraestrutura, escala de produção, logística, e de sua influência política e econômica, para oferecer um novo produto à recém-criada indústria automobilística: a gasolina, um subproduto volátil da produção de querosene que até então era descartado por boa parte das refinarias (MBP COPPE, 2014).

Na Alemanha, em 1894, já se buscava empregar álcool como combustível em automóveis de algumas marcas, como alternativa ao alto custo da gasolina. Em 1899 em Paris aconteceu à primeira corrida de automóveis alimentados por álcool, e a partir de então surgiram diversas pesquisas e destilarias, levando algumas montadoras a adotar o álcool como combustível (ROTSTEIN, 1985).

De acordo com Melaina (2007), no início do século XX três tecnologias disputam a preferência dos consumidores de automóveis nos EUA: os movidos a carvão, os elétricos e os que utilizavam gasolina. Em 1903, a cidade de New York tinha em seus registros 4000 veículos, sendo 53% movidos a carvão, 20% elétricos e 27% a gasolina (HOYER, 2008). Este último acabou se sobressaindo sobre os demais, principalmente com o apoio de uma ampla disponibilidade de postos de abastecimento instalados nos centros urbanos, principalmente a partir da década de 1920, quando o abastecimento deixou de ser realizado nas residências.

O percentual de gasolina produzida, a partir da destilação do petróleo, saltou de menos de 10% em 1904 para 40% em 1930 com ajuda do sucesso do modelo T de Henry Ford (MELAINA, 2007).

Dessa forma, a combinação entre tecnologia de motores, disponibilidade de combustível e poder político e econômico, moldou o direcionamento tecnológico dos veículos e do sistema de transportes na maior parte dos países até a primeira grande crise dos produtores de petróleo em 1973, apesar de todas as desvantagens ambientais relacionadas ao uso de combustíveis fósseis, muitas das quais já eram conhecidas e relatadas desde o início do século XX.

Com a I Guerra Mundial (1914-1918), alguns países importadores de gasolina passaram a substituir o combustível pelo álcool, como na França, onde os veículos militares foram equipados para uso do álcool (MENEZES, 1980).

Durante a II Guerra Mundial (1939-1945), o álcool reaparece, sendo usado pelos alemães e pelos japoneses em substituição ao petróleo que se tornou escasso. Enquanto Alemanha, Áustria, Itália, usaram como matéria prima a batata, outros como Inglaterra, Hungria, França, Polônia e Suécia utilizavam álcool proveniente da beterraba e até mesmo da alcachofra de Jerusalém.

No Brasil, a indústria canavieira já colocava o álcool como um combustível alternativo à gasolina importada desde 1905. Com a chegada da indústria automobilística em 1919, o governo pernambucano decretou que todos os veículos

oficiais fossem abastecidos com álcool combustível. Na década seguinte fundou-se no estado, uma associação para o álcool motor, fabricado em escala reduzida chamado “azulina” mistura de álcool e éter. No estado de Alagoas, colocou-se no mercado outro combustível a base de álcool o chamado USGA-Usina Serra Grande de Alagoas (PENIDO FILHO, 1981).

Em 1931, o governo federal decretou a lei número 19.717, de 20 de fevereiro de 1931, onde tornava obrigatória a mistura de 5% de etanol na gasolina importada, com objetivo de fomentar a utilização de álcool combustível.

O petróleo passou a ser explorado no Brasil em 1939, mas a produção nacional de gasolina iniciou apenas em 1961, quando foi inaugurada a primeira refinaria de petróleo em Duque de Caxias (Reduc), no Rio de Janeiro.

No período que vai de 1942 a 1946, o país chegou a misturar até 42% de álcool carburante (etanol) à gasolina, em decorrência das restrições às importações de petróleo e gasolina e das restrições econômicas e logísticas para a exportação do açúcar durante a II Guerra Mundial. A partir daí, todavia, o percentual da mistura carburante foi sendo reduzido até chegar a 2,9% em todo o país e a 7% em São Paulo no início dos anos 70 (PAIXÃO, 1995).

Entre 1971 e 1974, com a alta dos preços internacionais do petróleo, e uma produção nacional muito aquém da demanda, o risco de desabastecimento trouxe grandes preocupações ao governo Brasileiro. Em 1974, o gasto brasileiro com importações de petróleo saltou de U\$600 milhões para U\$2,5 bilhões, provocando um severo impacto na balança comercial do país, e levando o governo a procura por alternativas a esse combustível. Foi nesse momento que o setor privado, após uma série de discussões sinalizou com a possibilidade de ampliar a mistura de álcool à gasolina, um produto já conhecido e aprovado pela indústria automobilística desde seus primórdios, cuja ampliação ajudaria às Usinas e destilarias canavieiras a sair de uma crise severa provocada pela queda nas exportações de açúcar.

