

ROADMAP TECNOLÓGICO AUTOMOTIVO BRASILEIRO

Energéticos, Emissões Gasosas, Eficiência Energética, Segurança Veicular e Conectividade

Veículos de Passageiros & Comerciais

**AEA
Dezembro, 2020**

CONTEÚDO

PALAVRA DO PRESIDENTE.....	4
Introdução.....	6
Sumário Executivo.....	7
VEÍCULOS DE PASSAGEIROS: Emissões, Eficiência Energética, Combustíveis e Energéticos.....	13
Combustíveis e Energéticos para Veículos de Passageiros.....	13
Introdução.....	13
Gasolina.....	15
Etanol (1G e 2G).....	17
Gás natural.....	23
Tecnologia: Biogás/Biometano (Gás natural renovável).....	25
Elétricos.....	27
<i>E-Fuels, Synthetic fuels</i> , Eletrocombustíveis.....	31
Hidrogênio.....	34
Considerações Finais.....	37
Emissões de Gases Poluentes Veículos de Passageiros.....	41
Emissões Veiculares.....	41
Tecnologias para atendimento PROCONVE (L7 & L8).....	41
Considerações finais.....	42
Eficiência Energética para Veículos de Passageiros.....	44
VEÍCULOS COMERCIAIS: Energia, Eficiência Energética e Emissões Gasosas.....	46
Energia.....	46
Diesel S10 substituindo S500.....	47
Biodiesel e suas misturas.....	51
Gás natural.....	53
Biogás/Biometano (Gás natural renovável).....	53
Diesel Verde (Parafínico Renovável).....	53
Hidrogênio.....	54
E-fuel.....	54

Sumário para Energia em Veículos Comerciais.....	54
Eficiência Energética e Emissões Gasosas.....	56
Sumário para Eficiência Energética e Emissões Gasosas para Veículos Comerciais.....	60
SEGURANÇA VEICULAR	65
CONNECTIVIDADE.....	69
Sobre a AEA.....	72
Referências.....	73



PALAVRA DO PRESIDENTE

Documento histórico

Honrado e orgulhoso por mais este feito da AEA – Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, anunciamos o lançamento do “*Roadmap Tecnológico Automotivo Brasileiro*”, documento histórico elaborado pela Comissão Técnica de Tendências Tecnológicas, capitaneada por nosso diretor Marcos Clemente, nos últimos dois anos, resultado de estudos, pesquisas e debates, em trabalho incansável de vários engenheiros e profissionais automotivos.

Concluído, esse documento histórico agora faz parte da longa trajetória de 36 anos da entidade à frente da condução das principais discussões técnicas do setor automotivo brasileiro. Uma contribuição inestimável que aponta caminhos para o futuro da indústria automobilística do País, de veículos leves e pesados, levando-se em consideração os capítulos de matrizes energéticas, emissões, eficiência energética, conectividade e segurança veicular, em atendimento às atuais e futuras legislações setoriais e às tendências internacionais de mobilidade cada vez mais demandante por sustentabilidade.

Sabemos que o início da história do automóvel, há mais de um século, teve a eletrificação como protagonista. Mas logo vieram os motores a combustão interna, que se consolidaram. Na última década, porém, a eletrificação veicular voltou a tomar fôlego na Europa, Japão, Coreia, China e parte da América do Norte, a ponto de, em alguns países, daqui a 20 anos, ser decretado o fim dos veículos com motores a combustão. Neste momento, o movimento de parte das montadoras internacionais já sinaliza desenvolvimento de plataformas veiculares somente para produtos eletrificados.

Nesse cenário, como fica o Brasil? Que, aliás, já significou o quinto maior produtor de autoveículos e o quarto mercado interno do mundo. Este documento histórico parte do princípio de que, diferentemente do restante do planeta, o Brasil é muito rico em matrizes energéticas, em especial por biocombustíveis (etanol e diesel verde) e gás natural e, por ter dimensões continentais, precisa conhecer a realidade da capacidade de investimentos em infraestrutura se considerada somente a eletrificação veicular.

É imprescindível ressaltar que, além de ter em abundância, o País domina o conhecimento sobre os biocombustíveis. E aqui relevo a importância da AEA - e da Engenharia Automotiva nacional - porque a entidade nasceu em 1984 para estudar o Proálcool e realizar encontros técnicos do setor. Pouco mais tarde, nos anos que precederam o primeiro lançamento do carro *flex*, em 2003, os engenheiros automotivos brasileiros tiveram papel preponderante.

Agora, um novo desafio se apresenta ao Brasil. Que caminhos devemos seguir? O da eletrificação, a reboque da tendência internacional? O dos biocombustíveis, somente? Ou ainda podemos trilhar pela complementariedade de tecnologias? Este último nos parece mais plausível, diante de, ao menos, duas realidades: a análise inseparável da obtenção da energia elétrica e dos biocombustíveis do poço à roda e do custeio da infraestrutura de abastecimento de energética elétrica.

De um lado, não podemos ficar fora dos debates da eletrificação veicular. Precisamos participar e já pensarmos em ter unidades fabris, ainda que de baixos volumes, de veículos eletrificados. Por baixos volumes, entende-se atendimentos a nichos de mercado, basicamente devido à falta de infraestrutura de abastecimento. De outra parte, inimaginável abandonar as tecnologias de motores a combustão interna porque, além da disponibilidade da energia por biocombustíveis e do domínio do conhecimento, ainda há espaços para introduzir mais inovações.

“Roadmap Tecnológico Automotivo Brasileiro” é um trabalho de fôlego, de muito valor técnico.

Boa leitura a todos.

Besaluel Botelho

Presidente

AEA – Associação Brasileira de Engenharia Automotiva

INTRODUÇÃO

No início de 2019, a então recém criada Diretoria de Tendências Tecnológicas, tomou como primeira medida a estruturação de sua Comissão Técnica (CT). Assumiram a sua liderança os Engenheiros Everton Lopes da Silva na Coordenação, e Caio Amaral no papel de Vice Coordenação, que rapidamente estruturaram sua equipe de trabalho.

As primeiras atividades da CT focaram na elaboração e publicação de artigos de tendências tecnológicas, de acesso público, no site da AEA. Não tardou para o grupo, após a maturação do conceito em suas discussões de pautas, desenvolver a proposta de um documento com visão da estratégia de tecnologias para o Brasil. Era o embrião dessa primeira edição do *ROADMAP TECNOLÓGICO AUTOMOTIVO BRASILEIRO*.

Esse documento nasceu com o conceito de que deverá ser “vivo”, orgânico, passando periodicamente por atualizações. Seu conteúdo deverá ter abrangência e profundidade suficientes para provocar e permitir reflexões sobre os impactos das tendências para a Engenharia Automotiva Brasileira.

Para sua elaboração, a CT de Tendências Tecnológicas estruturou um plano de trabalho de fôlego, com a participação de mais de 40 membros de outras sete CT's, com relevante apoio de toda a Diretoria da AEA. Para cada tema, gerou-se um documento com as informações das tendências globais, as características locais e avaliação sobre os impactos que a sua adoção teria no Brasil. Com esse rico material de apoio, desenvolveram-se os capítulos desse documento.

A pandemia da COVID-19 provocará revisões de estratégias industriais traçadas para os próximos anos e até décadas. Qual será a estratégia de disponibilização de energéticos como gás natural e biogás? E a infraestrutura para eletrificação veicular? Como o Brasil tratará as reservas do pré-sal? Como o Brasil se inserirá na economia do Hidrogênio? E os usuários de transporte: mudarão seus hábitos de deslocamento? Consumirão serviços ou comprarão veículos próprios? Essas e outras questões essenciais para o adequado planejamento estratégico, precisarão ser revisitadas para a segunda edição desse documento no melhor tempo possível...

Esperamos que essa primeira edição do *ROADMAP TECNOLÓGICO AUTOMOTIVO BRASILEIRO* apoie e incentive reflexões que permitam o contínuo desenvolvimento e capacitação da Engenharia Automotiva do Brasil.

Marcos Clemente

Diretor de Tendências Tecnológicas

Everton Lopes da Silva

Coordenador da CT de Tendências Tecnológicas

Caio Amaral

Vice Coordenador da CT de Tendências Tecnológicas

SUMÁRIO EXECUTIVO

A adoção de novas tecnologias para a mobilidade depende, particularmente, de dois fatores: a existência de legislação que defina a necessidade do desenvolvimento tecnológico; e a disponibilidade de recursos naturais e, em especial, a energia.

As realidades em diversas regiões do mundo são diferentes, e as condições regionais de disponibilidade e segurança energética, capacidade de investimento e, especialmente, soluções já existentes, devem ser levadas em consideração na construção de políticas energéticas visando o futuro.

Neste contexto, para **veículos de Passageiros** é possível indicar:

- **Cenário Energético:**
 - O combustível fóssil principal ainda é a gasolina, que ainda não alcançou o pico de consumo, que é esperado em ou até 2040, garantindo o abastecimento enquanto a transição energética para alternativas de baixo carbono ocorre.
 - Os programas existentes e consolidados, como o RenovaBio e ROTA 2030, deverão incentivar a maior participação dos biocombustíveis na matriz energética brasileira, garantindo a descarbonização da matriz em longo prazo.
 - O Etanol, já consolidado com a tecnologia de primeira geração (1G), ganhará espaço na matriz energética com o crescimento da produção de segunda geração (2G) e participação de outras fontes, como por exemplo, o milho.
 - O Gás Natural e o Biogás, com a aumento da disponibilidade prevista, poderão ser alavancados, caso as políticas do novo mercado do gás, em processo de aprovação, sejam efetivadas.
 - A eletricidade como combustível será empregada conforme a tecnologia de veículos elétricos ou híbridos *plug-in* aumentar sua participação no mercado, o que é previsto ocorrer nas próximas décadas. No entanto, com uma transição relativamente lenta, em função da disponibilidade de alternativas energéticas de baixo carbono, como os biocombustíveis, e das dificuldades de investimento na infraestrutura necessária. É

possível prever a introdução dessa tecnologia, de forma mais rápida, em aplicações de nicho ou que operem em grandes centros, como medida para a melhoria da qualidade local do ar.

- Outras modalidades energéticas, como o Hidrogênio e combustíveis sintéticos, estão se tornando uma alternativa viável, incentivadas pelos acordos realizados na Europa (European Green Deal). No entanto, dependem de ampla implantação de infraestrutura local, e desta forma, a previsão é que seu uso no transporte será ainda muito tímido nas próximas décadas.
- **Emissões e Eficiência Energética:**
 - Os programas já consolidados, como ROTA 2030 e PROCONVE, exigirão maior nível de desenvolvimento tecnológico dos veículos para atendimento das metas definidas.
 - Para emissões gasosas, as tendências tecnológicas para os veículos leves até 2024 (fase L7) indicam o uso de catalisadores mais eficientes, *canisters* maiores e uso de materiais sintéticos mais elaborados. Sistemas OBD mais abrangentes, com mais variáveis controladas, para garantir o controle dos diversos sistemas de controle das emissões. As certificações serão mais complexas, devido a necessidade de comprovação de desempenho das emissões em tráfego real. A partir de 2025, com o advento da fase L8 e sua avaliação por média corporativa, deverá aumentar em escala crescente a participação da hibridização dos veículos, e em longo prazo, prevendo-se a utilização em escala maior de veículos elétricos ou com células de combustível usando etanol.
 - Para Eficiência Energética, a primeira fase do ROTA 2030, prevista para 2022, a meta energética está definida, sendo 11% de redução em comparação à meta do INOVAR AUTO. As rotas tecnológicas a serem adotadas consideram a continuidade das ações para redução de atrito em componentes e óleo de baixa viscosidade; aumento da participação de motores turbo com injeção direta (TDI); foco na melhoria da paridade Etanol/Gasolina; redução da massa dos veículos com adoção de materiais mais leves, como ligas de alumínio; adoção em maior escala de sistemas auxiliares como *Start-Stop*; alternador inteligente e compressor de ar condicionado variável. Na segunda etapa do programa de eficiência energética do ROTA 2030, prevista para 2027, ainda não há metas de eficiência energética estabelecidas, no entanto, certamente haverá a necessidade da contínua redução do consumo energético dos veículos, onde as tecnologias indicadas acima,

deverão continuar sendo aplicadas em maior número de modelos, apoiando a redução do consumo da frota, podendo ser associadas a sistemas eletrificados, dependendo do mix de vendas de cada montadora. Para a contínua e real redução das emissões de GEE, a contabilização das emissões do poço à roda, levando em consideração a fabricação e distribuição do combustível, será fundamental para adoção da rota tecnológica mais adequada.

- **Segurança Veicular:**

- Com o encerramento do Inovar Auto e o início do programa ROTA 2030, o tema segurança veicular será alvo de muitos desenvolvimentos, pois há previsão para o Desempenho Estrutural e Tecnologias Assistivas à Direção. O programa estabelece, através da Resolução CONTRAN 717/2017 a lista de 38 tecnologias que devem ser implementadas, gradualmente, entre 2022 e 2027 pelas empresas homologadas. Adicionalmente, como já estabelecido para eficiência energética, o Denatran estabeleceu a portaria nº 374/2020, que prevê o Programa de Rotulagem Veicular de Segurança. Isto se aplicará a todos os veículos comercializados no Brasil, informando os itens de segurança inovadores disponíveis.

Neste contexto, para **veículos Comerciais** é possível indicar:

- **Cenário Energético:**

- Como ação de curto prazo, a substituição do Diesel S500 pelo Diesel S10 garantirá a redução efetiva de emissões gasosas, em especial do material particulado (MP), preparando o mercado para a entrada da Fase PROCONVE P8.
- O biodiesel, que já está implementado, vem cumprindo o papel de apoio na redução da pegada de carbono na matriz energética brasileira. No entanto, algumas restrições técnicas são apresentadas em estudos, em especial associadas a dificuldades na eficiência de separação de água, bem como, contaminantes que reduzem a eficiência do sistema de pós tratamento de emissões, o que abre espaço para a introdução, a longo prazo, do chamado Diesel Verde na complementação da mistura do Diesel BX com o objetivo de cumprir as metas do RENOVABIO.
- O gás natural tem possibilidades de aplicação efetiva em função do aumento da disponibilidade do gás natural nos próximos anos, e pela já consolidada tecnologia para

implementação em veículos comerciais. No entanto, ainda há restrições na distribuição deste combustível em função da falta de infraestrutura fora dos grandes centros, cenário que poderá ser revertido se o Novo Mercado do Gás for aprovado e aplicado, sendo considerado um combustível de transição para um transporte de baixo carbono.

- O Biogás, em especial o Biometano, tem grande disponibilidade em determinadas regiões, em função das atividades do agronegócio ou aterros sanitários, com infraestrutura de distribuição ainda muito pequena. Este tipo de combustível, em função de sua emissão de CO₂eq e, também, pelo seu custo atrativo, poderá ser uma solução viável em médio prazo para frotas cativas.
 - Por fim, o Hidrogênio e E-fuel são rotas possíveis, com grande efetividade na redução das emissões de gases de efeito estufa. No entanto, a necessidade de investimentos para viabilizar a aplicação em larga escala coloca esses combustíveis no cenário de longo prazo para veículos comerciais no Brasil.
- **Emissões e Eficiência Energética:** Com a entrada do PROCONVE P8, previsto para 2022, e a definição de metas de eficiência energética para esta classe de veículos, prevista para entrar em vigor em 2032, novas tecnologias serão introduzidas. Os veículos comerciais devem ser tratados por classe, pois as diferentes aplicações sugerem diferentes necessidades tecnológicas. Esse documento os classifica conforme abaixo:
 - CAMINHÕES PESADOS: A tecnologia de veículos híbridos 48V, por apresentar maior facilidade de implantação, aproveitando os desenvolvimentos para veículos leves, pode ser favorecida em horizonte de curto/médio prazos. A implantação do DPF, com ou sem *HC dosing* para regeneração, entrará em vigor para atendimento do PROCONVE P8 em 2022, sendo a estratégia de dosagem do HC dependente de cada fabricante em função dos projetos e custos associados. A utilização do *dual stage turbo charge* e do VGT, tecnologias concorrentes, pode ganhar espaço a curto/médio prazos para aumento de eficiência energética dos motores, também a depender das estratégias de cada fabricante. Há uma tendência de que os veículos já saiam com *Tire Pressure Monitoring System* (TPMS) de fábrica, auxiliando no aumento de eficiência, aproveitando os desenvolvimentos em conectividade, telemetria e rastreadores.

