



MOTORES ELÉTRICOS A ETANOL: UM FUTURO SUSTENTÁVEL NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA

ARTIGO ORIGINAL

BARROS, Théo Nery Garcia Vidal de¹, SILVEIRA, Diego Azevedo², NASCIMENTO, Raphael Motta³

BARROS, Théo Nery Garcia Vidal de. SILVEIRA, Diego Azevedo. NASCIMENTO, Raphael Motta. **Motores elétricos a etanol: um futuro sustentável na indústria automobilística brasileira.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 08, Ed. 03, Vol. 01, pp. 100-117. Março de 2023. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/futuro-sustentavel>

RESUMO

O presente trabalho trata sobre os motores elétricos a etanol sob o ponto de vista sustentável e econômico, traz, também, informações sobre qual seria o seu impacto no cotidiano da população e na indústria automobilística brasileira, retratando, por fim, os fatores que poderiam tornar essa nova tecnologia viável. Tem, portanto, como objetivo apresentar uma análise dos motores elétricos a etanol como uma alternativa eficaz para a redução da poluição. Os métodos utilizados para a elaboração deste artigo são caracterizados como qualitativos, embasados em pesquisa bibliográfica. Apontou-se os modelos de motores e combustíveis existentes no mercado, realizando comparações dos veículos, apresentando suas características positivas e negativas, bem como qual deles apresenta um melhor resultado diante dos desafios atuais das estruturas de abastecimento no país. Ao final, constatou-se que os motores elétricos a etanol, apesar de serem uma alternativa interessante para a redução dos gases poluentes emitidos através da queima dos combustíveis fósseis, ainda enfrentam dificuldades e desafios para a sua implementação no Brasil.

Palavras-chave: Motor, elétrico, etanol, sustentável.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da sociedade tem relação direta com a forma na qual os deslocamentos são feitos, sejam eles de pessoas, de produtos e de serviços. Para tal



fato ocorrer, foram criados os motores a combustão interna, que possuem eficiência elevada e uma estrutura industrial voltada para o abastecimento, criando, assim, milhares de empregos e gerando mais capital (WOSNIAK, 2016).

Entretanto, com o passar dos anos, ficou evidente que algo deveria ser mudado, uma vez que os gases provenientes da queima de combustível são prejudiciais ao meio ambiente, influenciando diretamente no clima, causando o efeito estufa e diminuindo a qualidade do ar. Nesse cenário, uma alternativa para a mudança desse panorama, que vem sendo discutida ao redor do mundo, é a utilização do motor elétrico.

O conceito de motor elétrico surgiu em meados do século XIX, mas perdeu espaço por conta do desenvolvimento dos motores alimentados a combustível fóssil, mais conhecido como gasolina (REIS e SILVA, 2017).

Para o Brasil, um país que possui grandes dimensões continentais, um modelo de motor exclusivamente alimentado pela eletricidade não seria viável, pois ainda faltam postos de recarga de bateria e a sua ampla utilização acarretaria a possibilidade de uma pane seca. Com isso, surge o tema proposto neste trabalho, que visa retratar sobre motores elétricos a etanol que funcionam através da retirada das moléculas de hidrogênio do etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), onde, por meio de uma reação química, são gerados vapor de água e eletricidade como produtos (WOSNIAK, 2016).

De acordo com Reis e Silva (2017), a utilização de um motor elétrico a etanol é uma alternativa atraente, pois se adequaria aos tratados ambientais internacionais de poluição e tornaria o Brasil um forte produtor automobilístico, com a produção de peças nas indústrias nacionais, trazendo essa nova tendência ao dia a dia da população, promovendo, assim, avanço tecnológico e uma nova maneira de deslocamento.

Diferente da Europa, o Brasil possui vastas extensões territoriais e um clima favorável ao cultivo da cana-de-açúcar (NOVA CANA, s.d.), sendo ela a matéria prima para a produção do combustível etanol, que é um dos combustíveis que possui o menor impacto nas emissões dos gases causadores do efeito estufa por não se tratar de um



derivado de petróleo. Sua produção traz como benefício a captação do CO₂ pela plantação e a eletricidade utilizada para a produção de etanol advém do bagaço da cana, o que caracteriza a sua produção como altamente sustentável.

Além disso, é válido destacar que a atual busca global por biocombustíveis que possam servir como um equivalente menos prejudicial do que o petróleo, visando um desenvolvimento mais sustentável, coloca a cana-de-açúcar em relevância perante o mercado mundial (NOVA CANA, s.d.).

A história também contribui para a disseminação do estudo dessa fonte de energia. Na década de 70, ocorreu a crise mundial do petróleo, que teve seu preço triplicado. Com o intuito de reduzir as importações, que passaram a ter uma relevante importância na balança comercial externa, foi criado o Programa Nacional do Álcool – Proálcool, como uma iniciativa governamental brasileira, que visava estimular a produção do etanol como substituto da gasolina.