No ano-safra de 1973-1974 o nível de ociosidade das destilarias brasileiras chegava a 38%, sendo que nas unidades destiladoras paulistas este nível chegava a praticamente 50%. Em 1975 o governo brasileiro, em conjunto com o empresariado do setor açucareiro, amadureceu a ideia de ampliar o percentual da mistura carburante do álcool à gasolina, até que no final deste ano, em uma concomitante situação de alta do preço do petróleo e de baixa do preço do açúcar, o

governo Geisel lançou o Programa Nacional do Álcool, o Proálcool, o primeiro programa governamental no mundo voltado para a produção de um combustível renovável e alternativo a um derivado do petróleo (SZMRECSÁNYI, 1979).

Entre 1975 e 1979 foram investidos US\$ 2.116,78 milhões neste programa, sendo que destes quase 75% foram gastos públicos. Como resultado houve um crescimento de mais de 530% na produção de álcool, e de cerca de 30% na produção de açúcar, um crescimento na área colhida de 1.969 mil hectares para 2.599 mil hectares, passando de 91.525 mil toneladas de cana colhida para 148.651 mil toneladas, além da geração de um enorme número de postos de trabalho no campo e nas indústrias que se espalharam principalmente na região Centro-Sul do país (PAIXÃO, 1995; GONÇALVES, 2005).

Em 1979 o governo federal promulgou a segunda etapa do Proálcool apontando para a produção do álcool, não mais como mero complemento a ser adicionado à gasolina (o álcool anidro), mas como combustível propriamente dito (o álcool hidratado ou carburante). Foram criados organismos como o Conselho Nacional do Álcool - CNAL e a Comissão Executiva Nacional do Álcool - CENAL para agilizar o programa.

De acordo com dados da Anfavea (2010), a produção de carros a etanol, que teve seu início com 4.614 unidades em 1979, saltou para 254.001 em 1980. Em 1985 atingiu 697.731 unidades, chegando a representar 66,4% da produção total de veículos nacionais, e 90% em 1986, dado a credibilidade do consumidor pela tecnologia do motor movido a etanol e ao baixo preço do combustível pago na revenda.

A partir daquele ano, o cenário internacional do mercado petrolífero é alterado. Os preços do barril de petróleo caíram de um patamar de US\$ 30 a 40 para um nível de US\$ 12 a 20. Esse novo período, denominado “contrachoque do petróleo”, colocou em xeque os programas de substituição de hidrocarbonetos fósseis e de uso eficiente da energia em todo o mundo (GONÇALVES, 2005).

Nos anos que se seguiram, uma combinação de fatores como os baixos preços pagos aos produtores de álcool e a diminuição do volume de recursos públicos transferidos ao setor, fez com que a produção se estagnasse. A produção de álcool manteve-se em níveis praticamente constantes, atingindo 11,8 bilhões de litros na safra 1985-86; 10,5 bilhões em 1986-87; 11,5 bilhões em 1987-88; 11,7

bilhões em 1988-89 e 11,9 bilhões em 1989-90. As produções brasileiras de açúcar no período foram de 7,8 milhões de toneladas na safra 1985-86; 8,2 milhões em 1986-87; 7,9 milhões em 1987-88; 8,1 milhões em 1988-89 e 7,3 milhões de toneladas em 1989-90. As exportações de açúcar, por sua vez, reduziram-se nesse período, passando de 1,9 milhões de toneladas na safra 1985- 86 para 1,1 milhões de toneladas na safra 1989-90 (PAIXÃO, 1995).

Desta forma, o crescimento desenfreado da demanda por álcool hidratado, resultante de uma manutenção artificial do preço do álcool relativamente mais atrativo do que a gasolina para os consumidores, e da manutenção de menores impostos nos veículos a álcool, provocou uma crise de desabastecimento na entressafra 1989-90, que afetou significativamente a credibilidade do programa, e que associado ao baixo preço do petróleo, provocou uma queda acentuada na procura por veículos movidos a álcool nos anos seguintes, levando a indústria a diminuir a produção de veículos a álcool (SHIKIDA,1998).

A crise de abastecimento de álcool somente foi superada com a introdução no mercado do que se convencionou chamar de mistura MEG, que substituía, com igual desempenho, o álcool hidratado. Essa mistura (60% de etanol hidratado, 34% de metanol e 6% de gasolina) obrigaria o país a realizar importações de etanol e metanol (que no período entre 1989-95 superou a 1 bilhão de litros) para garantir o abastecimento do mercado ao longo da década de 1990.

Durante toda a década de 1990, diversas medidas foram sendo implementadas pelo governo para a diminuição de seu papel de regulamentador/interventor, a iniciar com a extinção do Instituto do Açúcar e do Álcool em março de 1990, até a promulgação da Portaria nº 64 de março de 1996, que liberou o controle sobre os preços do açúcar, álcool e da cana-de-açúcar, mantidos até então sobre o controle do Estado. Na prática, porém, uma série de adiamentos foi ocorrendo até que em fevereiro de 1999 os preços foram de fato liberados ao mercado (MORAIS, 2000).