- Tecnologias voltadas para reduções de peso e resistências aerodinâmicas e de rolagem serão implantadas mais amplamente a partir de 2030, para atender requisitos de aumento de eficiência energética dos veículos.
- CAMINHÕES LEVES: Tanto a tecnologia de veículos híbridos 48V, como os híbridos mais avançados, devem penetrar nesse segmento no curto/médio prazos, também aproveitando os desenvolvimentos para veículos leves. Seguindo a mesma tendência observada para os veículos leves nos últimos anos, a transmissão automatizada e o *start-stop* serão utilizadas mais amplamente nesse segmento. Assim como no segmento de caminhões pesados, o TPMS também deverá estar presente no curto/médio prazos nos caminhões leves. O *dual stage turbo charge*, tecnologia já dominada, poderá estar mais presente para aumento de eficiência dos motores desse segmento.
- O uso do gás natural poderia ser favorecido nesse segmento no curto/médio prazos, em função da disponibilidade de infraestrutura de abastecimento nas maiores cidades do Brasil, sendo, porém, necessários desenvolvimentos específicos e compatibilização de custos para o mercado nacional.
- ÔNIBUS URBANOS E RODOVIÁRIOS: Em função de similaridades dos usos em estradas ou centros urbanos, e das maiores ou menores distâncias médias percorridas, pode-se dizer que algumas tecnologias mais promissoras para os caminhões pesados também penetrem nos ônibus rodoviários, enquanto outras tecnologias voltadas para os caminhões leves penetrem mais amplamente nos ônibus urbanos. Esse raciocínio vale, por exemplo, para as tecnologias de híbridos 48 V e híbridos avançados, que podem penetrar no curto/médio prazos, preferencialmente, nos ônibus urbanos. O mesmo ocorre no que diz respeito ao uso da tecnologia *start-stop*, que poderá aumentar no curto/médio prazos nos ônibus urbanos. Por sua vez, o TPMS deve ser uma tendência geral em ônibus urbanos e rodoviários.
- O uso do gás natural também é favorecido nos ônibus urbanos das maiores cidades do Brasil, que possuem infraestrutura de abastecimento, sendo que existem dificuldades em relação à revenda dos veículos usados para cidades do interior (prática comum nesse segmento), que não possuam ampla rede de distribuição de gás. Também são necessários desenvolvimentos que compatibilizem os custos envolvidos na aquisição e uso da tecnologia para o mercado nacional.

- A implantação do DPF com ou sem HC *dosing* para regeneração estará presente para atendimento do PROCONVE P8 em 2022, tanto nos urbanos como rodoviários, sendo a estratégia de dosagem do HC dependente de cada fabricante em função dos projetos e custos associados.
- **Conectividade:** o Brasil tem uma longa história com carro conectado, com foco relacionado à segurança (recuperação de veículo), reflexo do alto nível de roubo de veículo e cargas.
 - Com a evolução da tecnologia de telefonia e melhorias de *hardware*, esses veículos começaram a enviar localização (coordenadas de GPS), telemetria (informações da rede eletrônica do veículo) e, nos últimos anos, associado à tecnologia 4G (LTE) oferece *mobile hotspot* e *streaming* de vídeo.
 - No Brasil, essa tendência está se tornando realidade, com vários veículos lançados nos últimos anos oferecendo pacotes de conectividade e serviços, como recuperação de veículo, *concierge* e *mobile hotspot*.
 - As novas tecnologias de LTE e 5G oferecerão um aumento teórico de 100 vezes em relação ao 4G CAT 4 para tráfego de dados e reduzirão a latência para menos de 10 ms. Talvez o maior impacto seja a latência, por exemplo, reduzindo significativamente a distância trafegada por um veículo em alta velocidade (de centenas de metros para dezenas), para aplicação de freio auxiliar de emergência, ou execução de outra manobra para evitar ou reduzir danos de acidentes.
 - O leilão da banda 5G no Brasil está previsto para 2021. Ainda é discutível quando seriam aplicados os primeiros projetos no Brasil, mas, com a evolução da tecnologia e aumento de escala de adoção, com conseqüente redução de custos, aumentam as possibilidades de adoção no Brasil.

VEÍCULOS DE PASSAGEIROS: EMISSÕES, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, COMBUSTÍVEIS E ENERGÉTICOS

Nas últimas décadas, a evolução tecnológica dos motores e dos veículos leves, bem como seus combustíveis, tem sido orientada e acelerada, a nível mundial, por exigências cada vez maiores da sociedade para reduções dos impactos ambientais e aumento de eficiências, visando redução de poluição local, contenção do aquecimento global e conservação dos recursos naturais.

Programas de controle da poluição do ar por veículos automotores vêm sendo adotados em vários países, com resultados bastante positivos ao longo dos anos. O Brasil está alinhado neste cenário mundial desde a implementação do PROCONVE em 1986. O PROCONVE prevê para os próximos anos a entrada das fases L7 e L8, para os veículos leves, com adoção de limites de emissões gasosas cada vez mais restritivos.

Somam-se ao PROCONVE, fatores motivadores associados à entrada em vigor, nos anos mais recentes, dos Programas de Governo INOVAR AUTO, ROTA 2030 e RenovaBio, com objetivos de aumento de eficiência e do uso de combustíveis renováveis. Esses novos programas também estão orientando e estimulando desenvolvimentos tecnológicos para o segmento automotivo, alinhados com os cenários, tendências e vocações do Brasil.

Combustíveis e Energéticos para Veículos de Passageiros

Introdução

O Mundo vem passando por transformações econômicas e sociais influenciadas fortemente por mudanças ambientais e climáticas. Desde a segunda metade do século XX, as regulamentações para redução das emissões de poluentes oriundos dos gases de escapamento dos veículos vêm se intensificando. Nos últimos trinta anos, a preocupação adicional com a emissão dos gases de efeito estufa

(GEE) e o seu efeito no aquecimento global tem crescido significativamente. Acordos a nível mundial vem sendo gerados, visando promover ações para a redução da emissão dos GEE, no intuito de frear o aumento da temperatura global.

Nos setores de energia e de transportes, tais ações se concentram no desenvolvimento de novas fontes energéticas e novas tecnologias veiculares, menos poluentes e menos emissoras de GEE. Os combustíveis fósseis geram trabalho a partir da sua queima em motores. Nesse processo, os motores emitem poluentes gasosos, particulados e CO₂. Além disso, no processo de produção dos combustíveis e dos veículos também há emissão de GEE.

Nesse contexto, as alternativas para mitigação dos GEE no setor de transporte incluem: a redução do consumo de combustíveis fósseis; a utilização de combustíveis com menor emissão de CO₂ e a reciclagem ou armazenamento dos gases de efeitos estufa emitidos; a utilização de combustíveis renováveis, como os biocombustíveis, os combustíveis sintéticos e a eletricidade (desde que produzida de fontes renováveis tais como hidrelétrica, solar e eólica). No que se refere especificamente aos veículos leves, as ações de mitigação direcionam para o desenvolvimento de motores a combustão interna mais eficientes, motores híbridos, motores elétricos e células de combustível.

O desenvolvimento de novas fontes energéticas e de novos veículos somente será eficaz no atingimento dos objetivos ambientais, se for planejado e executado de forma sustentável. Isto é, com equilíbrio dos fatores econômicos, sociais e ambientais. O foco em apenas um dos fatores, ou de forma desequilibrada entre eles, não é sustentável, nem para o meio ambiente, nem para a economia e nem para a sociedade.

Outro aspecto a ser considerado na previsão dos reais benefícios ao meio ambiente é o ciclo de vida dos combustíveis/energéticos e dos tipos de veículos. O meio ambiente é afetado por toda atividade humana. No ciclo energético, cabe considerar o processo completo, desde a extração ou geração, passando por etapas intermediárias de transformação e de beneficiamento, pelo transporte, pelo uso, até chegar ao tratamento e descarte ou reciclagem final dos resíduos.

Este documento procura analisar as alternativas energéticas para o segmento dos veículos leves, ao longo dos próximos 30 anos, com ênfase no Brasil, mas abordando também algumas experiências e perspectivas de outros países. Foram selecionados para esse estudo: a gasolina, o etanol, o gás natural, o biometano, a eletricidade, os combustíveis sintéticos (*e-fuels*) e o hidrogênio.

Gasolina

A gasolina é o principal combustível derivado de petróleo, sendo mundialmente utilizada nos motores de combustão interna do Ciclo Otto, que equipam os veículos leves.

No Brasil, desde a instituição do Proálcool em 1975, o etanol vem sendo misturado à gasolina em percentuais crescentes, sendo de 27% o teor atualmente vigente no país. Esse fato diferencia a gasolina brasileira da utilizada em outros países, especialmente quanto à contribuição para redução de gases de efeito estufa (GEE).

As metas a nível global (Protocolo de Kyoto, Acordo de Paris, dentre outros) e a nível nacional (ROTA 2030 e RenovaBio), que incentivam o aumento da eficiência dos motores e a redução das emissões de GEE, direcionam o desenvolvimento de motores para o uso de combustíveis de fontes renováveis. Legislações para redução das emissões de poluentes no escapamento (CO, HC, NOx e MP), tal como o PROCONVE no Brasil, também contribuem para mudanças nas tecnologias dos veículos, na qualidade da gasolina e para o uso crescente de renováveis.

A substituição da gasolina por combustíveis renováveis e dos motores de combustão interna (MCI) por outros tipos de sistemas de potência ocorrerá de forma gradativa ao longo dos próximos 30 anos. Tal implantação depende de desenvolvimento tecnológico e estrutural, de cadeias de produção e de uso sustentáveis, tanto das novas fontes de energia, como dos novos tipos de sistemas de propulsão e veículos.

A evolução tecnológica dos motores a combustão interna, aumentando sua eficiência dos atuais 30% para 50%, é uma etapa importante para ajudar na meta de redução dos gases de efeito estufa, de forma conjunta com o aumento da participação de renováveis e de eletrificação da frota. Um fato também a considerar é que a renovação da frota se dá de forma lenta.

De acordo com o PNE 2050, “a despeito da ampliação do consumo de renováveis, a demanda por derivados de petróleo no Brasil continuará em elevação, devido, em parte, ao crescimento populacional, ao incremento do padrão de consumo de seus habitantes e ao aumento das exportações de commodities, movimentadas majoritariamente pelo modo rodoviário. Assim, projeta-se que derivados como óleo diesel e querosene de aviação possuam demanda crescente durante todo o período.”

Dentre as tecnologias consideradas no horizonte do PNE 2050 estão os veículos flexfuel, veículos híbridos e elétricos. “Em um contexto de transição energética, os veículos a combustão interna serão substituídos, de modo mais acelerado ou mais lento, por veículos elétricos. Entretanto, entende-se que esta substituição será realizada globalmente após avanços significativos na tecnologia do motor a combustão. Na próxima década, montadoras ainda buscarão o máximo de eficiência desses veículos, seja por meio da redução de peso, por melhorias na injeção direta, uso dos gases de combustão (turbo), arquitetura de motores, tecnologia eletroeletrônica embarcada ou aperfeiçoamentos aerodinâmicos, na transmissão, em pneus etc. Neste contexto, no Brasil, também se desenvolverão veículos flexfuel, a partir da experiência nacional com o uso do etanol e da gasolina automotiva.”

O consumo de gasolina para veículos leves no Brasil ainda deverá ser crescente na janela de 2020 a 2030. Projeta-se uma desaceleração na década de 2030 a 2040, com um pico de consumo em torno de 2040 e, a partir daí, um decaimento gradativo até 2050. Na Figura 1 está representada a evolução, até 2050, das principais fontes energéticas empregadas nos dias de hoje para o segmento de veículos leves.

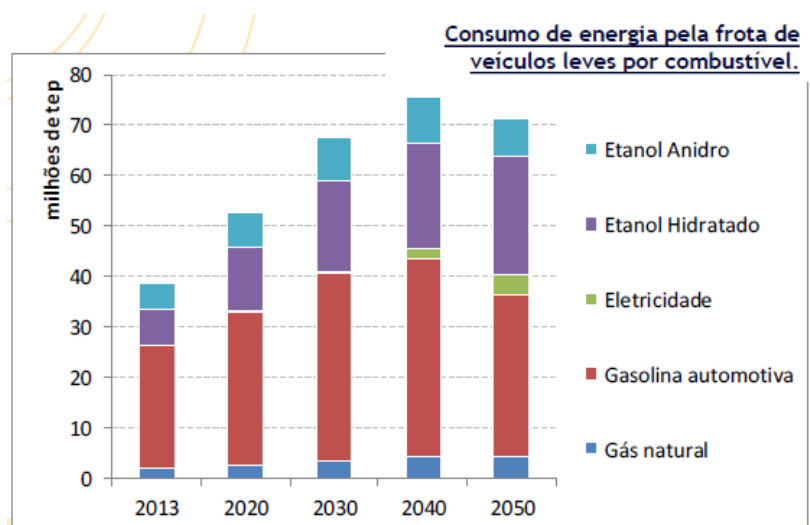


Figura 1: Projeção da evolução de demanda por Gasolina e renováveis [1].

A gasolina, assim como o óleo diesel, funcionará como um dos combustíveis para garantia do abastecimento energético da mobilidade durante a transição para o baixo carbono. O PNE 2050 destaca os desafios para o tomador de decisão do setor energético, dentre eles que haja “garantia da segurança do abastecimento em eventos extremos relacionados às mudanças climáticas. Uma matriz elétrica cada vez menos emissora de GEE e renovável implica uma participação cada vez maior de fontes não-

controláveis que, de forma geral, são mais vulneráveis às mudanças climáticas. O setor tem como desafio garantir a segurança do sistema e buscar soluções alternativas às fontes emissoras.” Dessa forma recomenda: “Criar plano de mitigação de riscos relativos à segurança do abastecimento em caso de eventos extremos. Os impactos decorrentes da alta participação de fontes renováveis variáveis precisam ser bem avaliados em termos de segurança do abastecimento. São ainda necessárias, em particular, as seguintes atividades: (i) Avaliar os impactos eletroenergéticos em termos de grau de complexidade do planejamento e execução da operação por conta de efeitos de mudanças climáticas sobre disponibilidade de energia; (ii) Fomentar estudos envolvendo cenários extremos.

Entende-se que a qualidade da gasolina também deverá evoluir nos próximos anos, a fim de contribuir e viabilizar a entrada de novas tecnologias de motores a combustão interna, ou de motores híbridos. A busca por motores de maior eficiência, com metas de 40% e 50%, certamente levará à necessidade de mudanças na formulação da gasolina, em menor ou maior grau, dependendo da tecnologia que predominantemente vier a ser adotada. Assim sendo, recomenda-se um estreito trabalho em conjunto entre os produtores de combustíveis e os fabricantes de equipamentos originais (*Original Equipment Manufacturer* - OEM) para que o desenvolvimento das tecnologias veiculares e dos combustíveis andem juntas.

Etanol (1G e 2G)

Principal área de contribuição

O Etanol é um combustível líquido de origem renovável, cujas propriedades permitem seu uso em motores do ciclo Otto. As principais diferenças para a gasolina são: o fato de ser uma molécula única e oxigenada, e possuir poder calorífico e relação estequiométrica ar/combustível inferiores aos da gasolina. Dessa forma, trata-se de um substituto para gasolina que demanda ajustes na calibração de motores que foram originalmente desenvolvidos para operar apenas com gasolina. Com o desenvolvimento dos motores Flex, a partir de 2003, tais ajustes de calibração já começaram a sair programados de fábrica, permitindo que o etanol e a gasolina pudessem ser usados indistintamente no mesmo motor, podendo ser abastecidos no veículo em qualquer proporção. Devido ao fato de ter origem renovável, a principal contribuição ambiental do etanol, quando se avalia o ciclo de vida do produto, é a redução das emissões de gases do efeito estufa.

O etanol obtido pela fermentação do caldo da cana-de-açúcar ou do milho é denominado de primeira geração (etanol 1G). Já o etanol obtido a partir de biomassa, por meio de processos enzimáticos, é chamado de etanol celulósico ou de segunda geração (etanol 2G).