Devido a esse programa, instaurou-se no Brasil uma estrutura de abastecimento, que se apresenta como uma melhor alternativa diante do desenvolvimento de modelos totalmente elétricos, pois, para a mudança total da frota de veículos para essa nova fonte, muitos investimentos seriam necessários, como: a criação dos chamados “eletro postos”, muito presentes na Europa. Por conseguinte, a substituição pelo modelo elétrico a etanol se tornaria uma opção mais viável e sustentável, o que tornaria o Brasil pioneiro no segmento. Além disso, seriam obtidos diversos investimentos nacionais e estrangeiros, o que traria desenvolvimento emprego e renda (FRANCISCO, s.d.).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa se qualifica como exploratória (GIL, 2008), pois possibilita melhor aprendizagem sobre o tema abordado, uma vez que o estudo foi desenvolvido através da observação de modelos e combustíveis existentes no mercado, bem como de um veículo que ainda está em desenvolvimento.



Realizou-se, também, uma abordagem indireta, através da pesquisa bibliográfica e documental. Quanto aos métodos, se fez o uso de meios documentais, bibliográficos e pesquisa de mercado, através da coleta de dados. Em relação ao método teórico-metodológico adotado, foi o dedutivo e o dialético, pois permitem que a análise dos casos e de mercado proporcionasse a devida percepção da realidade atual.

Foram utilizados, como fonte de informações: artigos científicos, monografias, teses de doutorado, catálogos de montadoras, sites do governo federal e sites de universidades.

Os materiais selecionados abordam os modelos constituídos pela tecnologia abordada neste artigo, ou seja, apresentam veículos com motores alimentados por: etanol, hidrogênio e eletricidade. Os modelos estudados foram: BMW elétrico, Ônibus movido a H₂ criado na Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ e o modelo Nissan e-NV-200, que é movido através de etanol, que gera eletricidade.

A presente pesquisa objetiva apresentar uma breve análise dos motores elétricos a etanol como uma alternativa eficaz para a redução da poluição gerada por automóveis de combustão interna. Para isso, é necessário demonstrar como a produção nacional poderia tornar o Brasil pioneiro nesse segmento, além de analisar brevemente os modelos e combustíveis existentes no mercado.

Diante dos argumentos trazidos até o momento, a presente pesquisa visa observar a preocupação ambiental causada pela emissão de gases poluentes, levando em consideração que a maior parte dessa poluição é gerada pelos motores de combustão. Sendo assim, pretende-se responder: seriam os motores elétricos a etanol a solução para diminuir a poluição?

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados foram obtidos através de comparações feitas por meio de imagens, associando as características dos motores mais comuns. Apresenta-se, também, uma tabela com as características positivas e negativas dos modelos estudados, comparando-os ao motor elétrico a etanol.

Este levantamento visa, de maneira quantitativa e qualitativa, expor as vantagens, melhorias e benefícios, abordando a viabilidade e implementação desta nova tecnologia, que surgiu para revolucionar o setor automobilístico.

3.1 O MODELO ELÉTRICO

O modelo elétrico se mostrou como uma alternativa diante das preocupações globais com o meio ambiente. A assembleia da União Europeia votou a favor de reduzir em 60% a emissão de gases causadores do efeito estufa até 2030, com isso, a produção do Motor de Combustão Interna – MCI, sofrerá uma diminuição e, como consequência, os motores elétricos, serão os responsáveis pelo abastecimento dos carros europeus (REUTERS, 2020).

Figura 1. Modelo elétrico.



Fonte: Mills (2019).

Uma experiência silenciosa e a não emissão de poluentes são alguns dos benefícios deste modelo. Entretanto, o longo tempo de demora de sua recarga e os processos



de fabricação, além da dificuldade existente para o descarte das baterias, tem se tornado um problema para a sua inserção no cotidiano urbano, onde o tempo é um fator bastante valioso e a poluição gerada enfraquece o conceito de sustentabilidade.

Trazendo esta tecnologia para o contexto do Brasil, nota-se que sua implementação seria dificultada devido ao fato de que a rede de abastecimento brasileira não está preparada para receber o aumento de carga que seria necessário para suprir a demanda deste automóvel. Ademais, as principais fontes de energia elétrica são as hidroelétricas, que não se mostram muito eficientes, devido as frequentes quedas e interrupções, suprimindo apenas as redes residenciais e industriais. Tal fato, demonstra que mediante a utilização de uma frota de veículos elétricos, as redes de distribuição ficariam sobrecarregadas e, com isso, um grande problema seria causado (REUTERS, 2020).

Entretanto, foram criados outros modelos de motores com a mesma proposta de energia, porém com uma outra forma de fornecimento. Logo, o problema de infraestrutura do país não seria mais uma dificuldade.

3.2 MODELO MOVIDO A H₂

O H₂+2 foi produzido pela Coppe/UFRJ durante a conferência Rio+20 em 2012. Ele se trata de um veículo híbrido movido a energia elétrica que pode ser logrado através da rede convencional e, também, a bordo, pois conta com uma pilha a combustível abastecida com hidrogênio e com a regeneração da energia cinética. Segundo o professor Paulo Emílio Valadão, o ônibus não conta com nenhum empecilho que impeça o seu uso e está pronto para a produção em maior escala (COPPE UFRJ, s.d.).