Do ponto de vista tecnológico, ao longo de todo o século XX os motores a combustão passaram por diversas modificações e aperfeiçoamentos, tanto nos materiais utilizados, quanto em seus projetos, tamanhos, e principalmente para a incorporação de novas tecnologias, como os sistemas de injeção, a eletrônica e a informática. As adaptações realizadas para atender as alterações de combustíveis

ocorridas no caso brasileiro, no entanto, não representaram evoluções, visto se tratarem de ajustes de taxa de compressão e alterações de alguns componentes mais frágeis por outros capazes de resistir às características químicas do álcool (etanol). Adaptações estas, basicamente mecânicas até a entrada dos sistemas de injeção eletrônica nos veículos no início da década de 1990.

Com a injeção eletrônica, e o reduzido número de modelos disponíveis de veículos novos movidos a álcool, o criativo mercado de autopeças brasileiro começou a comercializar dispositivos eletrônicos que alteravam as taxas de injeção de combustível, tornando possível ao proprietário alterar o combustível de seu veículo. A procura por estas conversões evidenciou sinais para que a indústria automobilística desenvolvesse uma alternativa tecnológica, que já vinha pesquisando desde a década de 1980, e que deu origem aos sistemas flexíveis, comercialmente conhecidos como “motores flex” “flex-fuel”, lançados em 2003, que trouxe novo folego à comercialização de álcool combustível no país (TEIXEIRA, 2005).

A abertura do mercado no início de 1990, já havia pressionado a indústria nacional a buscar maior qualidade e níveis de produtividade. Como os motores dos modelos importados vinham configurados originalmente para operar com gasolina, o desenvolvimento do sistema flex-fuel trouxe um diferencial aos veículos de fabricação nacional para o consumidor.

Outro fato importante foi a decisão do governo de que os automóveis flex fuel pagariam alíquota de IPI mais baixa (com os mesmos incentivos dos veículos a álcool), o que viabilizou a comercialização destes veículos ao mesmo preço do modelo comum, ajudando a quebrar as resistências ao novo produto (ANFAVEA, 2010).

A aceitação do automóvel flex fuel no Brasil foi surpreendente, com altas taxas de crescimento anual. De uma produção inicial de apenas 39.853 veículos em 2003, a produção de carros flex fuel saltou para 1.391.636 em 2006, representando 58,1% da produção total de veículos no país.

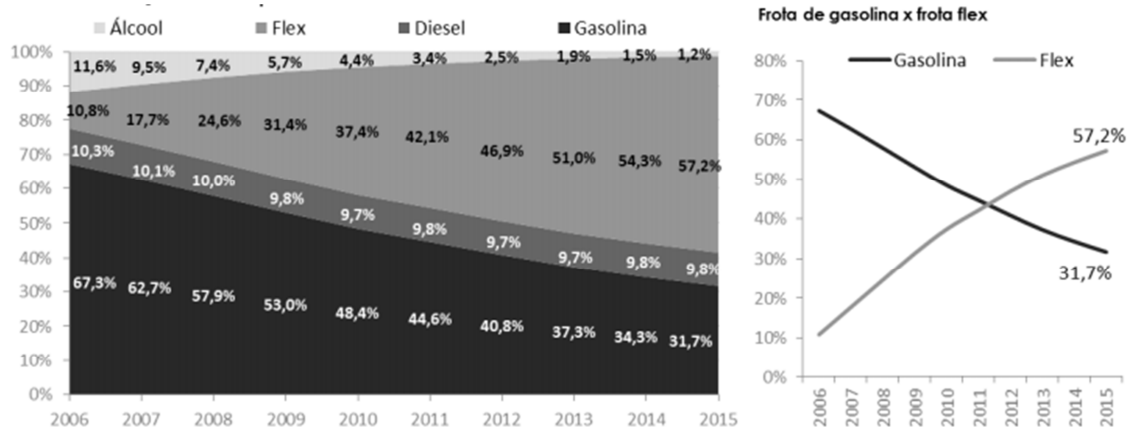
Em 2006, três milhões de veículos leves brasileiros já eram abastecidos com 100% de etanol hidratado, graças à tecnologia flex fuel. O sucesso dessa tecnologia no mercado tem sido citado com um exemplo de substituição do combustível fóssil por fontes renováveis de energia, ao mesmo tempo em que reduz o dano de

emissões de gases ao meio ambiente. Parte deste sucesso se deve as vantagens competitivas da agricultura brasileira e a maior eficiência da produção de álcool a partir da cana de açúcar do que de outras fontes, como por exemplo, o etanol de milho produzido nos EUA (ALVES; BRANDÃO, 2007).