Existência de tecnologia em outras regiões

Em diversos países, o etanol vem sendo largamente utilizado como combustível automotivo, misturado à gasolina, como alternativa para aumentar o uso de combustíveis renováveis. O Brasil e os EUA são os países que mais consomem o etanol, tendo os maiores teores de mistura à gasolina: 27% e 10% respectivamente. Índia e China planejam aumentar o percentual do etanol adicionado para 10%, até 2022.

“O governo federal está trabalhando para mudar este cenário e transformar o etanol em uma commodity mundial. Para isso, missões diplomáticas/comerciais estão sendo empreendidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento por vários países. Atualmente, o Ministério contabiliza cerca de 60 países que possuem ou estudam algum programa para incorporar o etanol em sua matriz energética” [2].

Viabilidade técnica no Brasil e produção local

Desde a implantação do Proálcool, em 1975, a produção do etanol no Brasil vem se desenvolvendo de forma consistente. Hoje, a tecnologia do etanol 1G é madura e amplamente aplicada no país, concentrando-se nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, como mostrado na Figura 2. Na safra de 2019/2020, a produção de etanol 1G foi de 36,5 bilhões de litros.

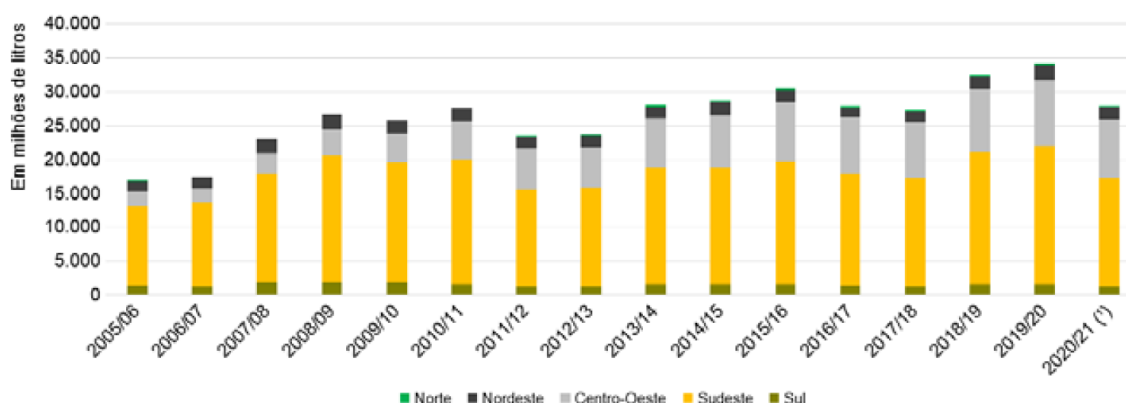


Figura 2: Evolução da produção de etanol entre as safras 2005/2006 e 2020/2021 por região [3].

“O Brasil é o segundo maior produtor de etanol do mundo, atrás apenas dos americanos. As projeções são de que o país deve produzir 30,4 bilhões de litros de etanol, neste ano, e chegar a 37,2 bilhões em

2028” [2]. Dados da Conab mostram o crescimento no volume total de produção nos últimos anos, como ilustrado na Figura3, beneficiado pela crescente participação do milho como matéria-prima para a produção de etanol, com uma estimativa de produção de 1,6 bilhões de litros do biocombustível na safra 2020/2021 [3].

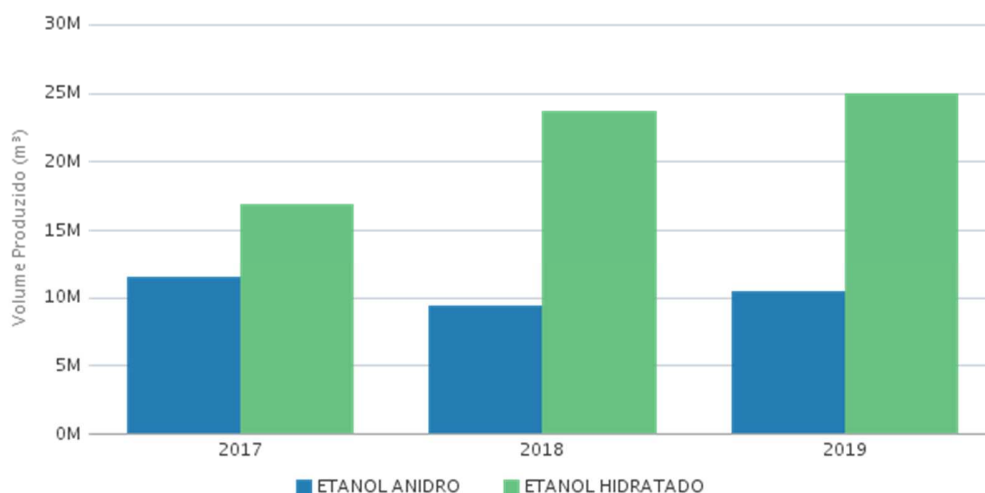


Figura 3: Evolução anual da produção nacional de etanol de 2017 a 2019 [4].

Com relação ao etanol 2G, a tecnologia ainda se encontra em desenvolvimento, com foco na robustez operacional e redução de custos CAPEX e OPEX. O etanol 2G, ou etanol celulósico, visa aproveitar resíduos de biomassa, agrícolas ou florestais, de forma independente, ou aumentar a eficiência das plantas de etanol 1G, de forma integrada, produzindo o etanol 2G a partir dos resíduos da própria colheita da cana ou do milho.

A produção do etanol 2G em escala comercial no Brasil, está atualmente concentrada em duas plantas, sendo uma da GranBio e a outra da Raízen.

A usina da GranBio, inaugurada em 2014, fica localizada em São Miguel dos Campos, em Alagoas. Atualmente, a empresa tem capacidade para produzir cerca de 30 milhões de litros de etanol 2G por ano e 100% desse biocombustível é, atualmente, exportado aos mercados americano e europeu [5].

A usina da Raízen, fica situada em Piracicaba, SP, e foi inaugurada em novembro de 2014. “A Raízen, empresa integrada de energia controlada pela Cosan e pela Shell, produziu 16,5 milhões de litros de etanol 2G. A produção foi na safra 2018/19 e consta de relatório anual com os resultados das operações da companhia. No documento podem ser encontradas informações operacionais, financeiras e

socioambientais. O documento também lista investimentos relacionados à estratégia e à visão de futuro e os avanços no relacionamento com os *stakeholders*. Dentre alguns dos destaques apresentados no relatório está a produção de 2,5 bilhões de litros de etanol. Além disso, também é descrita a comercialização de 16,7 TWh de energia ao longo da safra 2018/19” [6].

Barreiras para implementação

As barreiras de custo do etanol 1G estão relacionadas ao custo agrícola, que representa 80% do custo de produção. Já o etanol 2G necessita de otimização do processo tanto em CAPEX quanto em OPEX, relacionado aos custos da biomassa e das enzimas.

A barreira cultural está associada à aversão ao risco tecnológico em razão das dificuldades do setor sucroenergético.

A necessidade de mão-de-obra aplicada na produção do etanol 1G vem se reduzindo devido ao aumento da mecanização nas atividades de colheita. Com relação ao etanol 2G, há demanda por maior qualificação e intensidade de mão de obra.

Tecnologia

Não há barreiras tecnológicas significativas, pois o processo de produção do etanol 1G já é consolidado. Com relação ao etanol 2G, no Brasil, os processos são licenciados/adaptados.

Legislação

Tanto para o etanol 1G quanto 2G o setor segue a Política Nacional de Biocombustíveis (Lei nº 13.576/17).

Motivadores

A redução de emissão de CO₂ proporcionada pelo etanol 1G e 2G pode auxiliar o atingimento de metas previstos no RenovaBio. O incentivo à utilização do etanol previsto no Programa Rota 2030, que oferece benefícios aos veículos FLEX que melhorarem a eficiência energética com etanol (sem prejuízo quando estiver com gasolina) e aos veículos híbridos flex ou a etanol hidratado, também contribuirá para o aumento da participação desse combustível na matriz energética brasileira.

Nos Estados Unidos podemos citar programas motivadores do etanol tais como o *California Low Carbon Fuel Standard* e *Renewable Fuel Standard*.

Diferencial da tecnologia brasileira

Pode-se citar a grande curva de aprendizado tecnológico adquirido desde a implantação do Proálcool em 1975, com ganhos significativos de eficiência, produtividade e preservação ambiental. A produção do

etanol 2G tende a aumentar a eficiência do processo, a partir da implantação de plantas associadas ao etanol de primeira geração, com melhor logística de biomassa.

Participação dos renováveis e do etanol na matriz energética brasileira

A matriz energética brasileira é uma das mais renováveis do mundo, sendo a oferta interna de energia (OIE) repartida em 46,1% de renováveis e 53,9% de não renováveis, como pode ser visto de forma detalhada na Figura 4 [7].

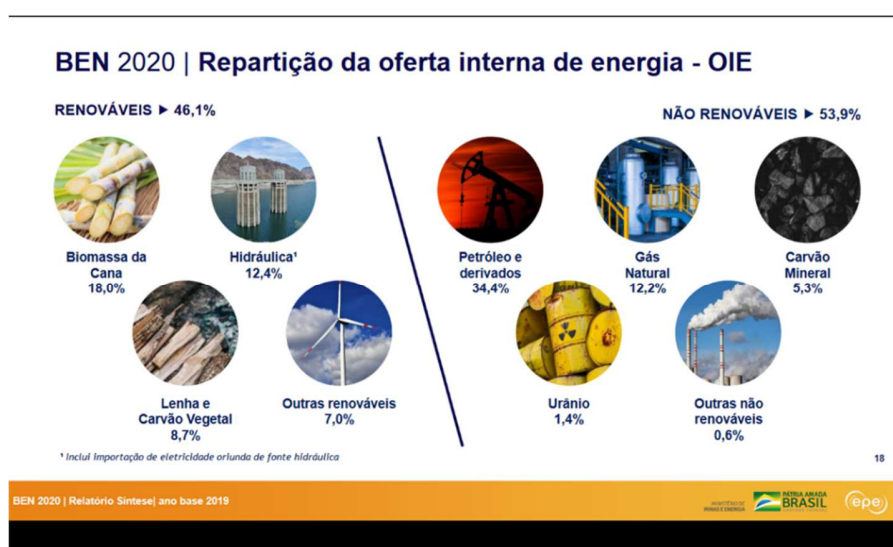


Figura 4: Repartição da Oferta de Energia no Brasil em Renováveis e Não Renováveis [7].

Ainda de acordo com o Balanço Energético Nacional 2020, “no mercado de veículos leves, o etanol hidratado ganhou participação em relação à gasolina automotiva, passando a representar 45% do consumo em 2019, contra 42% em 2018. O álcool anidro também teve um aumento em seu consumo (+3,3%) em 2019.

O crescimento do consumo de etanol (+11,3%) em 2019, em base energética, vem se destacando no setor de transportes, em relação aos demais combustíveis (Figura 5):

BEN 2020 | Consumo de energia nos transportes¹

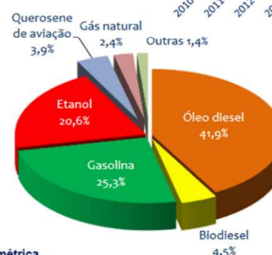


2019	84,9 Mtep
2018	82,2 Mtep
	↑ 3,3%

Participação das renováveis nos transportes



- ↑ Etanol +11,3%
- ↓ Gasolina -0,5%
- ↑ Óleo diesel +1,9%
- ↑ Biodiesel +9,4% (aumento do percentual na mistura – B11)
O crescente consumo de biodiesel se deve à política de adição deste combustível no diesel fóssil, que atingiu 11% em volume (B11) em 2019. Para mais informações, visitar a página 22.



¹ A variação percentual do consumo está expressa em base energética, e não volumétrica.

29

BEN 2020 | Relatório Síntese | ano base 2019



Figura 5: Potencial de crescimento da produção: Etanol total de 26,7 bilhões de litros (2018) para 46, 9 bilhões de litros (2028) [7].

3.10 Impacto ambiental comparativo em termos de Intensidade de Carbono

Carbono equivalente no ciclo de vida [8]:

Intensidade de carbono da Gasolina = 87,6 g CO₂eq/MJ;

Intensidade de carbono do Etanol anidro 1G = 20,51 g CO₂ eq/MJ;

Intensidade de carbono do Etanol hidratado 1G = 20,79 g CO₂ eq/MJ;

Intensidade de carbono do Etanol anidro 1G2G = 18,63 g CO₂ eq/MJ;

Intensidade de carbono da Etanol hidratado 1G2G = 18,91 g CO₂ eq/MJ;

Intensidade de carbono do Etanol anidro 2G stand alone = 4,41 g CO₂ eq/MJ

Intensidade de carbono do Etanol hidratado 2G stand alone = 4,70 g CO₂ eq/MJ

Os dados de intensidade de carbono apresentados acima, considerados no Programa RenovaBio, deixam claro o atrativo ambiental em substituir a gasolina pelo etanol, para a redução dos GEE.

Gás natural

Principal área de contribuição

A mistura de hidrocarbonetos presentes no gás natural proporciona uma combustão mais limpa e eficiente em comparação com outros combustíveis fósseis, o que reduz os esforços necessários ao atingimento das metas de emissões. Além disso, estima-se uma redução de emissão de CO₂ em torno de 15% [9] [10].

Além do benefício energético, com a intensificação da exploração do pré-sal no Brasil, estima-se que a produção local de gás natural triplicará até 2030 [10]. A maior disponibilidade, aliada às políticas de liberalização do setor, devem evidenciar e estender o benefício econômico (em termos de R\$/km) da utilização do gás natural em substituição à gasolina ou ao diesel.

Outra frente com potencial para aumentar a oferta de gás natural no país está relacionada à importação de gás natural liquefeito (GNL).

Existência de tecnologia em outras regiões

Atualmente o gás natural representa 4% da matriz energética do setor de transportes global e estima-se uma ampliação dessa parcela para 11% em 2040 [11]. Calcula-se que existem na Europa mais de 1,4 milhão de veículos a gás natural, dos quais 880.000 apenas na Itália [12]. Irã, China, Paquistão, Argentina e Índia também apresentam frotas com mais de 1 milhão de veículos a gás natural. Na Figura 6 estão elencados os países com os maiores números de veículos movidos a gás natural [13].

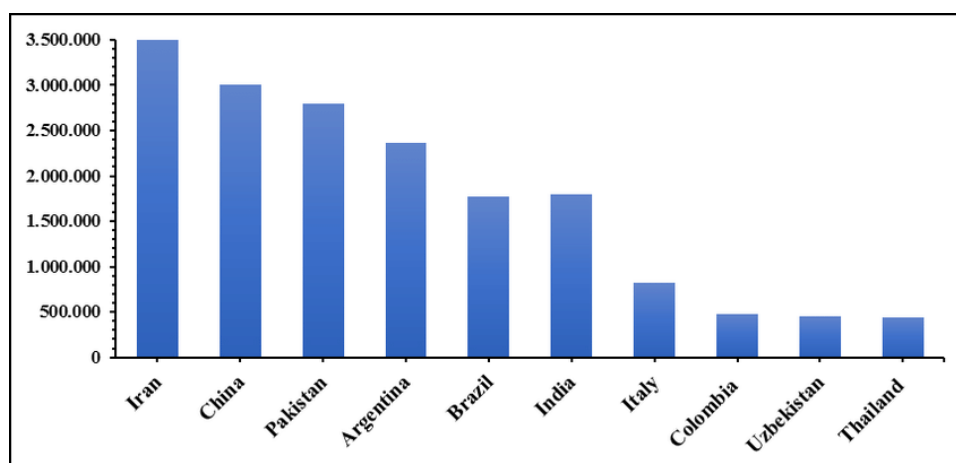


Figura 6: Número de veículos a gás natural por país [13].

Viabilidade técnica no Brasil

Já existem no Brasil quase 2 milhões de veículos movidos a gás natural [12] [13], grande parte convertidos no *aftermarket*. Não são esperados grandes desafios tecnológicos à aplicação e produção local de veículos que utilizem esse combustível.