Figura 2. Ônibus movido a H₂ criado na UFRJ.



Fonte: COPPE UFRJ (s.d.).

O H₂+2 foi lançado com o intuito de substituir os convencionais ônibus a diesel, contando com uma alta eficiência energética sem emitir poluentes. O diretor geral da COPPE UFRJ destaca que o seu desenvolvimento foi patrocinado por empresas e, que, portanto, não há recurso público envolvido. O Santander e a Eletrobras/Furnas foram alguns dos investidores para a produção do veículo.

A primeira versão do ônibus foi criada em 2010, no entanto, a nova versão conta com alterações no sistema de tração, que possibilitaram a redução de 30% no valor de fabricação e 40% no consumo de hidrogênio, tornando a pilha mais leve sem afetar o aproveitamento do veículo, que pode chegar a 500 quilômetros de autonomia (COPPE UFRJ, s.d.).

Este veículo é movido pelo gás hidrogênio e possui um mecanismo de frenagem regenerativa, que recupera a energia perdida nas frenagens, aumentando, assim, a tração da parte elétrica. Ele traz, também, um sistema de abastecimento inovador, com uma proposta de reduzir as emissões de poluentes, sem comprometer a eficiência e desempenho que a população já está habituada (CANAL DO ERREJOTA, 2020).



Entretanto, se pensar em uma maior disseminação dos ônibus movidos a hidrogênio, se esbarra na questão do armazenamento e do transporte do H_2 , pois, assim como a eletricidade, seriam necessários altos recursos para a implementação da estrutura, principalmente com relação à segurança, visto que este se trata de um elemento químico extremamente inflamável.

Nesse cenário, tendo em vista propor uma alternativa para que o problema de abastecimento e armazenamento possa ser solucionado, se apresenta a utilização dos motores movidos a etanol e eletricidade, onde as moléculas de H_2 são retiradas do combustível, gerando, assim, eletricidade, como será explicado no próximo tópico (FUTURETRANSPORT, 2017).

3.3 MODELO ELÉTRICO A ETANOL

Por fim, apresenta-se um modelo que pode representar uma verdadeira revolução no setor automobilístico mundial, o Nissan e-NV-200. O funcionamento deste veículo se dá através do que é conhecido como Fuel Cell, um sistema de célula de combustível que usa bioetanol (100% etanol ou água misturada com etanol) como fonte para gerar eletricidade por meio da célula de combustível de óxido sólido (SOFC). A eletricidade gerada carrega a bateria, que, por sua vez, fornece energia ao veículo (NISSAN, s.d.).

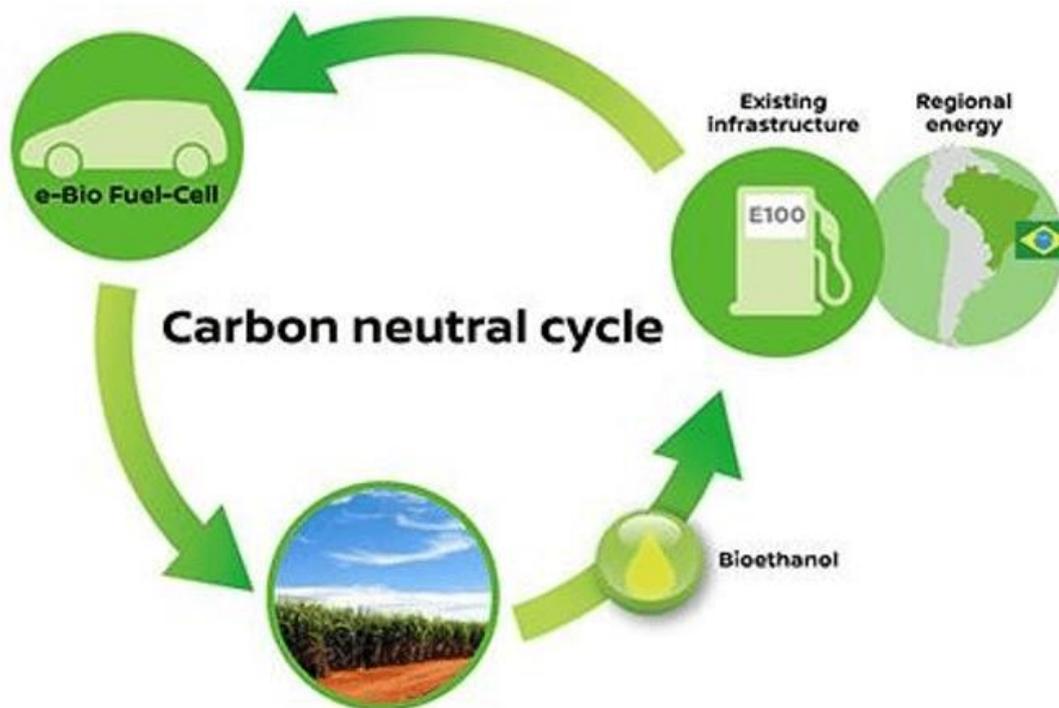
Figura 3. Modelo Nissan e-NV-200.



Fonte: Futuretransport (2017).