A tecnologia flex quebrou a barreira que existia para o consumidor, proporcionando uma grande flexibilidade na escolha dos combustíveis. Em termos econômicos, apesar de ter contribuído para a autossuficiência brasileira na produção de petróleo, alcançada em 2006, esta facilidade de substituição entre os dois combustíveis terminou afetando as elasticidades da demanda de gasolina no Brasil. No entanto, a crise internacional em 2008, a melhora da remuneração do açúcar no mercado internacional, e uma série de problemas climáticos ocorridos nos canaviais brasileiros ao longo da primeira década deste século, afetaram o cenário otimista que se tinha a respeito de uma nova fase do etanol no país, assim como de seu potencial para exportação.

Segundo dados da DATAGRO, a evolução da demanda de álcool hidratado desde janeiro de 2004, primeiro ano após a introdução dos veículos flex fuel, mostra que o consumo vinha crescendo fortemente com taxas superiores a 30% ao ano até 2008, reduzindo para menos de 11% ao ano no período seguinte. De 4,5 bilhões de litros consumidos em 2004, chegou-se a 16,5 bilhões de litros em 2009, recuando para 9,9 em 2012. Entre 2013 e 2015 a elevação dos preços da gasolina promove uma nova recuperação da demanda elevando o consumo para 17,9 bilhões de litros. Boa parte desse sucesso está relacionado ao crescimento da frota de veículos flex no mercado brasileiro (Figura 1), que chegou a 57,2% em 2015 (SINDIPEÇAS, 2016).

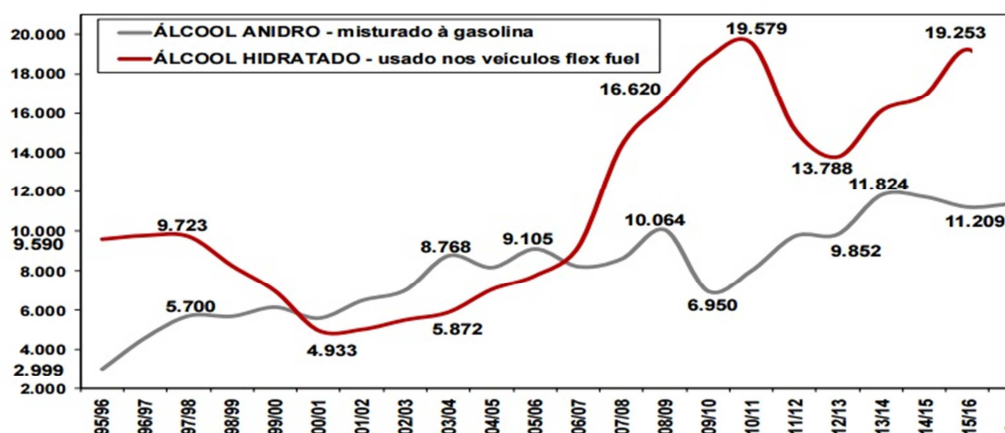
Figura 1 – Evolução da frota brasileira por tipo de combustível entre 2006 e 2015



Fonte: Sindipeças (2016)

Do lado da oferta, desde 2013, diversas ações governamentais, diretas e indiretas, proporcionaram melhores condições para o setor sucroalcooleiro retomar o crescimento, como a elevação do percentual de etanol anidro na gasolina de 20% para 25% (março de 2013) e para 27% (março de 2015), o retorno à aplicação da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE) sobre a gasolina em janeiro de 2015, a manutenção de alíquota zero do PIS e da COFINS para o etanol e aumento da alíquota da gasolina, de zero para R\$ 0,12/litro, a partir de fevereiro de 2015, e os consecutivos aumentos no preço de realização da gasolina (PETROBRAS, 2015).

Figura 2 – Produção nacional de álcool anidro e hidratado em milhões de litros



Fonte: Conab/Bradesco (2016)

Entre 2003 e 2015 a oferta de etanol total (anidro + hidratado) passou de 14,6 bilhões de litros para 30,45 bilhões de litros, mesmo considerando um período de oscilação entre 2009 e 2013, pelos motivos citados anteriormente (CONAB, 2016; MAPA, 2016). Entre as safras 2011/2012, e 2015/2016, o setor saltou de 560 milhões para 695 milhões de toneladas de cana-de-açúcar produzidas. A produção tem se concentrado na região Centro-Sul do país, que respondeu por 92,3% da produção de cana-de-açúcar na safra 2015/2016.

Dados atuais apontam que o setor tem optado por uma proporção de 47% para açúcar e 53% para etanol, sendo deste 37% para anidro e 63% hidratado. Conforme ilustra o Figura 2, na safra 2015/2016 foram produzidos 19,25 bilhões de litros de etanol hidratado e 11,20 bilhões de litros de etanol anidro, suficientes para atender a demanda interna e contribuir com a exportação de 1,85 bilhões de litros.