Previsão de aplicação e produção local

A ampliação da participação do gás natural no setor de transportes apresenta benefícios técnicos e potenciais benefícios econômicos. Entende-se que a participação do gás natural na frota nacional deverá crescer de forma tímida e gradativa nos próximos anos, a partir do estabelecimento de condições mais favoráveis à sua entrada [14].

Barreira para implementação

O uso de gás natural em veículos tende a ampliar na próxima década. Ainda que o aumento de escala permita uma redução do preço do veículo, a disponibilidade do combustível, especialmente através do amplo estabelecimento de infraestrutura de produção, importação e abastecimento, serão desafios para maior uso no País [14].

A ampliação do uso do GNV em veículos pesados e leves de forma dedicada, ou com outros combustíveis (exemplo, diesel-GNV), está associada à tecnologias bastante estudadas, já com relevante grau de maturidade tecnológica e se dará basicamente a partir das condições de mercado e de infraestrutura que favoreçam a aplicação desta tecnologia [14].

Motivadores

A redução de emissão de CO₂ proporcionada pelo gás natural pode auxiliar as montadoras a atingir as metas corporativas de eficiência energética do programa Rota 2030.

Além disso, o projeto NOVO MERCADO DO GÁS (PL nº 6.407/2013 substituído pelo PL 4.476/2020), em trâmite no senado nacional, pretende incentivar a “formação de um mercado de gás natural aberto, dinâmico e competitivo” através da maior abertura do setor às empresas privadas. Tem-se a expectativa de que R\$ 34 bilhões sejam investidos até 2032 na ampliação da rede de gasodutos, alavancando a disponibilidade do combustível nas regiões centrais do País [15].

Diferencial da tecnologia brasileira

Existe no Brasil um grande potencial ocioso para produção de biometano. Do ponto de vista tecnológico, gás natural e biometano podem ser utilizados indistintamente ou até misturados.

A difusão de veículos a gás natural no País e o aumento da demanda por esse combustível deve incentivar também o desenvolvimento do biometano, combustível renovável com intensidade de carbono muito inferior aos outros combustíveis renováveis, uma vez que sua produção se dá através de rejeitos (urbanos, industriais, agrícolas etc.).

Tecnologia: Biogás/Biometano (Gás natural renovável)

Principal área de contribuição

Da mesma forma que o gás natural fóssil, o biometano apresenta uma combustão mais limpa e eficiente em comparação com outros combustíveis fósseis. Os esforços para atingimento dos limites de emissões são menores e é esperada uma redução de emissão de CO₂ da ordem de 15% no escapamento dos veículos [9] [10].

A intensidade de carbono é outro diferencial desse combustível. Devido à sua produção a partir de rejeitos, o biometano apresenta intensidade de carbono bastante atrativa, mesmo em comparação com outros combustíveis renováveis como etanol e biodiesel, conforme pode ser verificado nos dados apresentados na Figura 7 [8].

Combustível	Intensidade de carbono (CO ₂ eq/MJ)
Etanol Anidro	
Etanol 1G	20,51
Etanol 2G Stand Alone	4,41
Etanol 1G2G	18,63
Etanol de Milho Flex	22,55
Etanol de Milho Stand Alone	26,13
Etanol de Milho Importado	40,35
Etanol Hidratado	
Etanol 1G	20,79
Etanol 2G Stand Alone	4,70
Etanol 1G2G	18,91
Etanol de Milho Flex	22,83
Etanol de Milho Stand Alone	26,47
Etanol de Milho Importado	-
Biodiesel	
Biodiesel soja	26,70
Biodiesel sebo	3,80
Biometano (96,5% metano)	
Biometano de Biogás de Aterro Sanitário	7,44
Biometano de Torta de Filtro	4,84
Biometano de Vinhaça	4,01
Biometano de Dejetos Suínos	3,95
Biometano de Dejetos Bovinos	3,96
BioQAV HEFA	34,65

Figura 7: Intensidade de carbono por combustível [8].

Existência de tecnologia em outras regiões

A produção anual de biometano no mundo atualmente é de aproximadamente 3.5M toe. 82% desse volume é produzido na Europa e América do Norte. Grande parte dessa produção é injetada na rede de distribuição de gás natural e é utilizada no setor de transporte e demais setores sem distinção, porém existem também casos de utilização direta em frotas dedicadas [16].

Do ponto de vista tecnológico, todos os veículos aptos à utilização de gás natural podem também utilizar biometano como combustível.

Viabilidade técnica no Brasil

Devido à compatibilidade com o gás natural, não são esperados desafios técnicos quanto à tecnologia dos veículos para utilizar biometano. No entanto, a disponibilidade do combustível é pequena, pois o mercado está em estágio inicial de desenvolvimento.

O Brasil produz atualmente 1.78 bilhões de m³ por ano de biogás, porém apenas 4% desse volume é convertido em biometano [17]. Na Europa e na América do Norte, essa taxa de conversão é de 10 e 14% respectivamente [16].

Previsão de aplicação e produção local

O número de plantas de produção de biogás no Brasil é crescente, como mostrado na Figura 8. Estima-se um potencial nacional de produção de 84 bilhões de m³ por ano [17].

De forma semelhante ao gás natural, espera-se que a participação do biometano na frota nacional cresça de forma tímida e gradativa nos próximos anos, a partir do estabelecimento de condições mais favoráveis à sua entrada.

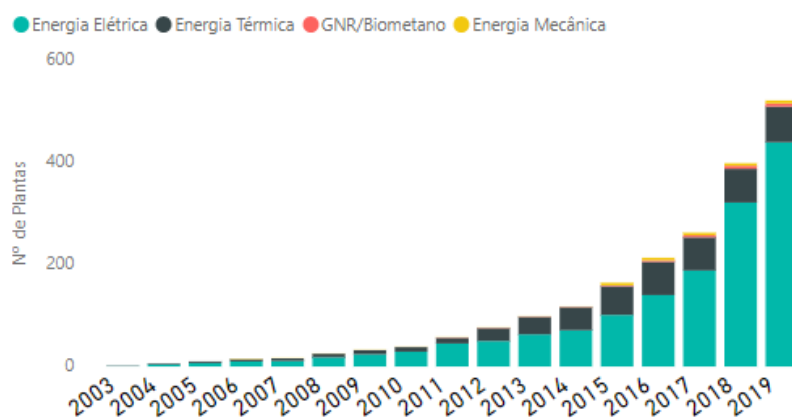


Figura 8: Evolução no número de plantas de Biogás no Brasil e sua destinação [18].

Barreira para implementação

Não existem grandes barreiras tecnológicas quanto aos veículos. O maior desafio no momento é a ampliação da oferta, que será fortemente pautada pela demanda do setor de transportes.

Com relação à infraestrutura, é necessária a ampliação da rede de distribuição para maior alcance da oferta no interior do país. Para o setor automotivo, os postos de combustíveis podem ser abastecidos por meio de caminhões feixe como já utilizado em alguns locais para o GNV.

Motivadores

Da mesma forma que o gás natural, montadoras poderiam se beneficiar da redução da emissão de CO₂ para atingir as metas de eficiência energética do Rota 2030. Já os produtores poderiam se beneficiar do RenovaBio.

Diferencial da tecnologia brasileira

O Brasil possui uma grande diversidade de fontes de matéria-prima para produção do biogás: setor agroindustrial, setor pecuário, setor de biocombustíveis (usinas de etanol), setor Público (RSU), esgoto doméstico etc.

Elétricos

A adoção da eletromobilidade no transporte apoia a entrada de novas rotas tecnológicas no mercado, motivada pela contínua necessidade de redução das emissões dos gases de efeito estufa. No entanto, esta transição gera incertezas nos setores industriais e de energia, principalmente pela necessidade de introdução de infraestrutura diferente da disponível atualmente.

Entender o impacto sobre as cadeias energéticas e discutir as perspectivas de barreiras de entrada dos veículos híbridos e elétricos, se torna importante para definição de políticas de longo prazo.

De acordo com a EPE [19], é importante entender os aspectos conceituais e definições de veículos híbridos e elétricos, tais como:

- *Micro-Híbrido (Micro Hybrid Electric Vehicle – micro-HEV)*: Veículos que utilizam um gerador de partida integrado para permitir a tecnologia “stop-start” (desligamento e partida automáticos do motor a combustão interna nas paradas e retomadas), incremento de potência assistida elétrica limitada e frenagem regenerativa, sendo suficiente dispor de baterias avançadas de chumbo ou ultracapacitores para sustentar tais funções. Esse tipo de tecnologia pode gerar ganhos de eficiência energética em torno de 10%, quando em áreas urbanas;

- *Mini-Híbrido ou “híbrido leve” (Mild Hybrid Electric Vehicle – mild-HEV):* veículos que, além de incorporar a tecnologia “stop-start”, frenagem regenerativa e incremento de potência assistida elétrica limitada, são capazes de realizar a propulsão elétrica em baixa velocidade, requerendo baterias maiores e mais potentes (chumbo-ácida avançada, níquel metal-hidreto – NiMH e *Electric Double-Layer Capacitor* – EDLC híbrida). Ainda que seja considerado, de fato, um veículo híbrido, o motor elétrico não é potente o suficiente para a propulsão do veículo por si só, à exceção da baixa velocidade para pequenos deslocamentos. Pode gerar ganhos de eficiência energética em torno de 10% a 20%, quando em áreas urbanas;
- *Híbrido-Pleno (Full Hybrid Electric Vehicle - FHEV):* veículos que podem ter propulsão plenamente a combustão interna (ICE) ou elétrica. Têm motores elétricos e baterias maiores que os mini-híbridos para partida elétrica, assistência de aceleração e propulsão elétrica a baixa velocidade. Também se pode incorporar nessa categoria veículos híbridos de potência assistida (*Power-Assisted HEV*) que ofereçam assistência elétrica substancial, ainda que para curtas distâncias, bem como os híbridos *Plug-in* (PHEV), que podem ser carregados na rede elétrica, inclusive residencial. O motor elétrico e a bateria operam usualmente com voltagens acima de 200 V. Pode gerar ganhos de eficiência energética de até 50%, quando em áreas urbanas;
- *Elétrico (Electric Vehicle – EV):* veículos que têm propulsão puramente elétrica, alimentados por baterias que são recarregadas na rede elétrica (*Battery Electric Vehicle* - BEV) ou por célula combustível a hidrogênio (*Hydrogen Fuel Cell Vehicle* - HFCV). Atualmente, os BEVs requerem baterias de íon-lítio, sendo mais comum em veículos pequenos com foco urbano (distâncias curtas), inclusive para frotas cativas ou por compartilhamento (*car sharing*). Já os HFCVs estocam hidrogênio a bordo, que pode ser extraído por reforma a bordo, tendo ainda alto custo e perspectivas desfavoráveis no mercado (apesar dos investimentos em P&D) [19].

Principal área de contribuição

A principal área de contribuição do veículo elétrico é na redução das emissões locais com foco na melhoria da qualidade do ar em grandes centros. Isto é possível, em função do veículo puramente elétrico não ter emissões de escapamento.

Sobre o aspecto das emissões de CO₂ - GEE, é importante considerar a análise do ciclo de vida do carbono (*Life cycle*), ou seja, levar em consideração a geração de dióxido de carbono ou gases equivalentes durante

a produção do veículo (incluindo *powertrain*), bem como a produção e distribuição da energia, onde matrizes de geração de energia de baixo carbono (eólica, hídrica entre outras) são vantajosas.

No gráfico mostrado na Figura 9 são apresentadas as emissões de CO₂ equivalente para um veículo de passeio, considerando a emissões de gases de efeito estufa na produção e utilização deste veículo por 10 anos (150.000 km), onde a referência é a emissão do veículo movido à combustível fóssil (gasolina) com uma comparação direta de um veículo do mesmo modelo, no entanto, movido a eletricidade com a energia gerada no Brasil, com baixa pegada de carbono e na Bolívia, com alta pegada de carbono.

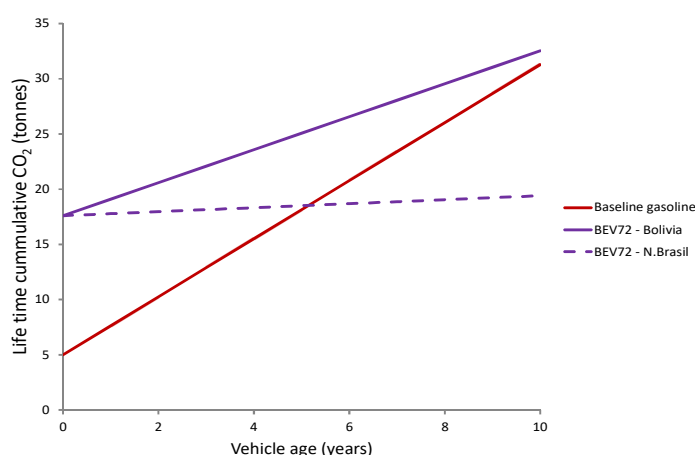


Figura 9: Emissões Cumulativas de um veículo de passeio para CO₂eq poço à roda incluindo produção do veículo (MAHLE) [20].

No gráfico é possível notar que na produção de veículo elétrico é gerado maior volume de gases de efeito estufa em comparação ao veículo movido a combustão. Isso é devido à produção da bateria. Considerando a utilização do veículo é possível alcançar com o veículo elétrico, níveis de emissões maiores que os obtidos com veículo movido a combustível fóssil, caso a geração de energia para carregamento das baterias tenham alta pegada de carbono, como é o caso da Bolívia.

Este cenário demonstra a importância da análise de todo o ciclo de vida de uma tecnologia, realizando comparação adequada para tomada de decisão de aplicação de rotas tecnológicas, onde sejam alcançadas reduções efetivas das emissões de gases de efeito estufa.

Existência da tecnologia em outras regiões

As tecnologias de veículos híbridos e elétricos estão sendo adotadas em maior velocidade na União Europeia e Ásia, devido à necessidade mais urgente de uma sólida transição energética nessas regiões, em função das emissões locais, ou mesmo por questões de segurança energética.

Viabilidade técnica no Brasil

Os veículos com nível de eletrificação como micro, mini e pleno, sem carregamento pela rede elétrica, têm alta viabilidade técnica para o Brasil, em especial se associados à utilização de biocombustíveis que podem apoiar a criação de um transporte de baixo carbono, sem necessidade de investimento em infraestrutura.

Conforme estudo conduzido pela EPE, dois cenários, são possíveis para o Brasil, sendo o de referência, para transição energética longa, e o alternativo, para transição energética curta, os quais são ilustrados na Figura 10. Neste mesmo estudo, há indicações claras da existência de barreiras de indisponibilidade de infraestrutura para recarga de veículos elétricos. Além disso, os desafios econômicos do país dificultam grandes investimentos neste segmento de infraestrutura, portanto o cenário referência tem maior probabilidade de ocorrer.

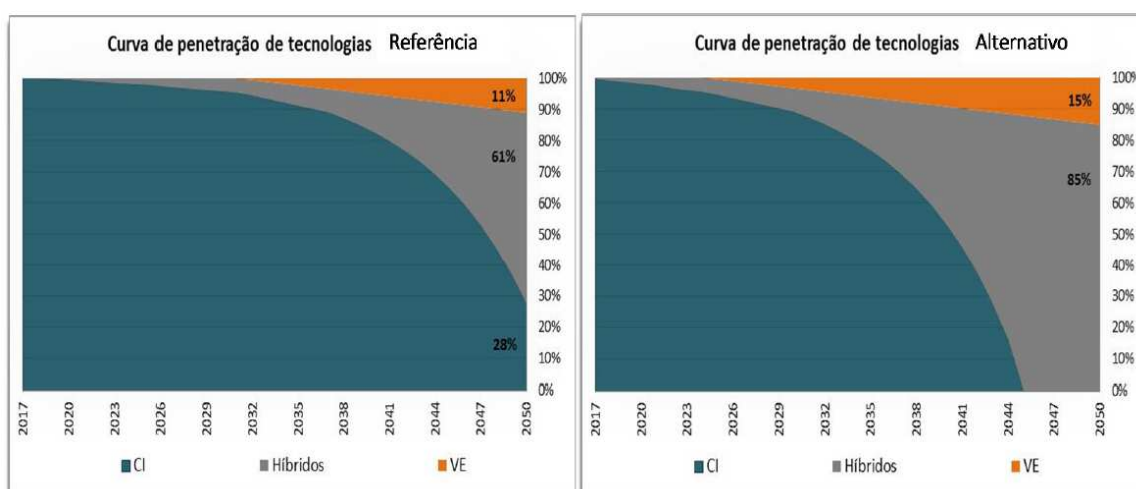


Figura 10: Previsão de *share* de tecnologias para veículos de passeio no Brasil [19].