O bioetanol é produzido através de recursos como: cana-de-açúcar e milho. A conversão deste recurso em energia elétrica emite CO_2 . Entretanto, as plantas que são utilizadas como matéria prima absorvem o CO_2 durante o processo de crescimento. Sendo assim, o CO_2 emitido é compensado através do "ciclo neutro em carbono", que produz zero emissões líquidas de CO_2 (NISSAN, s.d.).

Figura 4. Ciclo do carbono.



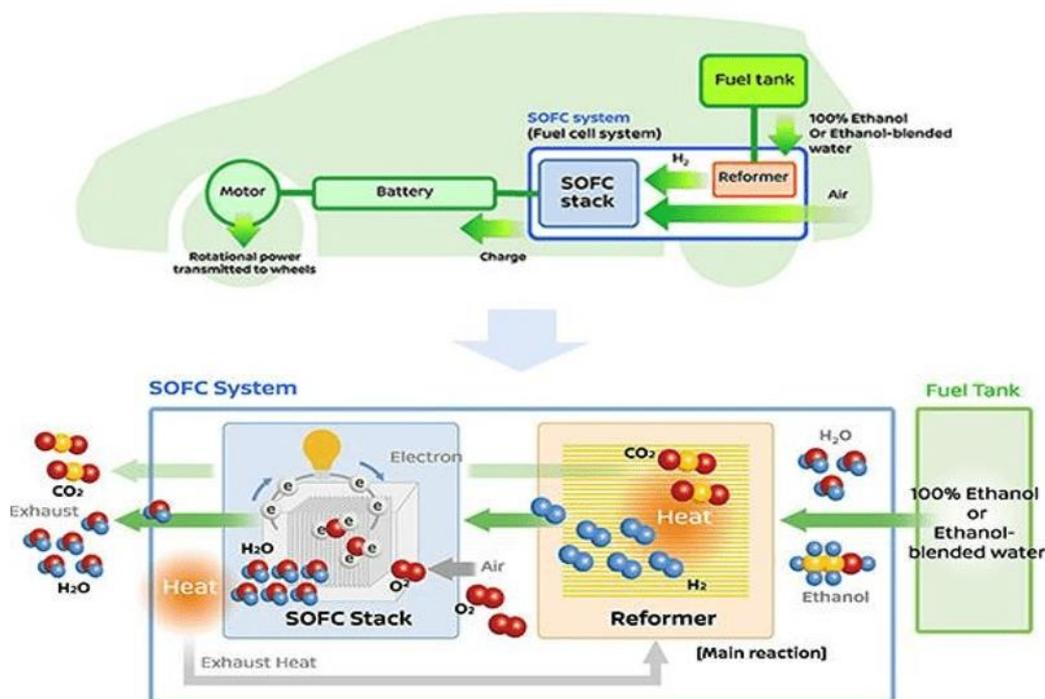
Fonte: Nissan (s.d.).

Em países onde o bioetanol é amplamente utilizado (como: Brasil e Tailândia), há um grande potencial para a implementação dos e-Bio Fuel-Cells dentro das infraestruturas existentes com poucas restrições. Ao oferecer sistemas que produzem energia elétrica a partir de uma variedade de combustíveis para atender às infraestruturas exclusivas do país, um número maior de clientes pode ser captado. Além disso, este modelo traz vantagens como: a aceleração linear inicial, características silenciosas da cabine e a não emissão de poluentes (NISSAN, s.d.).

A operação do sistema funciona da seguinte forma: um reformador produz hidrogênio a partir do bioetanol, e uma pilha de Solid Oxid Fuel Cell - SOFC gera eletricidade a partir de uma reação entre o hidrogênio e o oxigênio (ar) na pilha. A eletricidade gerada é armazenada na bateria de bordo, que fornece eletricidade a um motor elétrico para conduzir o veículo. O calor gerado durante a geração de energia é reutilizado na geração de hidrogênio (NISSAN, s.d.).

Um SOFC apresenta alta eficiência de geração de energia e pode atingir aproximadamente as mesmas distâncias que os veículos convencionais com motor a gasolina (NISSAN, s.d.).

Figura 5. Geração de Energia.