A liberdade de escolha do combustível proporcionada pela tecnologia flex-fuel ao consumidor brasileiro, foi um fator importante para recuperar a credibilidade do etanol no mercado. Apesar do etanol ter um preço por litro menor que a gasolina nem sempre essa diferença é vantajosa para o cliente, uma vez que o mesmo possui menor rendimento quando comparado à gasolina. O Cepea-USP (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada), recomenda ao motorista não abastecer o veículo flex fuel com álcool sempre que o preço do litro superar 70% do valor da gasolina (ALVES e BRANDÃO, 2007). Uma recomendação baseada na diferença do poder calorífico entre os combustíveis, ou seja, seu rendimento energético, que do etanol (20 megajoules por litro) é cerca de 30% inferior ao da gasolina, com 25% de etanol (27,6 mj/l). Tal informação passou a ser divulgada nos postos de abastecimento pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

Recentemente uma pesquisa feita pela KPMG a pedido da Ecofrotas, empresa que gerencia frotas de veículos, após coletar dados de 410 mil veículos, no período de agosto de 2009 a março de 2012, em situações reais de rodagem, apontou uma variação menor entre os combustíveis, indicando que abastecer com etanol compensaria se o litro custasse até 80% do preço da gasolina. Um percentual diferente daquele divulgado pelo Inmetro, que utiliza testes laboratoriais. Segundo a empresa, a recomendação oficial estaria induzindo a erros os proprietários de veículos flex, com prejuízos na ordem de 15% (CRAIDE, 2014).

Além do fator custo, e de ser obtido a partir de uma matéria prima renovável, o etanol também produz impactos menores na qualidade do ar, quando comparado à gasolina. De acordo com SOARES et al. (2009), o uso desse combustível foi importante para a redução das emissões de carbono, chumbo e óxidos de enxofre. Veículos flex, quando abastecidos com etanol, são capazes de reduzir em até 80% as emissões de CO₂, enquanto a mistura do álcool (anidro) na gasolina reduz cerca de 18% das emissões de CO₂ dos veículos à gasolina.

4 PERSPECTIVAS FUTURAS

Apesar da expressiva retomada da produção na última década, as previsões sobre o papel deste combustível renovável no futuro ainda é uma discussão complexa, que envolve quatro importantes dimensões: a opção tecnológica da indústria automobilística, a relação disponibilidade/preço do combustível, o comportamento do mercado consumidor, e as políticas governamentais.

A opção tecnológica da indústria automobilística internacional tem apontado para uma participação crescente de veículos equipados com motores elétricos, em substituição aos motores a combustão. Nos últimos anos, um movimento global de fusões e aquisições dentro do setor automobilístico mundial tem mudado o comportamento deste mercado, diminuindo a diversidade tecnológica, e apontando para caminhos mais coesos (Atualmente quase 70% do mercado mundial de automóveis é dominado por 10 empresas). As pressões pela diminuição de emissões de GEEs (Gases de Efeito Estufa) nos países signatários do Protocolo de Kyoto tem elevado os custos com o controle de emissões nos veículos, tornando difícil a manutenção da atual tecnologia de motores. O escândalo recente ocorrido com a montadora alemã Volkswagen, que criou um sistema que falsificava os dados sobre as emissões de seus veículos movidos a diesel, e que culminou com a renúncia do presidente do grupo, multas bilionárias em vários países, recall e recompra de mais de 8,5 milhões de veículos, processos e até prisão de executivos, já estaria levando a rejeição dos veículos movidos a diesel, que até hoje representam maioria nos países europeus e nos EUA, o que tenderia a diminuir a participação destes no mercado, abrindo caminho para os modelos com motores movidos a etanol, híbridos e elétricos.

Até mesmo na vitrine tecnológica do setor, as categorias de automobilismo esportivo, essa postura reativa diante da necessidade de reduzir as emissões vem sendo evidenciada. A Fórmula Indy, uma das mais importantes categorias de automobilismo do mundo, tem utilizado a mistura E85, com 85% de etanol e 15% de gasolina, desde 2009 quando substituiu o problemático metanol, enquanto a Nascar, uma das mais antigas categorias atuante nos EUA, desde 2013 vem adotando a mistura E15 como combustível, com 85% de gasolina e 15% de etanol. No Brasil, a stock-car vinha utilizando etanol desde 1981, como uma ação de incentivo ao uso do combustível brasileiro, até a sua interrupção em 2000, retornando em 2014.

A principal aposta da indústria automobilística, no entanto, chegou ao automobilismo em 2014, com o lançamento da Fórmula E (Elétrica), que trouxe pilotos famosos e equipes diferenciadas, como Panasonic-Jaguar, Schaeffler-Audi, além de empresas de tecnologia como a Faraday do Vale do Silício (EUA), a Startup Global Nio, que vem desenvolvendo veículos autônomos futuristas, além de montadoras como a francesa Renault e a indiana Mahindra entre as equipes da categoria, o demonstra a importância estratégica que os veículos elétricos representam para o futuro do setor.