Nos dois cenários é possível notar a dominância das tecnologias híbridas, utilizando toda a infraestrutura já instalada de distribuição de combustíveis, incluindo os biocombustíveis.

Previsão de aplicação e produção local

A aplicação poderá ocorrer, inicialmente, com veículos e componentes importados, quando os volumes não justificarem a produção local. À medida que exista maior demanda do mercado, haverá possibilidade de produção local de componentes, especialmente para os veículos híbridos.

A médio prazo, será possível a criação de capacidades de montagem e manufatura de veículos híbridos. No entanto, para veículos puramente elétricos ou mesmo híbridos plug-in, existe a necessidade de aumento de volumes e transferência tecnológica das matrizes das empresas que operam no Brasil.

Barreira para implementação

Considerando a falta de infraestrutura de recarga, associada ao alto de custo de implementação, de acordo com a Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency - IEA*), calcula-se um custo médio para construção da rede de recarga na faixa entre US\$ 1.000 a US\$ 2.000 por veículo, o que pode ser considerado uma barreira clara de implementação desta tecnologia em curto e médio prazo.

Outro gargalo é a falta de produção local de componentes críticos de veículos híbridos e elétricos, especialmente os com maior valor agregado, como baterias e conjunto de potência, o que também se torna uma barreira para implementação desta tecnologia em curto e médio prazo.

Motivadores

As necessidades de redução das emissões locais em grandes centros, em especial no transporte público e em frotas cativas, associadas aos incentivos do programa Rota 2030, são motivadores para implementação desta rota tecnológica.

Diferencial da tecnologia brasileira

Existe no Brasil grande disponibilidade de biocombustíveis, com distribuição consolidada e conhecimento de aplicação. Portanto, o aproveitamento das capacidades e competências tecnológicas existentes para o desenvolvimento local de *powertrain* híbrido etanol/*flex fuel* poderá criar solução efetiva e brasileira com possibilidade de aplicação em outras regiões do mundo [21]. Tal rota poderá prolongar o desenvolvimento de motores a combustão interna na transição para o baixo carbono.

E-Fuels, Synthetic fuels, Eletrocombustíveis

Principal área de contribuição

Os combustíveis sintéticos, comumente denominados *e-fuels*, são produzidos basicamente a partir do uso de energias renováveis como a solar ou a eólica, de CO₂ e de água em processos de conversão química para a geração de hidrocarbonetos líquidos que se caracterizam por possuírem as mesmas composições dos seus correspondentes de base fóssil.

Os *e-fuels* têm o potencial de se tornarem neutros em emissões CO_2 , criando um ciclo fechado com a captura do CO_2 emitido durante a sua combustão para ser reutilizado na produção de outros combustíveis sintéticos.

Existência de tecnologia em outras regiões

No cenário internacional, o desenvolvimento dos combustíveis sintéticos estão mais avançados na Europa [22] e algumas iniciativas merecem destaque como a planta comercial de metanol da *Carbon Recycling International* - CRI, operando desde 2012 na Islândia [23] e algumas produções em escala piloto de óleo diesel na Alemanha (*ClimeWorks*, *Sunfire* e *Audi*) [24], além de consórcios no Canadá e na Europa.

A seguir, são exemplificados dois processos para a produção de combustíveis sintéticos desenvolvidos nos projetos *Kerogreen* e *eForFuel*:

O projeto *Kerogreen* [25] tem previsão de quatro anos de duração e é coordenado pelo *Dutch Institute for Fundamental Energy Research* (DIFER), da Holanda, com participação de instituições e empresas da Alemanha, Bélgica e Noruega.

O projeto, cuja rota encontra-se esquematizada na Figura 11, prevê a produção de querosene de aviação a partir da redução do CO_2 a CO num reator de plasma e, através de reação de “water gas shift” (WGS), gerar o CO e H_2 para um reator de *Fischer-Tropsch* e, após hidrocraqueamento, obter o QAV. O objetivo é construir uma unidade com capacidade de produção de 1 L/h do QAV.

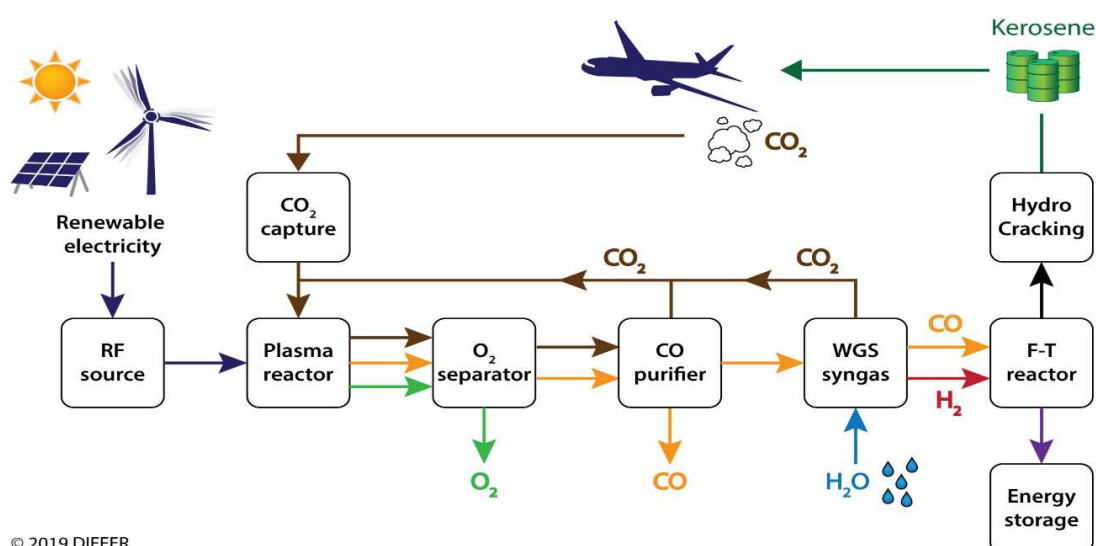


Figura 11: Esquema da rota proposta no projeto *Kerogreen* [26].

O projeto *eForFuel* [27] visa obter ácido fórmico, a partir de CO₂, água e eletricidade, como um intermediário para a conversão de hidrocarbonetos leves (propano e isobuteno) que, em seguida, seriam convertidos em compostos de maior cadeia por rotas convencionais. Um esquema simplificado da rota encontra-se ilustrado na Figura 12. A coordenação do projeto é do *Max Planck Institute of Molecular Plant Biology* da Alemanha.

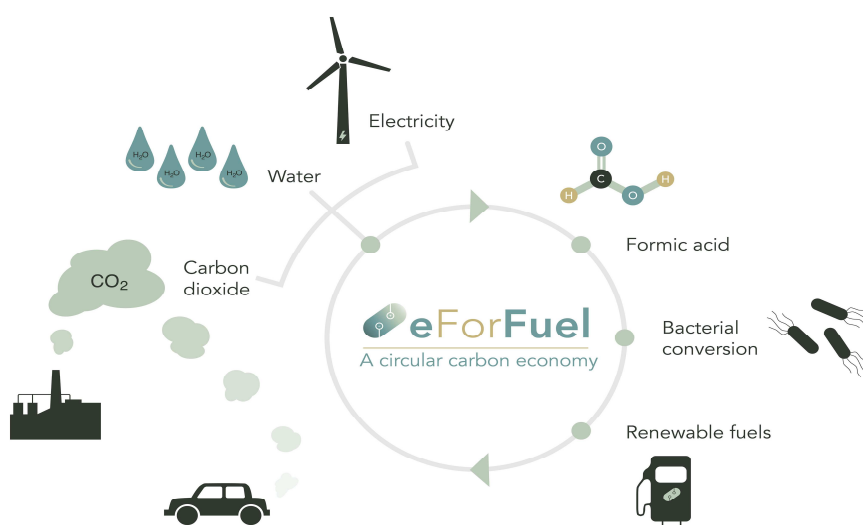


Figura 12: Esquema da rota proposta no projeto *eForFuel* [28].

Viabilidade técnica e previsão de aplicação e produção local

No Brasil, a produção de combustíveis sintéticos é ainda incipiente e em escala de bancada, com algumas poucas iniciativas como o Projeto ProQR, em desenvolvimento por meio de uma cooperação entre o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), a Agência Nacional do Petróleo (ANP) e a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), da Alemanha, para produção de bioquerosene de aviação (bioQAV) [29]. O objetivo é construir uma planta piloto de bioQAV no Centro de Pesquisas e Análises Tecnológicas da ANP (CPT/ANP), para produção e certificação do produto.

Barreiras para implementação

A introdução destes combustíveis não requer o desenvolvimento de infraestrutura específica de distribuição nem de alterações significativas nos motores de combustão interna para seu uso. Entretanto, a produção de combustíveis sintéticos ainda se caracteriza por um custo elevado, decorrente da necessidade de integração de diversas tecnologias complexas como: captura de CO₂, geração renovável de eletricidade, eletrólise, redução do CO₂ e síntese do combustível.

Além do elevado custo de produção, para a disseminação da tecnologia em grande escala há a necessidade de instalações industriais para a produção, de desenvolvimento de cultura e mão-de-obra especializada, além de uma análise de necessidade de regulamentações específicas para uso dos combustíveis sintéticos no país.

Motivadores e diferencial da tecnologia brasileira

Como diferencial do cenário brasileiro, há a oportunidade da associação com biomassa e/ou aproveitamento do CO₂ gerado em usinas de etanol para a produção dos *e-fuels*.

Hidrogênio

Principal área de contribuição

A utilização do hidrogênio de forma sustentável depende da energia primária utilizada na sua produção.

O hidrogênio produzido por fontes de energia renovável com emissão zero, como a eletrólise da água usando energia eólica, energia solar, energia hidrelétrica, energia das ondas ou energia das marés, é chamado de **hidrogênio verde**.

O hidrogênio azul é considerado por alguns como um passo intermediário importante, enquanto esperamos pela solução "verde" perfeita. Utiliza o processo de reforma do metano a vapor (SMR), que por sua vez gera CO₂, mas este é absorvido por uma unidade de Captura e Armazenamento de Carbono Industrial (CCS), tornando-o carbono neutro.

O hidrogênio cinza é criado a partir do gás natural e do processo de reforma do metano a vapor (SMR). O gás natural tem a proporção mais alta de hidrogênio / carbono, porém o processo emite CO₂. Mais de 70% do hidrogênio mundial é cinza.[30], [31]

A utilização do H₂ pode ser realizada em diversos modais de transporte como veículos rodoviários leves e pesados, além de aplicações aéreas, ferroviárias e marítimas. Para linha de veículos leves, o uso de hidrogênio tem sido intensivamente trabalhado, principalmente na Ásia (Japão e Coreia), Europa e nos Estados Unidos onde já existem postos de abastecimento na costa oeste. Um exemplo é o projeto Toyota chamado Mirai e o projeto Nissan com SOFC (etanol como fonte de energia). [32]

A geração de energia através de células de combustível já atingiu um nível de maturidade para permitir que veículos com grande demanda energética, como caminhões de 40 toneladas, sejam capazes de viajar

mais de mil quilômetros no modo totalmente elétrico em futuro próximo (2022-23) [33]. O setor aeroviário também busca reduzir emissões de poluentes através da utilização de propulsores que utilizam H₂ como fonte primária.

Existe também uma iniciativa no sentido de usar o H₂ em células de combustível, mostra disso é o recente acordo de colaboração entre o fornecedor de autopeças alemão ElringKlinger e a gigante Airbus [34], [35].

Existe também, em estágios bem avançados, trabalhos de desenvolvimento da utilização do H₂ em navios e trens. Um exemplo é o trem urbano que a Alstom desenvolveu e que foi recentemente mostrado para as autoridades austríacas. O nome do projeto é “Alstom iLint hydrogen-powered train”, e um dos potenciais de redução de CO₂ é a não necessidade de os trilhos serem energizados, além é claro da utilização do próprio combustível verde.

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), em São Paulo tem, desde 2000, uma linha de pesquisa na área de **fontes energéticas eficientes e de baixo impacto ambiental** por meio da avaliação e desenvolvimento de sistemas associados à tecnologia de células a combustível e hidrogênio. Recentemente, o Ipen uniu esforços ao Instituto Mauá de Tecnologia, de São Paulo, e alcançou avanços consideráveis. Em apenas quatro meses, as duas instituições criaram um protótipo de **veículo movido a hidrogênio**, sendo a célula combustível o equipamento responsável para obtenção do hidrogênio [36].

Existência de tecnologia em outras regiões

O uso do hidrogênio comercialmente no setor automotivo vem sendo fomentado na Europa e no Japão, desde 2015.

Na Europa, iniciativas como o *Hydrogen Mobility Europe* (2015-2022) vêm promovendo demonstrações de veículos leves a células de combustível em operação, e de infraestrutura para o abastecimento de hidrogênio. A frota de demonstração tem uma quilometragem acumulada de 625 mil km e consumiu 7900 kg de hidrogênio, sem incidentes de segurança. O tempo médio para reabastecimento de um veículo à hidrogênio é comparável ao de um veículo convencional (2-3 minutos) [37], [38].

Cabe citar também o programa da Califórnia, de incentivo à criação de infraestrutura de abastecimento de hidrogênio para veículos a célula de combustível desde 2012. Em 2018, um *roadmap* estendido foi publicado prevendo alcançar 1 milhão de veículos a célula de combustível e 1000 postos de abastecimento de hidrogênio em 2030. Na página do *California Fuel Cell Partnership*, é possível encontrar a localização dos postos de abastecimento de hidrogênio já disponíveis naquele estado americano. [39], [40].

Viabilidade técnica no Brasil

No Brasil, existe viabilidade técnica para uso do H₂ inclusive com potencial de geração a partir da reforma do etanol e a utilização de energia renovável, gerando assim o hidrogênio verde. O PROCaC foi o primeiro programa do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) para o hidrogênio, em 2002, sendo atualmente denominado ProH₂ - Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio [41].

Previsão de aplicação e produção local

A Itaipu Binacional, a Eletrobras e a Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI), em outubro de 2011, firmaram um convênio com o objetivo de estudar o ciclo de vida do hidrogênio, envolvendo as etapas de produção, purificação, compressão, armazenamento, controle de qualidade e uso em células a combustível, como vetor energético de emissão zero. O modelo de produção de hidrogênio verde desta aplicação se propõe a avaliar a eletrólise da água para produção de hidrogênio, simulando a utilização da “energia vertida turbinável” disponível em usinas hidrelétricas. Com o final desse convênio em 2016, a Itaipu Binacional continuou investindo recursos financeiros, permitindo a formação de recursos humanos que atualmente são responsáveis pela Operação e Manutenção da Planta de Produção de Hidrogênio, além de executar projetos de pesquisa no tema. Assim, com esse histórico de atuação técnica e científica e com os conhecimentos assim obtidos, a FPTI e a Itaipu Binacional propõem comentários gerais e específicos, visando contribuir para que a economia do hidrogênio verde seja implementada no Brasil [42], [43].

Segundo estudo realizado pelo LabH₂, da Coppe/UFRJ, em 2019, a introdução do hidrogênio na matriz energética brasileira, pode contribuir com 8% da energia total em 2050. Desta forma, o LabH₂-Coppe/UFRJ apresenta cálculos que mostram a viabilidade de introduzir-se o hidrogênio na matriz energética brasileira em 2050 e apela à EPE e ao MME para que isso seja considerado no PNE2050 [43].

Barreira para implementação

O custo atual no Brasil ainda é alto, pois não temos infraestrutura para produção e distribuição, porém o custo já está se tornando atrativo em alguns países, por exemplo Portugal [44].