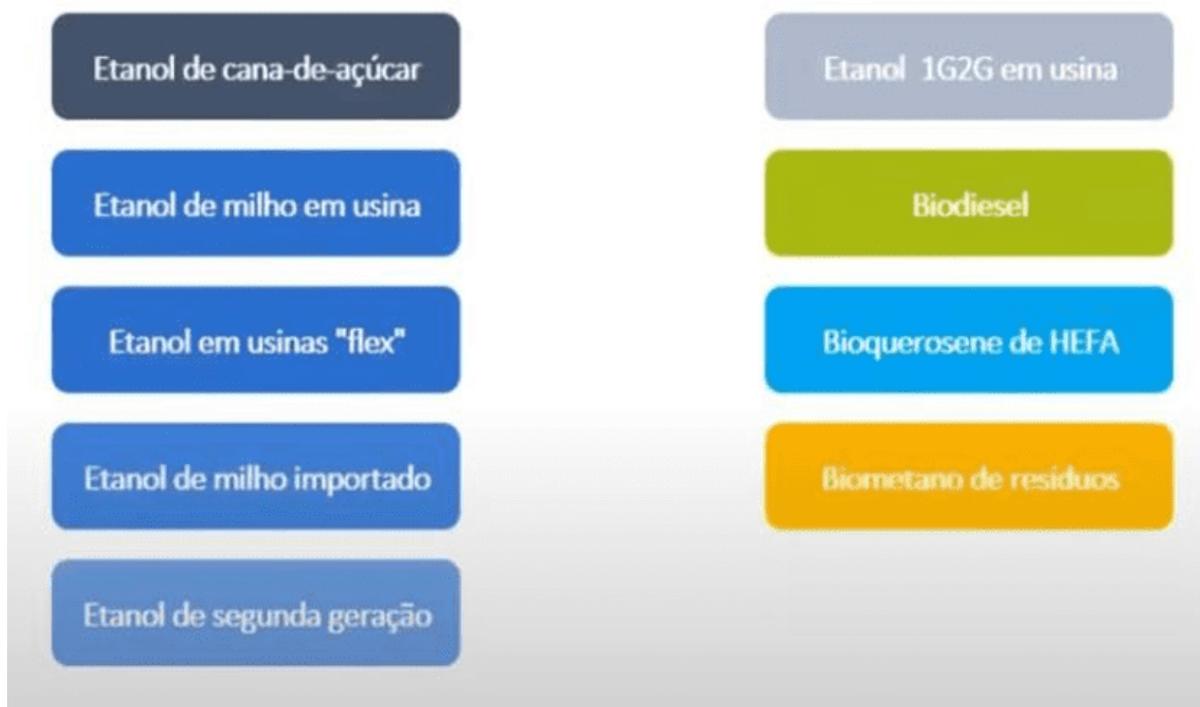


Fonte: Nissan (s.d.).

Mecanismo do sistema: como uma SOFC gera eletricidade a partir do movimento de íons de oxigênio dentro de um eletrólito, é possível gerar eletricidade a partir de qualquer combustível que reaja com o oxigênio, principalmente a partir do hidrogênio de baixa pureza. Além disso, esta tecnologia torna possível projetar sistemas SOFC integrados e compactos (NISSAN, s.d.).

Junto com o etanol, uma ampla gama de outros combustíveis (Figura 6), como o gás natural, pode ser uma fonte de combustível. Os sistemas SOFC operam em altas temperaturas, tornando desnecessários metais raros ou outros catalisadores altamente ativos (NISSAN, s.d.).

Figura 6. Tabela de combustíveis.



Fonte: Green Domus (2019).

3.3.1 POLÍTICAS DE INCENTIVO

O Brasil já possui uma infraestrutura para a distribuição do etanol, pois em todos os postos de combustíveis ele pode ser encontrado. Entretanto, para a criação de pontos de recarga elétrica rápida seria necessário um alto investimento.

Foi apresentado ao ex-Ministro de Minas e Energia, Bento Albuquerque, e ao ex-Ministro do Meio Ambiente, Ricardo Salles, um lançamento da Toyota, um novo modelo de carro híbrido, movido a etanol e a eletricidade. “O carro mais limpo do mundo” impressionou os ministros devido ao desempenho da tecnologia desenvolvida pela montadora no Brasil e ao fato de associar o veículo a combustíveis ambientalmente mais adequados para o país (BRASIL, 2019)

O lançamento indica que a rota tecnológica de eletrificação automotiva está sendo seguida pela indústria e se apresenta como uma oportunidade para o Brasil, incentivada por políticas públicas, como o: RenovaBio, que tem por objetivo traçar



estratégias para reconhecer o papel de todos os biocombustíveis na matriz energética brasileira (BRASIL, 2019)

O RenovaBio é uma política baseada na Lei nº 13.576/2017, que tem o intuito de ampliar a feitura de biocombustíveis no Brasil. A iniciativa é fundamentada na sustentabilidade econômica, social e ambiental, além de se embasar na prognose de mercado, segurança energética e na atenuação de emissões de gases poluentes.

A ideia é implantar políticas públicas que busquem a previsibilidade do mercado de combustíveis renováveis em equilíbrio com os combustíveis fósseis, através de estímulos que incentivam sempre a inovação, procurando atingir constantemente a eficiência energética e ambiental.

Além disso, a essência do RenovaBio é trazer o incentivo a partir das vantagens dos biocombustíveis, para produções cada vez mais sustentáveis e sem subsídios, ou seja, é um programa que reconhece a visão estratégica de Estado para os biocombustíveis.

3.3.2 AS DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO

O motor elétrico a etanol pode gerar uma revolução no setor automobilístico brasileiro, entretanto, há aqueles que não o consideram como uma vantagem, devido ao fato de que se o protótipo atingir o sucesso, é possível que, lentamente, a dependência do petróleo deixe de existir, o que não é interessante para os donos das grandes empresas do setor (CHRISPIM; SOUZA e SIMÕES, 2019).