Apesar de já figurarem entre os primeiros veículos em circulação ainda no século XIX, e ter se tornado a opção tecnológica ideal para veículos alimentados externamente, como trens, metrô e bondes, os veículos elétricos sempre enfrentaram o gargalo tecnológico do armazenamento de energia. No final do século XX, duas direções eram apontadas para tal questão: o emprego de uma nova geração de baterias mais leves, duráveis e de recarga rápida, e o desenvolvimento de geradores portáteis, como sistemas híbridos, onde um motor a combustão produz energia para o motor elétrico, além de placas fotovoltaicas, que produzem corrente elétrica a partir da luz do sol, e das células combustíveis (Fuel Cells), que produzem energia elétrica a partir de uma reação química com o hidrogênio.

Nas últimas décadas, vários consórcios de pesquisa foram formados nos EUA, na Europa e na Ásia, buscando encontrar sistemas de armazenamento e geração de energia melhores que viabilizassem essas soluções, em termos técnicos e econômicos. Nesse contexto, a bateria à base de lítio foi um dos tipos de acumuladores de energia que recebeu maior atenção e investimentos por conta de suas elevadas densidades de potência e de energia – “característica fundamental

para a viabilização das tecnologias dos veículos elétricos (VE) e híbridos (VEH)”, além do peso e dimensões reduzidas comparada às baterias anteriores (ROSOLEM et al., 2012).

No final da década de 1990, com o desenvolvimento destas tecnologias, aliadas à políticas de incentivo respaldadas pela crescente pressão social sobre o controle das emissões, algumas montadoras lançaram novos modelos elétricos e híbridos no mercado. Nos EUA, a California Air Resources Board – Carb, órgão do governo responsável por monitorar a qualidade do ar no estado da Califórnia, definiu uma política de cota de vendas de veículos com emissão zero (ZEV) de 2% em 1998, que passaria para 5% em 2001 e 10% em 2003. Os estados de Nova York e Massachusetts adotaram medidas semelhantes em seguida, porém a pressão dos grupos ligados ao Petróleo postergou grande parte desses programas (BARAN; LEGEY, 2010).

Novamente em 2007, o governo norte-americano promulgou o Energy Independence and Security Act, que destinava US\$ 95 milhões anuais, entre 2008 e 2013, à pesquisa e ao desenvolvimento de um sistema de transporte elétrico, e à formação de capital humano especializado em veículos elétricos. Além disso, US\$ 25 bilhões foram destinados aos fabricantes de automóveis e fornecedores que produziram veículos híbridos e seus componentes até o ano de 2020.

Em 2009, as vendas de híbridos no mundo atingiram 598.739 unidades sendo 44% nos EUA, 41% no Japão e o restante na Holanda, Reino Unido e Canadá (BARAN; LEGEY, 2010).

No Japão, onde 22% da frota já é formada por veículos elétricos e híbridos, dos quatro carros mais vendidos em 2014, três já eram desta categoria. Na Noruega 20% da frota também já se enquadra nesta categoria, e em alguns outros países como Holanda e Índia, já se discutem leis para proibir a comercialização de veículos com motores à combustão até 2030. De acordo com Hallack e Vazquez (2016), políticas ativas de incentivos tanto do ponto de vista de estímulo da demanda como de financiamentos ao P&D e de investimento em infraestrutura, fizeram com que a China e os países Europeus (em especial Holanda, Noruega, Reino Unido, França e Alemanha), obtivessem em 2015 crescimentos relevantes nas vendas de carros elétricos (220% e 99%, respectivamente).

Do lado das montadoras, as perspectivas também apontam no mesmo sentido. Em 2015 as montadoras BMW e Toyota anunciaram que deixariam de utilizar o padrão de motores à combustão em seus veículos, passando a adotar tecnologias elétricas e/ou híbridas. A BMW tem planejado o ano de 2025 para finalizar a mudança em todos os modelos, já iniciado com os dois modelos da série “i”, enquanto a Toyota, que atualmente comercializa 8 modelos, planeja o ano de 2050 para finalizar tal mudança. Outras montadoras, apesar da postura mais conservadora, tem lançado novos veículos elétricos e híbridos a cada ano, enquanto que nos EUA a montadora Tesla apostou longe na produção de veículos totalmente elétricos e já está no topo do ranking de vendas de veículos elétricos mundial, com mais de 50 mil unidades comercializadas em 2016 (EV-VOLUMES.COM, 2017).

Segundo a base de dados Ev-volumes.com, em 2016 foram comercializados 773 mil veículos entre puramente elétricos e híbridos “plug-in”, sendo que a China absorveu 45% das vendas. Vários países já estão instalando postos de recarga rápida para os veículos elétricos, e recentemente um grupo formado por BMW, Daimler AG, Ford e Volkswagen, junto com a Audi e a Porsche, assinaram um memorando de intenções para criar a maior rede de recarga de alta potência para veículos elétricos da Europa, com 400 pontos de recarga ainda em 2017, que chegará aos milhares até 2020, a exemplo do Japão, onde já existem mais de 40 mil pontos de recarga. Uma rede baseada no padrão de tecnologia conhecido como Sistema de Carga Combinado (CCS – Combined Charging System), com recarga rápida de até 350 kW, que terá capacidade de recarregar um veículo em uma fração do tempo que os elétricos atuais. A rede foi criada para atender todos os veículos equipados com sistema CCS e facilitar a sua adoção na Europa.