Quanto à infraestrutura de distribuição há atualmente apenas algumas iniciativas pontuais [31], sendo necessário um forte investimento na sua evolução. Será ainda necessário o desenvolvimento de mão-de-obra especializada, bem como de cultura para a utilização em larga escala do H₂. Será ainda necessário o estabelecimento de legislações específicas para o uso veicular do hidrogênio, considerando as relevantes questões de segurança.

Motivadores e Diferencial da tecnologia brasileira

O Brasil é considerado como parceiro estratégico pela Alemanha para o fornecimento de H₂ Verde (abundância de matérias primas renováveis). Recentemente foi lançada pela Câmara de Comercio da Alemanha no Rio de Janeiro a Aliança Alemanha-Brasil de H₂ Verde para promover o intercâmbio cultural, tecnológico e comercial para promoção da economia do hidrogênio no país [45].

A tecnologia já existe no mundo, porém com custo de implantação no Brasil considerado alto, principalmente quanto ao custo de produção, logística de distribuição e abastecimento [42], [33].

Há um grande potencial de geração de H₂ a partir da reforma do etanol e a utilização de energia renovável → hidrogênio verde [45].

A utilização de H₂ verde em motores de combustão interna requer pequenas modificações nos motores atuais possibilitando maior eficiência energética e redução de emissão de poluentes. Por ser uma opção mais barata que as células de combustível tem sido considerada como uma opção para a substituição de combustíveis de origem fóssil, no mercado europeu [46].

Considerações Finais

As discussões e ações globais acerca das mudanças climáticas estão cada vez mais, acelerando o cenário de transição energética, especialmente no setor de transporte.

As realidades em diversas regiões do mundo, são diferentes, e as condições regionais de disponibilidade e segurança energética, capacidade de investimento e especialmente, soluções já existentes de baixo carbono, devem ser levadas em consideração na construção de políticas energéticas visando o futuro.

Portanto, são elencadas a seguir, considerações levantadas para os energéticos aplicados em veículos leves com visão de curto, médio e longo prazo para o Brasil.

A gasolina comercial é um combustível estabelecido no mercado brasileiro, com disponibilidade de recursos em território nacional e com boa infraestrutura de distribuição. Nas últimas décadas, ganhou um benefício em termos de emissão de gases de efeito estufa, pois mais de ¼ do combustível é composto por biocombustível, no caso, o etanol anidro.

Há discussões sobre alternativas para migração para matriz energética de baixo carbono, no entanto, esta transição depende de investimento e de disponibilidade energética. Portanto, a gasolina vai garantir boa parte do abastecimento dos veículos leves nessa fase de transição energética. É previsto um aumento do

consumo da gasolina comercial nas próximas décadas, com o pico sendo atingido em, ou até, 2040. A partir deste ponto, alternativas de baixo carbono, em especial o etanol, toma espaço e a participação da gasolina na matriz será cada vez menor, no entanto, ainda será significativa em 2050.

Os programas já consolidados, como o RenovaBio e Rota 2030, certamente incentivarão o aumento da participação de biocombustíveis na matriz energética, podendo inclusive aumentar os atuais 27% de etanol na gasolina comercial nos próximos anos, no entanto, com a necessidade de avaliar o impacto de teores com mais de 30% em veículos importados *monofuel*.

O desenvolvimento contínuo dos motores a combustão interna, visando aumento da eficiência, contribuirá com o uso de renováveis para o atingimento das metas de redução da emissão dos GEE, onde a busca continua por eficiências acima dos 40%, poderá induzir alterações na formulação da gasolina em função das tecnologias empregadas, gerando potencial ainda maior de redução das emissões de gases de efeito estufa.

Neste sentido é recomendado o trabalho em conjunto entre montadoras, sistemistas e produtores de combustível, para que o desenvolvimento das tecnologias seja realizado em sinergia, garantindo implementação plena.

Em relação ao etanol, este combustível está consolidado para a tecnologia de primeira geração (1G), infraestrutura de distribuição estabelecida no país e com uso incentivado por políticas públicas com o RenovaBio e Rota 2030.

O etanol de segunda geração (2G), tem perspectivas de aumento de participação na matriz energética, em especial pela sua menor intensidade de carbono em relação ao (1G). É possível estimar que haverá aperfeiçoamento tecnológico dos processos produtivos, visando a redução do custo, decorrentes dos incentivos do programa RenovaBio.

Há previsão de crescimento contínuo na participação na matriz energética, incentivado pela necessidade de transição energética para matriz de baixo carbono.

Quanto ao gás natural, o seu uso no setor de transportes depende da aprovação da nova lei do gás que ainda tramita em aprovação junto ao Senado Federal, bem como o investimento em aumento da infraestrutura de distribuição, garantindo maior disponibilidade de gás natural em novos centros consumidores.

A estratégia de maior disponibilidade do gás é para redução do custo da energia para geração de energia elétrica e para a indústria, no entanto, há possibilidade de aplicação no segmento do transporte em especial para veículos pesados voltados ao transporte de cargas, podendo ser um energético complementar ao diesel, mas com participação menor na matriz energética de transportes em relação aos combustíveis tradicionais.

Em relação ao biogás, o aumento da disponibilidade deste combustível, através da exploração das abundantes fontes geradoras no Brasil, tais como, agronegócio, aterros sanitários, entre outros, disponibilizará este combustível em sua forma bruta (biogás), podendo ser utilizada diretamente na geração de energia elétrica, ou através do upgrade do biogás, gerar o biometano, que poderá abastecer os veículos utilizados no próprio agronegócio ou disponibilizar através da infraestrutura existente de gás natural, devido às suas características semelhantes, os tornarem compatíveis e intercambiáveis.

A eletricidade como combustível, será empregada conforme a tecnologia de veículos elétricos ou híbridos plug-in aumentar sua participação no mercado, o que é previsto ocorrer nas próximas décadas. No entanto, com uma transição lenta em função da disponibilidade de alternativas energéticas de baixo carbono, como os biocombustíveis, associados às dificuldades de investimento em infraestruturas necessárias. É possível prever a introdução dessa tecnologia, de forma mais rápida, em aplicações de nicho, como ônibus urbano e veículos de entrega que operam em grandes centros, como medida para a melhoria da qualidade do ar.

Para o hidrogênio, em função do Pacto Ecológico Europeu (*European GreenDeal*), o hidrogênio tem se tornado uma alternativa a ser desenvolvida nos próximos anos para aquele continente, liderado especialmente pela Alemanha. Neste conceito, o Brasil tem potencial participação, como fornecedor de hidrogênio verde ao mercado europeu, em função da grande disponibilidade de fontes. No entanto, o uso do hidrogênio como combustível para transporte no Brasil, ainda depende de ampla implantação de infraestrutura local, desta forma, a previsão é que o uso no transporte será ainda muito tímido nas próximas décadas.

Os combustíveis sintéticos, chamados de *e-fuel*, podem ser adotados ainda em pequena escala nas próximas décadas, como combustível líquido complementar aos de baixo carbono. No entanto, em função do processo de produção requerer a integração de diversas tecnologias mais complexas, tais como captura de CO₂, geração renovável de eletricidade, eletrólise e redução do CO₂ de síntese do combustível, o custo ainda é muito elevado, não sendo uma rota provável para as próximas décadas no Brasil.

Contribuíram para construção deste documento:

- Andrei Montanha Buzete (Bosch)
- Carlos Vinicius Costa Massa (Petrobras)
- Ednéia Caliman (ANP)
- Everton Lopes da Silva (Mahle)
- Heitor Souza Chaves (Mahle)
- Paulo César de Ferreira Gomes (Bosch)
- Rogério Nascimento de Carvalho (Petrobras)

Emissões de Gases Poluentes Veículos de Passageiros

O programa de controle das emissões veiculares para a classe de veículos de passageiros, atualmente na fase L6, já possui definição para as próximas etapas. São elas: a fase L7, que entrará em vigor em 2022, e a fase L8 em 2025.

A fase L7 conta com limites de emissões mais restritivos, em especial nas emissões evaporativas, e a fase L8 exigirá maior nível de desenvolvimento dos veículos em função da introdução das médias corporativas, em especial o NMOG. Os gases controlados são:

Emissões Veiculares

- CO
- NOx
- HCO Poluentes Locais (Saúde Pública)
- Material Particulado (MP)
- VOC (Evap)
- NMOG
- CO2 (km/l)

Tecnologias para atendimento PROCONVE (L7 & L8)

Para o atendimento aos limites mais restritivos de emissões de escapamento, em especial CO, NOx, HCO, NMOG e MP, as seguintes tecnologias serão empregadas nos veículos:

- Catalisadores de 3 vias
- Catalisadores de oxidação para diesel (DOC)
- Catalisadores DeNOx
- Sistemas SCR
- Catalisadores para NH3 (*Slip*)
- Filtros regenerativos para MP (catalisados)
- Refinamentos na calibração da ECU, exigindo muitas atividades laboratoriais;

Tais tecnologias têm baixo grau de dificuldade técnica para introdução, pois existem fabricantes nacionais de componentes, já estabelecidos, com conhecimento de aplicação veicular de tais tecnologias, inclusive considerando a nova durabilidade de 160 mil km.

Quanto ao atendimento dos novos limites de emissões evaporativas (VOC), as seguintes tecnologias serão empregadas.

- *Canisters* maiores

- Dutos para combustível e vapores com menor permeabilidade.
- Tanques de combustível multicamadas

Haverá também a necessidade de aplicação de sistemas ORVR (VOC), para evitar as emissões evaporativas durante o processo de abastecimento, necessitando das seguintes tecnologias embarcadas:

- *Canisters* maiores (integrados)
- Sistemas de tanques pressurizados.
- Os sistemas de canister e/ou ORVR exigirão recalibração dos períodos de purga em atividades laboratoriais.

Tais tecnologias já estão disponíveis por fabricantes locais já estabelecidos.

Com as novas tecnologias embarcadas, é importante garantir o correto funcionamento durante a utilização do veículo, portanto o sistema de diagnóstico a bordo também deverá passar por atualização, e será denominado OBDBr3.

O grande aumento de quesitos de monitoramento dos sistemas de diagnose a bordo exigirá aumento de sensores e atuadores, assim como de software e, talvez em alguns casos, de *hardware* das ECUs, exigindo também grande quantidade de dados empíricos do campo.

Essa introdução tem grau de dificuldade médio e a médio prazo, considerando-se a coleta de dados empíricos e adequação dos respectivos softwares, principalmente utilizando-se etanol.

Uma das grandes mudanças nestas próximas etapas do PROCONVE é a necessidade de comprovação do atendimento das emissões gasosas em condições reais de utilização do veículo, com medição a bordo. Denominado *Real Drive Emissions* (RDE), a medição e controle das emissões em condições normais de tráfego urbano, utilizando os “PEM’s”, importados, vai requerer, provavelmente, recalibração das “ECUs” em vários veículos para tirar os mesmos da condição de *cycle beating*, ou seja, uma condição extremamente favorável para reduzir as emissões em condições laboratoriais no ciclo de condução dinamométrico, e adequá-las também à condições de tráfego em áreas urbanas.

Considerações finais

As tendências tecnológicas para os veículos leves até 2024 (fase L7) estão relativamente bem definidas, com o uso de catalisadores mais eficientes, *canisters* maiores e uso de materiais sintéticos mais elaborados e sistemas OBD mais abrangentes, fornecidos pelos sistemistas e fornecedores tradicionais sem maiores dificuldades, auxiliados por sistemas auxiliares elétricos também já definidos, mas exigindo grande quantidade de serviços laboratoriais e de campo em novas calibrações, não se esperando grandes variações na atual arquitetura dos veículos, baseados na queima de etanol e/ou gasolina.

A partir de 2025, com o advento da fase L8 com a sua avaliação por média corporativa, deverá aumentar em escala crescente a participação da hibridização dos veículos, e em longo prazo, prevendo-se a utilização em escala maior de veículos elétricos ou com células de combustível usando etanol.

Contribuíram para elaboração deste capítulo

- Renato Linke (CETESB)

Eficiência Energética para Veículos de Passageiros

Visando a redução do consumo de combustível dos veículos comercializados no Brasil, apoiando também a redução das emissões dos GEE, o INOVAR AUTO foi introduzido em 2012, possibilitando o aumento em média de 15,9% da eficiência energética dos veículos comercializados, com a adoção de novas tecnologias, e colocando o Brasil na tendência global de busca de redução de emissão dos GEE, fechando o ciclo virtuoso desta etapa da legislação de eficiência energética Brasileira.

O Programa de Governo, sucessor do INOVAR AUTO, denomina-se ROTA 2030. Sua primeira fase entra em vigor em 2022, e tem como objetivo melhorar a eficiência energética dos veículos comercializados no Brasil em adicionais 11%, em comparação com as metas estabelecidas no INOVAR AUTO, o que exigirá a adoção de novas tecnologias.

Na etapa INOVAR AUTO, as seguintes tecnologias foram adotadas pelos diferentes fabricantes:

- Redução de Atrito em componentes e adoção de óleo lubrificante de baixa viscosidade.
- Introdução de pneu verde com redução da resistência ao rolamento.
- Aumento da quantidade de marchas, visando o regime de ótima eficiência do motor.
- Câmbios otimizados e tecnologia CVT (*Continuous Variable Transmission*).
- *Downsizing* com aumento da potência específica e oferta de motores 3 cilindros.
- Aumento da participação de eixo com comando de válvulas variável.
- Novas famílias de motores a combustão com melhora significativa na eficiência global.
- Otimizações aerodinâmicas para redução do arrasto.
- Redução da potência consumida de acessórios do motor.

Na próxima etapa do programa de eficiência energética (ROTA2030), a possível rota tecnológica a ser adotada para alcance dos 11% adicionais de redução de consumo da média dos modelos, poderá ser:

- Continuidade das ações para redução de atrito em componentes.
- Continuidade de adoção de óleo de baixa viscosidade.
- Aumento da participação de motores turbo com injeção direta (TDI).
- Foco na melhoria da paridade Etanol / Gasolina.
- Redução da massa dos veículos com adoção de materiais mais leves, como ligas de alumínio.
- Adoção em maior escala de sistemas auxiliares como *Start-Stop*, alternador inteligente e compressor de ar condicionado variável.

Na segunda etapa do programa de eficiência energética do ROTA 2030, prevista para 2027, ainda não há metas de eficiência energética estabelecidas. No entanto, certamente haverá a necessidade da contínua redução do consumo energéticos dos veículos, onde as tecnologias indicadas acima, deverão continuar sendo aplicadas em maior número de modelos, apoiando a redução do consumo da frota, podendo ser associadas a sistemas eletrificados, dependendo do *mix* de venda de cada montadora. Para a contínua e real redução das emissões de GEE, a contabilização das emissões do poço à roda, levando em consideração a fabricação e distribuição do combustível, será fundamental para adoção da rota tecnológica mais adequada.

Contribuíram para construção deste documento:

- Raquel Mizoe (AEA/GMB)
- João Irineu (AEA/FCA)
- Everton Lopes da Silva (Mahle)
- Marcos Clemente (AEA)

VEÍCULOS COMERCIAIS: ENERGIA, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E EMISSÕES GASOSAS

Nas últimas décadas, a evolução tecnológica dos motores e veículos leves e pesados, bem como seus combustíveis, tem sido orientada e acelerada, a nível mundial, por exigências cada vez maiores da sociedade para reduções dos impactos ambientais e aumento de eficiências, visando reduções de poluição local, contenção do aquecimento global e conservação dos recursos naturais.

Programas de controle da poluição do ar por veículos automotores vêm sendo adotados em vários países, com resultados bastante positivos ao longo dos anos. O Brasil está alinhado neste cenário mundial desde a implementação do PROCONVE em 1986. O PROCONVE prevê para os próximos anos a entrada das fases L7 e L8, para os veículos leves, e P8 para os pesados, com adoção de limites de emissões gasosas cada vez mais restritivos.

Somam-se ao PROCONVE, fatores motivadores associados à entrada em vigor, nos anos mais recentes, dos Programas de Governo ROTA 2030 e RenovaBio, com objetivos de aumento de eficiência e do uso de combustíveis renováveis. Esses novos programas também estão orientando e estimulando desenvolvimentos tecnológicos para o segmento automotivo, alinhados com os cenários, tendências e vocações do Brasil.