Este fato pode ser observado durante a década de 90, onde as grandes companhias de petróleo como Exxon, Shell e Texaco, contribuíram financeiramente para a campanha de políticos contrários aos veículos elétricos, financiando, também, propagandas contrárias a esse tipo de veículo (CHRISPIM; SOUZA e SIMÕES, 2019)

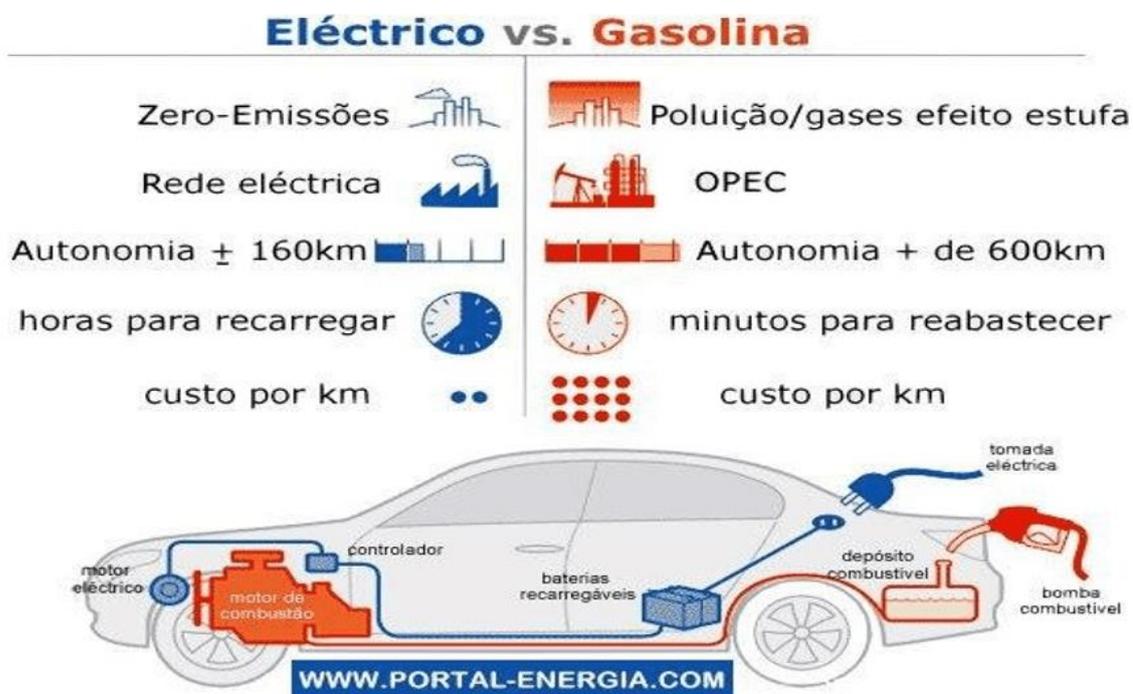
Existe, ainda, o interesse pela compra das patentes desta inovação, com o intuito da não comercialização destes novos veículos, para que, assim, o monopólio do petróleo seja mantido (CAMARGO, 2004).



Um outro fator que ainda limita o projeto desse novo modelo, está no elevado custo do reformador, peça onde ocorre a reação química entre o H_2 e o O_2 , gerando eletricidade, vapor de água e calor, como produtos. Este fato torna não possível a comercialização do modelo elétrico a etanol. Entretanto, já existem estudos e pesquisas direcionadas a diminuição desse custo e, caso ocorram investimentos dos setores públicos e privados, o preço final do carro pode vir a ser competitivo diante de outros modelos com outras fontes de energia (CAMARGO, 2004).

Na Figura 7 é demonstrada uma comparação entre os modelos movidos a gasolina e a eletricidade. Por meio dela, pode-se inferir que os que têm como fonte a gasolina são nocivos ao meio ambiente, devido aos gases expelidos durante a combustão. Além disso, o custo de abastecimento é mais alto. Entretanto, eles possuem maior autonomia e um tempo de reabastecimento baixo. Por outro lado, os elétricos não produzem poluentes e possuem um custo menor de abastecimento, contudo, não possuem uma autonomia elevada, o que faz com que necessitem de uma estrutura mais desenvolvida para uma maior disseminação de sua produção. Outro fator negativo é o tempo de recarga que, ao se considerar o cotidiano da vida urbana, não atende as necessidades exigidas pelos consumidores (REIS, 2019).

Figura 7. Comparação Elétrico x Gasolina.



Fonte: Reis (2019).

Na Figura 8, com as informações retiradas do site Comprecar (s.d.), apresenta-se algumas especificações do modelo e-NV 200, tais como: autonomia; os combustíveis utilizados como fonte de energia; a capacidade do tanque de etanol; entre outras.

Tais características demonstram o potencial desse novo modelo de veículo, em comparação ao já existente, com uma capacidade de 30 litros de etanol em seu tanque, sendo capaz de percorrer a distância de 600 km. Ademais, isto revela que é possível ter um modelo com a capacidade de substituir os modelos movidos por combustíveis fósseis através de energias limpas.

Figura 8. Especificações do Nissan e-NV 200.