Outra mudança importante no campo do armazenamento de energia, e que poderá pender ainda mais a balança para o lado dos veículos totalmente elétricos, e deixar de lado as apostas nos sistemas híbridos e nas células combustíveis, virá com as novas baterias de eletrólitos de vidro, desenvolvidas recentemente pela equipe de John B. Goodenough, o inventor da bateria de íons lítio, da Universidade do Texas (EUA). Estas seriam mais seguras, duráveis, mais rápidas para recarregar, e terão capacidade de carga três vezes superior às atuais (BRAGA, et al., 2017).

No Brasil os veículos elétricos e híbridos ainda encontram barreiras como a dos preços elevados e da reduzida infraestrutura, apesar de alguns incentivos fiscais como a redução de impostos já ser praticada.

De acordo com números da Anfavea (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores), no Brasil foram emplacados desde 2006 apenas 2,5 mil carros elétricos e/ou híbridos, dentro de uma frota total que gira hoje em torno dos 50 milhões de automóveis. Tal insucesso, segundo a entidade, se deve principalmente a elevada carga tributária brasileira, especialmente sobre os importados. Em outubro de 2015, buscando incentivar a entrada desses modelos no país, a Câmara de Comércio Exterior isentou os carros elétricos do imposto de importação, taxa que até então adicionava 35% ao valor total dos veículos. No entanto, diversos outros impostos continuam tornando os valores elevados, como PIS/COFINS (13%), ICMS (de 12% a 18%, a depender do Estado), e o IPI, que para os elétricos esta em 25%.

Uma isenção fiscal, como a praticada na Noruega, que chega a tirar 16 mil euros do valor do automóvel, reduziria em até 50% o valor dos mesmos no Brasil. Além disso, outros incentivos já praticados em outros países, como para a instalação da infraestrutura de recarga poderão tornar a opção mais atraente para os consumidores.

Por outro lado, com a produção de petróleo sob o monopólio do estado, elevada capacidade produtiva de etanol, associada ao elevado poder econômico e político do setor sucroalcooleiro, e tecnologia flexfuel amadurecida, dificilmente a hegemonia dos motores a combustão será ameaçada no país, principalmente se levarmos em conta que as reduções de impostos também encontram justificativas para serem estendidas, caso ocorram, para os veículos movidos a biocombustíveis, que atualmente são comercializados pela metade do preço de um modelo elétrico ou híbrido.

O etanol brasileiro, por sua vez, encontra um ambiente favorável com boas perspectivas de demanda, o que tem incentivado muitos investimentos no setor canavieiro, e que pode viabilizar economicamente a tecnologia de produção de etanol de segunda geração, ampliando a capacidade produtiva das destilarias e diminuindo a pressão sobre novas áreas de cultivo para a cana-de-açúcar, tornando

mais saudável sua convivência com a produção de alimentos, e atenuando seus aspectos ambientais negativos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do texto buscou-se discutir as perspectivas do etanol carburante brasileiro frente um cenário onde as pressões ambientais e políticas em torno da necessidade de se reduzir as emissões de gases de efeito estufa dos veículos tem levado a indústria automobilística a investir em mudanças tecnológicas. Apesar dos biocombustíveis como o etanol brasileiro representarem um papel importante dentro desse processo, e da tecnologia dos motores flexfuel ter se mostrado promissora, a disponibilidade restrita dos biocombustíveis tem levado a indústria mundial a apostar na tecnologia dos veículos híbridos e elétricos, relegando aos biocombustíveis um papel marginal nas expectativas futuras.

Para o mercado nacional, por outro lado, o etanol ainda representa vantagens, com uma infraestrutura produtiva em pleno processo de modernização, uma grande rede de distribuição já instalada, e motores flexfuel equipando os principais modelos de veículos produzidos no país, com nível de emissões veiculares em patamares aceitáveis quando utilizado o etanol.

A liberdade de escolha do combustível proporcionada pela tecnologia flexfuel ao consumidor brasileiro foi um fator importante para recuperar a credibilidade do etanol no mercado, mas tem representado uma ameaça constante para as projeções de oferta e demanda, em meio às oscilações no preço da gasolina no mercado.

Apesar de boa parte dos países e empresas já estar investindo na viabilização dos veículos de propulsão elétrica, no Brasil, o contexto marcado por acordos políticos setoriais, disponibilidade de etanol hidratado e anidro, controle estatal da produção e composição da gasolina, e emprego de motores flex fuel na maior parte da frota, tende a manter o papel relevante do biocombustível brasileiro no mercado nacional, com perspectiva de aumento de consumo, caso os preços praticados nos postos mantenham-se competitivos com relação à gasolina.