Energia

A disponibilidade energética é um fator fundamental e determinante da adoção de rotas tecnológicas para atender às demandas de aumento da eficiência energética e redução das emissões gasosas e deve ser realizada com foco regional, pois em cada localidade, as realidades são diferentes.

Essa análise deve sempre considerar a disponibilidade de energia de baixa emissão carbono para cada região, bem como a capacidade de investimentos, definindo assim o *roadmap* energético regional, com condições de aplicabilidade, sempre apoiada pela construção de políticas públicas sólidas.

Neste cenário, uma análise focada sobre a disponibilidade e efetividade da aplicação de energias para veículos comerciais, focada no cenário brasileiro é realizada a seguir.

Diesel S10 substituindo S500

Desde janeiro de 2013, o óleo diesel de baixo teor de enxofre, o diesel S-10, é ofertado em todo território nacional, em substituição ao óleo diesel S-500. A medida fez parte da implantação das fases P-7 e L-6 do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, que abrange veículos pesados e utilitários movidos a diesel produzidos a partir de 2012 [49]. Para o atingimento dos novos limites de poluentes (principalmente de NOx), duas tecnologias foram as mais aplicadas em veículos diesel: EGR e SCR.

EGR (*Engine Gas Recirculation*) é uma técnica de controle de emissões cujo princípio de operação é a recirculação de parte dos gases resfriados de escape de volta à admissão. Essa recirculação dilui a corrente de ar admitida, rica em oxigênio, com gases inertes à combustão mas que absorvem parte do calor da queima e reduzem o pico de temperatura, o que mitiga a formação dos óxidos de nitrogênio (NOx) [50].

SCR (*Selective Catalyst Reduction*) é outro sistema de controle de emissões baseado na injeção de um agente líquido redutor à base de ureia (ARLA32) nos gases de escape que desencadeia uma reação química que converte óxidos de nitrogênio em nitrogênio gasoso e vapor d'água [51].

Independente da estratégia adotada para cada motor, a presença de enxofre nos gases de escape é prejudicial aos sistemas de pós tratamento. Dessa forma, a redução da concentração desse elemento no combustível de 500 ppm para 10 ppm, foi necessária para garantir o desempenho e a durabilidade desses sistemas nos veículos produzidos a partir de 2012 [49].

TECNOLOGIA EXISTE EM OUTRAS REGIÕES?

Diesel com baixo teor de enxofre já é utilizado globalmente desde 2000 em função das legislações para controle de emissões. Em 2020, entre as principais economias do mundo, a venda de diesel com concentração maior que 50 ppm era autorizada apenas no Brasil [52];

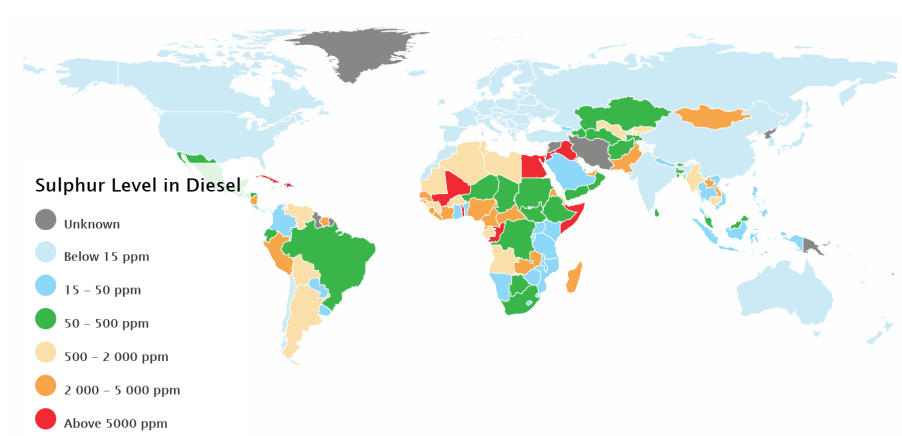


Figura 13: Nível de enxofre no diesel globalmente [18]

Viabilidade técnica no Brasil

O diesel S10 já existe comercialmente no Brasil desde 2013 para abastecimento dos veículos com as tecnologias para atendimento do PROCONVE P7. Nota-se, desde sua introdução, uma evolução anual do consumo desse combustível. Para atender essa demanda, o parque de refino teve que se adaptar e assim realizaram-se vários investimentos em unidades de hidrotreatamento [53].

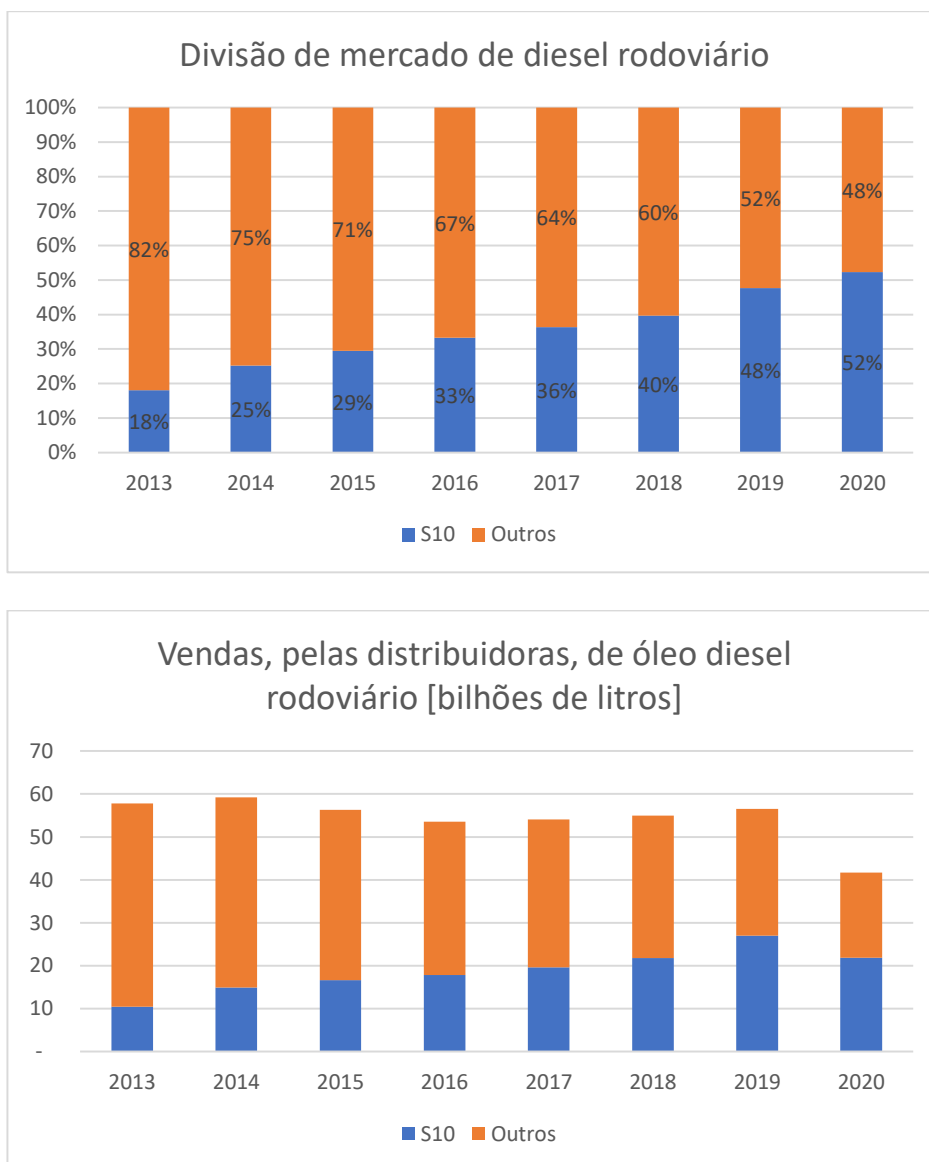


Figura 14: Evolução da participação de Diesel S10 no mercado [37]

Previsão de aplicação e produção local

A renovação da frota e a exigência de diesel de baixo teor de enxofre para os novos motores fazem com que a tendência seja uma transição gradual do consumo para o óleo diesel S10. Estima-se que, em 2030, 80% do consumo de Diesel B rodoviário será Diesel S10 [53].

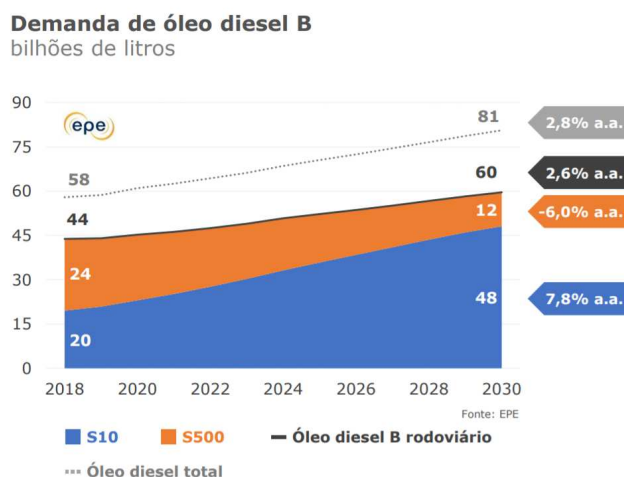


Figura 15: Evolução da oferta de Diesel S10 até 2030 [53]

Barreira para implementação

A maior barreira à implementação é a falta de infraestrutura suficiente para refino do diesel com baixo teor de enxofre, pois são necessários processos adicionais de tratamento como hidrorefino, hidrotratamento (HDT) e hidrocraqueamento catalítico (HCC).

Motivadores

A constante evolução das normas de emissões PROCONVE e MAR, sejam para pesados ou veículos fora de estrada, é motivadora para ampliação da oferta de Diesel de baixo teor de enxofre. Associada à evolução das normas de emissões, também existe a renovação natural da frota, onde a penetração de tecnologias PROCONVE P7, ou posterior, deve crescer nos próximos anos, demandando maior disponibilidade deste tipo de combustível. Adicionalmente, uma eventual futura fase MAR-II para equipamentos agrícolas e de construção necessitaria de maior disponibilidade de S10 no campo, devido às tecnologias de pós-tratamento de gases semelhantes ao Euro VI ou PROCONVE P8.

Biodiesel e suas misturas

Principal área de contribuição:

O Biodiesel foi introduzido na matriz energética brasileira com a criação do Programa Nacional de Uso e Produção do Biodiesel – PNPB, em 2003, incentivando a utilização de matéria prima renovável, com objetivo da redução da emissão de gases de efeito estufa (CO₂).

A principal vantagem do biodiesel é a substituição de parte do consumo do diesel fóssil por uma alternativa renovável, com intensidade de carbono 3 vezes mais baixa (27 kg CO₂/MJ contra 86 kgCO₂/MJ) [54]

Tecnologia existe em outras regiões?

A tecnologia existe em outras regiões, sendo adotada na Europa com teores de mistura no diesel fóssil de até 7%. Lá, esses teores já foram maiores, no entanto, houve um retrocesso em função de dificuldades encontradas, em especial, na utilização em climas mais frios e questões de compatibilidade do biodiesel com tecnologias veiculares Euro 6 para veículos de passageiros e comerciais leves.

Viabilidade técnica no Brasil:

Há viabilidade técnica, pois a mistura do biodiesel no diesel mineral é obrigatória desde 2008. Houve programas estruturados pelo MME (Ministério de Minas e Energia) para realização de estudos de aplicação de misturas com 10%, 15% e 20%. Nas misturas de 15% há indicações de possíveis problemas com o sistema de filtração, de injeção de combustível e compatibilidade de materiais do sistema de pós tratamento de emissões para os veículos equipados com tecnologia PROCONVE P7 [47].

Há necessidade de estudos detalhados para veículos equipados com tecnologia L7 e P8 a diesel, para definição do % máximo de Biodiesel na mistura com Diesel, admissível para estes veículos que devem estar disponíveis no mercado já em 2022. Um estudo preliminar [48] demonstrou redução da eficiência do sistema de pós-tratamento de gases com o uso da mistura B20, o que colocaria em risco as metas de durabilidade de emissões do PROCONVE P8. Na Europa a mistura de biodiesel foi limitada em 7% devido a questões como a diluição do óleo lubrificante por biodiesel quando utilizado em misturas mais altas.

Previsão de aplicação e produção local:

A mistura do biodiesel ao diesel fóssil teve início no Brasil em 2004, em caráter experimental e, entre 2005 e 2007, no teor de 2%, a comercialização passou a ser voluntária. Em janeiro de 2008, entrou em vigor a mistura legalmente obrigatória de 2% (B2), em todo o território nacional. Com o amadurecimento do mercado brasileiro, esse percentual foi sucessivamente ampliado pelo CNPE até o atual percentual de 12% [55]

O Brasil é o segundo maior produtor e consumidor mundial de biodiesel. A capacidade total de processamento no Brasil em 2017 foi de 7,3 milhões de m³. Verifica-se uma elevada capacidade ociosa em todas as regiões do País [56]

Região	Capacidade	Produção	%
Norte	241,6	7,8	3,2
Nordeste	455,4	290,9	63,9
Sudeste	664,0	334,1	50,3
Centro-Oeste	3.026,3	1.896,3	62,7
Sul	2.918,3	1.762,2	60,4
Brasil	7.305,6	4.291,3	58,7

Figura 16: Produção de biodiesel no Brasil por região (2017) [56]

Barreira para implementação:

Existem limitações tecnológicas para misturas acima de 15%-20%, tais como os desafios associados à separação de água no Diesel, durabilidade do sistema de injeção, compatibilidade com os materiais do sistema de pós tratamento, diluição do óleo lubrificante por biodiesel, formação de depósitos nos componentes do sistema de combustível e entupimento precoce de filtros.

Motivadores:

A constante evolução das normas de emissões PROCONVE, seja para pesados ou veículos fora de estrada, e a necessidade da redução dos gases de efeito estufa com apoio do programa RENOVABIO, criam a necessidade. No caso do RENOVABIO, o biodiesel é um dos biocombustíveis aptos a alavancar o cumprimento das metas estabelecidas para redução da intensidade de carbono do Brasil em consonância com o Acordo de Paris.

Gás natural

Ver Gás natural no capítulo energéticos para veículos de passageiro

Biogás/Biometano (Gás natural renovável)

Ver Biogás/Biometano no capítulo energéticos para veículos de passageiro

Diesel Verde (Parafínico Renovável)

Principal área de contribuição:

A definição “Diesel verde” inclui combustíveis como o HVO, BTL, H-Bio e Diesel de Cana para mistura ao diesel comercial Bx e utilização em veículos com motores a diesel. A principal área de contribuição é redução de emissões, em especial, dos Gases de Efeito Estufa. Estima-se que a emissão total de CO₂ em todo o ciclo de vida desses combustíveis seja 80% mais baixa do que o emitido no ciclo de vida do diesel fóssil [57].

Tecnologia existente em outras regiões e viabilidade técnica para o Brasil.

A tecnologia já é aplicada em algumas localidades desde 2008, porém em pequena escala [12]. A produção de HVO mundial deve dobrar dos 5.5 bilhões de litros produzidos em 2018 para 13 bilhões em 2024. Políticas governamentais impostas na Europa e nos EUA incentivam investimentos de USD 5 bilhões em novos projetos [58]

Para serem introduzidas localmente, as tecnologias devem passar por uma tropicalização, onde seriam necessários estudos de aplicabilidade ao parque automotivo brasileiro, e eventuais adaptações de matérias primas e processos produtivos.

Previsão de aplicação e produção local:

O programa RENOVABIO indica o início da aplicação deste energético como mistura ao diesel comercial, já em 2023.

Há, no momento, três iniciativas locais para a produção de diesel verde mais próximos de chegarem ao mercado:

- Produção de HVO em novas unidades dedicadas, sendo iniciada em países da América do Sul (Paraguai), mas com intenção de ampliação para o Brasil [59]

- Coprocessamento de 5% de biomassa (óleo vegetais ou animais) em unidades de HDT (hidroprocessamento) em refinarias de petróleo. Esse modelo já é adotado na Europa por empresas como Neste e Axens, com estratégia de aquisição de refinarias sem economicidade para o processamento de petróleo, para transformá-las em unidades dedicadas à produção de HVO.
- Processamento de óleos obtidos a partir da pirólise de biomassa (lixo urbano, esgoto etc.) e transformação deste em HVO ou BioQAV.