ESPECIFICAÇÕES - e-Bio – Protótipo de Veículo Movido a Célula de Combustível	
Veículo de Base	<i>e-NV200</i>
Capacidade da Bateria	<i>24 kWh</i>
Fonte de Energia	<i>Eletricidade, Etanol</i>
Capacidade do Tanque	<i>30 litros</i>
Rendimento da SOFC	<i>5 kW</i>
Autonomia	<i>Superior a 600 km</i>

Fonte: Comprecar (s.d).

Entre as dificuldades da implementação desse projeto, está o tamanho do reformador que completa o processo químico. Mas, segundo o ex-Ministro de Minas e Energias, Bento Albuquerque, haverá estudos e investimentos na área. Tal fato se deve ao grande potencial do Brasil neste segmento e ao etanol gerado no país ser o mais barato, mais limpo e mais eficiente do mundo, sendo, inclusive, possível a mistura com até 55% de água.

Tabela 1. Comparativo dos modelos estudados.

	Vantagens	Desvantagens
Gasolina	Autonomia elevada; rede de distribuição bem estruturada	Altamente poluente; custo de abastecimento elevado
Elétrico	Não poluente; sem ruídos	Baixa autonomia; falta de estrutura para o abastecimento; processos de fabricação e o descarte das baterias
Hidrogênio	Grande capacidade de conversão em energia elétrica; não poluente	Falta de estrutura; o H ₂ é difícil de ser armazenado e transportado por ser bastante inflamável
Elétrico a etanol	Rede de distribuição bem estabelecida; alta autonomia; políticas de incentivo à produção de etanol	Alto custo do reformador; interesse contrário das grandes empresas do petróleo

Fonte: Autoria Própria.



Portanto, após a apresentação dos modelos e suas características, bem como da matriz energética brasileira, foi demonstrado que, quando comparado com os outros modelos, o motor elétrico a etanol se apresenta como o mais promissor dentro da perspectiva de sustentabilidade e autonomia, com um desempenho que pode, inclusive, superar os modelos movidos a gasolina.

A tecnologia Fuel Cell tem o potencial de transformar o país em um dos menos poluentes em relação às emissões de gases dos motores dos veículos, se mostrando como uma tecnologia mais limpa do que os veículos puramente elétricos, que apresentam, nos processos de fabricação e descarte de baterias, formas de poluir o meio ambiente (COMPRECAR, s.d.).

Os modelos elétricos a etanol se apresentaram como uma evolução mediante ao modelo movido a hidrogênio que, apesar de ser uma tecnologia com uma alta taxa de transformação do combustível em energia elétrica, ainda não se apresenta como um modelo viável, devido à dificuldade de transporte e armazenamento do H₂ (CHRISPIM; SOUZA e SIMÕES, 2019).

Mesmo com as dificuldades de implementação dos veículos elétricos a etanol, devido ao elevado custo do reformador, componente onde ocorre a reação química que fornece a eletricidade ao sistema, e ao interesse contrário das grandes empresas de petróleo, constata-se que, devido à grande estrutura de etanol já existente no país, causada pelo clima favorável, grandes extensões territoriais e também pelo programa político Proálcool, o Brasil conseguiria se adequar a este modelo perfeitamente, transformando, desta forma, a frota brasileira de veículos em automóveis não poluentes (CAMARGO, 2004).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que os motores elétricos a etanol podem servir como uma tecnologia de ponta, facilitando a transição entre a gasolina e a eletricidade. Entretanto, para que estes veículos possam se tornar uma opção de tecnologia sustentável, incentivos à produção do etanol e a ao motor, se fazem necessárias.



Todos os trabalhos consultados concordam que se a produção global de eletricidade tiver predominância de fontes renováveis, os veículos elétricos a etanol podem ter amplo potencial, no que concerne à mitigação das mudanças climáticas e a uma nova estrutura de abastecimento no Brasil.

É importante ressaltar, também, que os benefícios do desenvolvimento de veículos elétricos vão além das questões ambientais, se estendendo para a parte econômica, com a geração de empregos, e para a parte do desenvolvimento das indústrias, devido às novas tecnologias criadas e implantadas.

Além disso, o funcionamento destes veículos com menos emissões de gases que os veículos convencionais, apresentam uma boa eficiência quando comparados aos motores a combustão interna, sem o risco de falta de energia resultante da maior autonomia do automóvel.

Outro fator abordado foi o incentivo ao uso de transportes coletivos e a procura por veículos mais eficientes, tendo o ônibus movido a H₂ da UFRJ como referência. Demonstrou que se este fosse implantado, diversas melhorias seriam alcançadas, tornando o transporte público mais eficiente e menos poluente.