REFERÊNCIAS

ALVES, M.L.; BRANDÃO, L.E.T. Automóvel flex fuel: quanto vale a opção de escolher o combustível? In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 31., 2007. **Anais...** Rio de Janeiro: Anpad, 2007.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (ANFAVEA). **Anuário da indústria automobilística brasileira 2010**. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br>>. Acesso em: 24 maio 2010.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (ANFAVEA). **Anuário da indústria automobilística brasileira 2010**. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br>>. Acesso em: 24 maio 2010.

BARAN, R.; LEGEY, L. F. L. **Veículos elétricos: História e perspectivas no Brasil**. BNDES Setorial 33, p. 207-224. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset>. Acesso em: 21 mar. 2017.

BRAGA, M. H.; GRUNDISH, B N. S.; MURCHISONA, A A. J.; GOODENOUGH, J. B. Alternative strategy for a safe rechargeable battery. **Energy Environ. Sci.**, v.10, p. 331-336, 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar Safra 2015/2016** Primeiro Levantamento Abril/2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_04_09_10_29_31_boletim_cana_portugues_abril_2016_1o_lev.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2016

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 04 ago. 2016.

CRAIDE, S. Empresa diz que etanol é vantajoso se custar até 80% do preço da gasolina. **Agência Brasil**. Brasília-DF. 03 mar. 2014. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2014-03/empresa-diz-que-etanol-e-vantajoso-se-custa-ate-80-do-preco-da-gasolina>> Acesso em: 24 mar. 2017.

Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos (DEPEC). **Açúcar e Etanol**, março de 2017. Disponível em: <https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_acucar_etanol.pdf> Acesso em: 25 mar. 2017.

EV-VOLUMES.COM, **EV Data Center 2017**. Disponível em:< <http://www.ev-volumes.com/datacenter>> Acesso em: 10 mar. 2017

GONÇALVES, D. B. **Mar de cana, deserto verde? Dilemas do desenvolvimento sustentável na produção canavieira paulista**. 2005. 256 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

HALLACK, M., VAZQUEZ, M. (2016) **Os atuais modelos de carros elétricos e o potencial de inserção no Brasil**. Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2016/07/os-atuais-modelos-de-carros-eletricos-e-o-potencial-de-insercao-brasil/29421>> Acesso em 24 de março de 2017.

HOYER, K. G. **The history of alternative fuels in transportation: the case of electric and hybrid cars**. Utilities Policy, v. 16, p. 63 – 71, 2008.

LAKATOS, E.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005. COPPE, 2014.

MBP COPPE/UFRJ. **História do Petróleo**, 2014. Disponível em: <<http://www.petroleo.coppe.ufrj.br/historia-do-petroleo/>> Acesso em: 25 mar. 2017.

MELAINA, M. W. Turn of the century refueling: a review of innovations in early gasoline refueling methods and analogies for hydrogen. **Energy Policy**, v. 35, p. 4919 – 4934, 2007.

MENEZES, T. J. B. de. **Etanol, o combustível do Brasil**. São Paulo, Agronômica: Ceres, 1980.

MORAES, M.A.F.D. **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro do Brasil**. Americana: Caminho Editorial, 2000.

OLIVEIRA, R. L. P. **Impactos da qualidade percebida sobre as atitudes e intenções comportamentais de proprietários de automóveis**. 2010. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Empresariais) Programa de Mestrado da Faculdade de Ciências Empresariais da Universidade FUMEC. Belo Horizonte, 2010.

PAIXÃO, M. **O proálcool enquanto uma política energética alternativa: uma resenha crítica**. Projeto Brasil Sustentável e Democrático, Rio de Janeiro, 1995. Disponível em: <<http://www.brasilsustentavel.org.br/textos/texto7.rtf>> . Acesso em: dez. 2003.

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

ROSOLEM, M.F.N.C; BECK, R.F.; SANTOS, G.R.; ARIOLI, V.T. Bateria de lítio-íon: conceitos básicos e potencialidades. **Cad. CPqD Tecnologia**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 59-72, jul./dez. 2012.

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**. Cascavel: Edunioeste, 1998.

SINDIPEÇAS. **Relatório da Frota Circulante 2016**. Disponível em: <http://www.sindipecas.org.br/sindinews/Economia/2016/RFC_2016.pdf> Acesso em 25 mar. 2017.

SOARES, L. et al. **Mitigação da emissão de gases efeito estufa pelo uso de etanol da cana de açúcar produzido no Brasil**. Embrapa, abr. 2009 (Circular Técnica, n. 27).

SZMRECSÁNYI, T. **O planejamento da agroindústria canavieira do Brasil (1930-1975)**. São Paulo: Hucitec, 1979.

TEIXEIRA, E. C. **O desenvolvimento da tecnologia flex fuel no Brasil**. Instituto DNA Brasil, 2005.