Destarte, baseado nos dados anteriores, conclui-se que a expansão da produção dos modelos apresentados, dependem, entre outras coisas, da matriz energética. Nesse cenário, o Brasil divergente de outros países, pois apresenta grandes extensões territoriais para as plantações de cana-de-açúcar, matéria prima do etanol e outros biocombustíveis, o que torna este modelo viável e possível de substituição aos combustíveis fósseis, os quais são finitos e responsáveis pelos problemas ambientais atuais.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Carros híbridos movidos a etanol e debêntures incentivadas apresentam oportunidades para os biocombustíveis**. Ministério de Minas e Energia, 2019. Disponível em: [http://antigo.mme.gov.br/web/guest/todas-as-noticias/-/asset_publisher/pdAS9lCdBICN/content/carros-hibridos-movidos-a-etanol-e-](http://antigo.mme.gov.br/web/guest/todas-as-noticias/-/asset_publisher/pdAS9lCdBICN/content/carros-hibridos-movidos-a-etanol-e)



debentures-incentivadas-apresentam-oportunidades-para-os-biocombustiveis?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fantigo.mme.gov.br%2Fweb%2Fguest%2Ftodas-as-noticias%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_pdAS9lcdBICN%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_count%3D1%26_101_INSTANCE_pdAS9lcdBICN_cur%3D20%26_101. Acesso em: 08 março 2023.

CAMARGO, João Carlos. **O Etanol como Fonte de Hidrogênio para Células a Combustível na Geração Distribuída de Energia Elétrica**. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, Faculdade De Engenharia Mecânica, Universidade Estadual De Campinas. Campinas, 2004. 162 f.

CHRISPIM, Mariana Cardoso; SOUZA, Jhonathan Fernandes Torres de; SIMÕES, André Felipe. Avaliação comparativa entre veículos elétricos e veículos convencionais no contexto de mitigação das mudanças climáticas. **Revista Gestão & Sustentabilidade ambiental**, v. 08, n. 01, 2019. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v8e12019127-148>. Acesso em: 19 jan. 2023.

COPPE UFRJ. Ônibus híbrido a hidrogênio. **COPPE UFRJ**, s.d. Disponível em: <https://www.coppe.ufrj.br/pt-br/a-coppe/coppe-produtos/onibus-hibrido-a-hidrogenio>. Acesso em: 19 jan. 2023.

CANAL DO ERREJOTA. Carro elétrico movido a etanol combustível? Pode isso? **YouTube**, setembro de 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fYmqgthyB7k>. Acesso em: 19 jan. 2023

COMPRECAR. Nissan mostra veículo elétrico movido a célula de combustível de bioetanol. **Comprecar**, s.d. Disponível em: <https://www.comprecar.com.br/revista/nissan-mostra-veiculo-eletrico-movido-a-celula-de-combustivel-de-bioetanol>. Acesso em: 09 mar. 2023.

FUTURETRANSPORT. Nissan testa no Brasil sistema que gera eletricidade através do etanol. **Futuretransport**, maio de 2017. Disponível em: <https://futuretransport.com.br/nissan-testa-e-bio-fuel-cell-system-que-gera-eletricidade-atraves-etanol/>. Acesso em: 19 jan. 2023

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. Proálcool. **Brasil Escola**, s.d. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/proalcool.htm>. Acesso em: 19 jan. 2023.

GREEN DOMUS. O que é o RenovaBio? A Green Domus explica. **YouTube**, 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4DamDxeAqeE>. Acesso em: 19 jan. 2023.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 2008.



MILLS, Mark P. A fantasia do carro elétrico. **Gazeta do Povo**, novembro de 2019. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/ideias/a-fantasia-do-carro-eletrico/>. Acesso em: 19 jan. 2023.

NISSAN. e-Bio Fuel-Cell. A fuel cell system that generates electricity from bioethanol to power a Vehicle. **Nissan Motor Corporation**, s.d. Disponível em: https://www.nissanglobal.com/EN/INNOVATION/TECHNOLOGY/ARCHIVE/E_BIO_FUEL_CELL/. Acesso em: 19 jan. 2023.

NOVA CANA. Cana-de-Açúcar – Tudo sobre esta versátil planta. **Nova Cana**, s.d. Disponível em: <https://www.novacana.com/cana-de-acucar>. Acesso em: 19 jan. 2023.

REIS, Pedro. Vantagens e desvantagens do Carro Elétrico VS Gasolina. **Portal Energias Renováveis**, 2019. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-do-carro-electrico-vs-gasolina/>. Acesso em: 09 mar. 2023.

REUTERS. Parlamento Europeu aprova meta de reduzir emissões de gases do efeito estufa em 60% até 2030. **G1**, outubro de 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2020/10/07/parlamento-europeu-aprova-meta-de-reduzir-emissoes-de-gases-do-efeito-estufa-em-60-ate-2030.ghtml>. Acesso em: 19 jan. 2023.

REIS, Silvio Rodrigo dos; SILVA, Elaine Aparecida da. Motores Elétricos Flex a Etanol: uma nova Era no Setor Automotivo Mundial. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, vol. 12, v. 12, 2017. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.17921/1890-1793.2017v12n12p45-48>. Acesso em: 19 jan. 2023.

WOSNIAK, Fernando. **Viabilidade técnica e econômica de veículos elétricos híbridos a etanol**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Curitiba, 2016. 82 f.

Enviado: Novembro, 2022.

Aprovado: Fevereiro, 2023.

¹ Graduação. ORCID: 0000-0002-6726-3724

² Graduação. ORCID: 0000-0003-3699-9410

³ Orientador.