Barreira para implementação:

O Diesel verde é considerado um combustível *drop-in*, ou seja, não há necessidade de modificações no hardware dos veículos para a utilização deste energético, no entanto, enquanto barreira, o custo final do combustível, em função da baixa escala atual, ainda é um impeditivo para a aplicação. Há expectativa de que, com o aumento da oferta e demanda deste combustível, os custos de comercialização possam se tornar atrativos [60], a exemplo das curvas de aprendizado observadas com o etanol e biodiesel.

Motivadores:

A redução de emissão de CO₂ proporcionada pela implementação do Diesel renovável poderá auxiliar o atingimento das metas indicadas pelo RENOABIO, além de aumentar a possibilidade de utilização de biocombustíveis em motores diesel, por não ter as limitações do biodiesel, por exemplo.

Hidrogênio

Ver Hidrogênio capítulo energéticos para veículos de passageiro

E-fuel

Ver E-fuel capítulo energético para veículos de passageiro.

Sumário para Energia em Veículos Comerciais

A disponibilidade de diversas fontes energéticas e a complementação entre elas, garantindo uma coexistência viável com foco na manutenção da segurança de fornecimento e a transição para um transporte de baixa emissão de carbono, deverá guiar a aplicação das energias nas próximas décadas no Brasil.

Como ação de curto prazo, a substituição do Diesel S500 pelo Diesel S10, garantirá a redução efetiva de emissões gasosas, em especial material particulado (MP), além do que, permitirá aplicação de tecnologias para controle de emissões gasosas na Fase PROCONVE P8.

O Biodiesel, que já está implementado, vem cumprindo o papel de apoio na redução da pegada de carbono na matriz energética brasileira. No entanto, algumas restrições técnicas são apresentadas em estudos, em especial associadas a dificuldades na eficiência de separação de água, bem como, contaminantes que reduzem a eficiência do sistema de pós tratamento de emissões, o que abre espaço para a introdução, a longo prazo, do Diesel verde na complementação da mistura do Diesel BX com o objetivo de cumprir as metas do RENOVIABIO.

O gás natural tem possibilidades de aplicação efetiva em função do aumento da disponibilidade do gás natural nos próximos anos, e pela já consolidada tecnologia para implementação em veículos comerciais. No entanto, ainda há restrições na distribuição deste combustível em função da falta de infraestrutura fora dos grandes centros, cenário que poderá ser revertido se o Novo Mercado do Gás for aprovado e aplicado, sendo considerado um combustível de transição para um transporte de baixo carbono.

O Biogás, em especial o Biometano, tem grande disponibilidade em determinadas regiões, em função das atividades do agronegócio ou aterros sanitários, com infraestrutura de distribuição ainda muito pequena. Este tipo de combustível, em função de sua emissão de CO₂eq e, também, custo atrativo, poderá ser uma solução viável em médio prazo para frotas cativas.

Por fim, o Hidrogênio e *E-fuel*, são rotas possíveis, com grande efetividade na redução das emissões de gases de efeito estufa, no entanto, a necessidade de investimentos para viabilizar a aplicação em larga escala coloca esses combustíveis no cenário de longo prazo para veículos comerciais no Brasil.

Contribuíram para construção deste documento:

Vicente Pimenta (ABIOVE)

Ricardo Rodrigues da Cunha Pinto (Petrobras)

Ricardo Franca Nunes Da Rocha (Ipiranga)

Everton Lopes da Silva (MAHLE)

Jorge Delmonte (IBP)

Marcelo Mendes (Shell)

Marco Antonio Garcia (Scania)

Christian Michael Wahnfried (Bosch)

Eficiência Energética e Emissões Gasosas

Com base nos fatores motivadores citados no início deste capítulo, foram relacionadas tecnologias já disponíveis ou em desenvolvimento a nível mundial e nacional, que apresentam potenciais para adoção nos veículos pesados nos próximos anos com foco na redução de emissões e/ou aumento de eficiência.

As tendências tecnológicas foram separadas de acordo com as principais aplicações no segmento pesado: caminhões pesados, caminhões de entrega e ônibus urbanos/rodoviários.

As Tabelas 1 a 3 apresentam as tecnologias por segmento, incluindo algumas informações sobre viabilidade técnica para o Brasil, aplicação e produção local, além das alavancas motivadoras para implementação.

Tabela 1 – Tendências tecnológicas do segmento de caminhões pesados.

TECNOLOGIA	VIABILIDADE TÉCNICA PARA O BRASIL	APLICAÇÃO LOCAL / PRODUÇÃO LOCAL	ALAVANCAS	COMENTÁRIOS
VEÍCULO ELÉTRICO BATERIA	NÃO COMO ROTA PRINCIPAL, APENAS EM NICHOS URBANO – EX:CAMINHÃO DE LIXO	SIM, EM NICHOS / NÃO, COM EXCEÇÃO DOS NICHOS	LEGISLAÇÕES GOVERNAMENTAIS COM FOCO EM INCENTIVOS FISCAIS OU DE LIMITAÇÃO DE MOTORES A COMBUSTÃO	ELÉTRICOS POSSUEM PREÇO MAIS ELEVADO E DEFICIÊNCIA DE INFRAESTRUTURA NO PAÍS, NÃO EXISTEM LEGISLAÇÕES PARA INCENTIVAR ESSA TECNOLOGIA. A TECNOLOGIA EXISTE FORA DO PAÍS, MAS PARA ATINGIR ÍNDICES DE NACIONALIZAÇÃO PARA VIABILIZAR CRÉDITO FINAME TERIA QUE AUMENTAR O TEOR DE CONTEUDO LOCAL, O QUE PODE CRIAR BARREIRA
VEÍCULO HÍBRIDO 48 V	SIM, INTEGRAL	SIM / NÃO	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030/SINERGIA COM VEÍCULOS LEVES 48 V	ELETRIFICAÇÃO DE ACESSÓRIOS
VEÍCULO HÍBRIDO	NÃO	NÃO / NÃO	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030	ELETRIFICAÇÃO DA TRAÇÃO. CASO O MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA USE COMBUSTÍVEIS RENOVÁVEIS, POR EXEMPLO, A TECNOLOGIA NACIONAL PODERIA TER UM DIFERENCIAL.
VEÍCULO CÉLULA COMBUSTÍVEL (H2)	NÃO	NÃO / NÃO	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030/INCENTIVOS FISCAIS	DIFICULDADE DE INFRAESTRUTURA NO PAÍS

CÉLULA À COMBUSTÍVEL À H2 COMO APU	NÃO	NÃO / NÃO	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030	AUXILIARY POWER UNIT - DIESEL COM REFORMADOR GERANDO H2. POTENCIAL DE DESENVOLVIMENTO COM OUTROS COMBUSTÍVEIS COMO GASOLINA OU ETANOL.
E-AXLE	SIM, INTEGRAL	2020 / 2020	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030	A EMPRESA RANDOM APRESENTOU UMA CARRETA NA FENATRAM COM A TECNOLOGIA E-AXLE INCORPORADA. NÃO SE ESPERA QUE SEJA TECNOLOGIA DOMINANTE
DIESEL-GÁS	SIM, PARCIAL	NÃO / NÃO	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030	DIFICULDADES TÉCNICAS PARA HOMOLOGAÇÃO NA FASE P8. A FALTA DE INFRAESTRUTURA PODE DIFICULTAR A REVENDA
METHANE OXIDATION CATALYST +FILTER	SIM, INTEGRAL	2017 / 2017	PROCONVE P8/LEGISLAÇÕES PARA INCENTIVAR GÁS NATURAL MAIOR OFERTA DE GÁS NO BRASIL	CUSTO ATRELADO A CARGA DO METAL PRECIOSO E INFRAESTRUTURA DEVIDO A DISPONIBILIDADE DE GÁS (É NECESSÁRIO DPF DEVIDO AOS LIMITES DE PN - REGULAÇÃO RDE - EURO VIE)
EURO VI SEM OU COM HC DOSING P/REGENERAÇÃO DO DPF	SIM, INTEGRAL	2022 / 2022	PROCONVE P8	A DEPENDER DA ESTRATÉGIA DO FABRICANTE E CUSTOS ASSOCIADOS
VEÍCULO A GÁS CICLO OTTO	SIM, INTEGRAL	2019 / 2019	LEGISLAÇÃO DE CO2 ROTA 2030	A FALTA DE INFRAESTRUTURA DIFICULTA USO PARA LONGAS DISTÂNCIAS E REVENDA
VARIABLE GEOMETRY TURBO (VGT)	SIM, INTEGRAL	2012 / NÃO	LEGISLAÇÃO DE CO2 ROTA 2030 PROCONVE P8	TECNOLOGIA COM ESPAÇO PARA CRESCIMENTO PARA AUMENTO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
ÓLEO LUBRIFICANTE DE BAIXA VISCOSIDADE 5W30	SIM, INTEGRAL	2027 / 2027	LEGISLAÇÃO DE CO2 ROTA 2030	USO DE TEORES ELEVADOS DE BIODIESEL PODE SER FATOR DIFICULTADOR EM FUNÇÃO DA PRESENÇA DOS ÁCIDOS CARBOXÍLICOS NA COMBUSTÃO. SENSÍVEL QUANTO AO USO DA ESTRATÉGIA DE LATE POST-INJECTION POIS AUMENTA-SE O TEOR DE DILUIÇÃO DE DIESEL NO LUBRIFICANTE.
E-BOOSTER	SIM, INTEGRAL	2032 / NÃO DEFINIDO	LEGISLAÇÃO DE CO2 ROTA 2030	PARA AUMENTO DE EFICIÊNCIA
VVT (VARIABLE VALVE TIMING)	SIM, INTEGRAL	2032 / NÃO DEFINIDO	LEGISLAÇÃO DE CO2 ROTA 2030	PARA AUMENTO DE EFICIÊNCIA E REDUÇÃO DE EMISSÕES
REDUCED AERODYNAMIC AND ROLLING RESISTANCE	SIM, INTEGRAL	2032 / 2032	LEGISLAÇÃO DE CO2 ROTA 2030	CONSIDERADO COM SUPERTRUCK + EUROPA
WEIGHT REDUCTION	SIM, INTEGRAL	2032 / 2032	LEGISLAÇÃO DE CO2 ROTA 2030	CONSIDERADO COM SUPERTRUCK + EUROPA

(CHASSI, POWERTRAIN, ETC)				
TPMS (TIRE PRESSURE MONITORING SYSTEM)	SIM, INTEGRAL	2020 / NÃO	ROTA2030	TENDÊNCIA PARA O CAMINHÃO E ÔNIBUS JÁ SAIR COM TPMS DE SÉRIE. CONECTIVIDADE É UM GRANDE ASSUNTO PARA INFORMAR A SITUAÇÃO DOS PNEUS PARA O SISTEMA DE TELEMETRIA/RASTREADORES
DOUBLE DOSING DE INJEÇÃO DE UREIA	SIM, INTEGRAL	2023 / SIM	UMA LEGISLAÇÃO MAIS RESTRITIVA QUE PROCONVE P8	EXISTEM OUTRAS TECNOLOGIAS DE MENOR CUSTO PARA ATENDER P8. CASO EXISTAM DIFERENÇAS DE LEGISLAÇÕES FUTURAS ENTRE ÔNIBUS E CAMINHÕES SUA APLICAÇÃO PODE SER ACELERADA OU RETARDADA. BENEFÍCIO ADICIONAL DE REDUÇÃO DE DEPÓSITOS DE UREIA
TURBO COMPOUNDING (WASTE HEAT RECOVERY)	SIM, INTEGRAL	2010 / NÃO	LEGISLAÇÃO DE CO2 ROTA 2030	PARA AUMENTO DE EFICIÊNCIA. MAIOR ESPECTRO DE APLICAÇÃO A PARTIR DE 2032
DUAL STAGE TURBO CHARGE	SIM, INTEGRAL	2012 / 2012	LEGISLAÇÃO DE CO2 ROTA 2030	TECNOLOGIA COM ESPAÇO PARA CRESCIMENTO PARA AUMENTO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (CONCORRENTE DO VGT)

Tabela 2 – Tendências tecnológicas do segmento de caminhões leves.

TECNOLOGIA	VIABILIDADE TÉCNICA PARA O BRASIL	APLICAÇÃO LOCAL / PRODUÇÃO LOCAL	ALAVANCAS	COMENTÁRIOS
VEÍCULO ELÉTRICO A BATERIA	SIM, INTEGRAL	2021 / 2021	LEGISLAÇÕES GOVERNAMENTAIS COM FOCO EM INCENTIVOS FISCAIS OU DE LIMITAÇÃO DE MOTORES A COMBUSTÃO. POSSIBILIDADE DE ZONAS DE RESTRIÇÃO AO USO DO MCI	ELÉTRICOS POSSUEM PREÇO MAIS ELEVADO E DEFICIÊNCIA DE INFRAESTRUTURA NO PAÍS, NÃO EXISTEM LEGISLAÇÕES PARA INCENTIVAR ESSA TECNOLOGIA. A TECNOLOGIA EXISTE FORA DO PAÍS, MAS PARA ATINGIR ÍNDICES DE NACIONALIZAÇÃO PARA VIABILIZAR CRÉDITO FINAME TERIA QUE AUMENTAR O TEOR DE CONTEUDO LOCAL, O QUE PODERIA CRIAR UMA BARREIRA
VEÍCULO HÍBRIDO 48 V	SIM, INTEGRAL	SIM / NÃO	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030/SINERGIA COM VEÍCULOS LEVES 48 V	ELETRIFICAÇÃO DE ACESSÓRIOS
VEÍCULO HÍBRIDO	SIM, INTEGRAL	NÃO / NÃO	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030	ELETRIFICAÇÃO DA TRACÇÃO. CASO O MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA USE COMBUSTÍVEIS RENOVÁVEIS, POR EXEMPLO, A TECNOLOGIA NACIONAL PODERIA TER UM DIFERENCIAL.

VEÍCULO A CÉLULA COMBUSTÍVEL (H2)	SIM	NÃO / NÃO	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030/INCENTIVOS FISCAIS	DIFICULDADE DE INFRAESTRUTURA NO PAÍS
TRANSMISSÃO AUTOMATIZADA	SIM, INTEGRAL	2020 / 2020	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030	
DIESEL-GÁS	SIM, INTEGRAL	NÃO / NÃO DISPONÍVEL	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030	DIFICULDADES TÉCNICAS PARA HOMOLOGAÇÃO NA FASE P8.
VEÍCULO A GÁS CICLO OTTO	SIM, INTEGRAL	2019 / NÃO DISPONÍVEL	LEGISLAÇÃO DE CO2 ROTA 2030	NECESSIDADE DE DESENVOLVIMENTO PARA O MERCADO NACIONAL E COMPATIBILIZAÇÃO DE CUSTOS
START-STOP	SIM, INTEGRAL	2015 / 2016	ROTA2030	TECNOLOGIA EXISTENTE NO BRASIL, PORÉM AINDA EM FASE DE EXPANSÃO. ACREDITA-SE QUE COM NOVAS DEMANDAS DO ROTA 2030 O START-STOP SE TORNE MAIS COMUM EM VEÍCULOS.
TPMS (TIRE PRESSURE MONITORING SYSTEM)	SIM, INTEGRAL	2020 / NÃO	ROTA2030	TENDÊNCIA PARA O CAMINHÃO E ÔNIBUS JÁ SAIR COM TPMS DE SÉRIE. CONECTIVIDADE É UM GRANDE ASSUNTO PARA INFORMAR A SITUAÇÃO DOS PNEUS PARA O SISTEMA DE TELEMETRIA/RASTREADORES.
DUAL STAGE TURBO CHARGE	SIM, INTEGRAL	2012 / 2012	LEGISLAÇÃO DE CO2 ROTA 2030	TECNOLOGIA COM ESPAÇO PARA CRESCIMENTO PARA AUMENTO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Tabela 3 – Tendências tecnológicas do segmento de ônibus urbanos e rodoviários.

TECNOLOGIA	VIABILIDADE TÉCNICA PARA O BRASIL	APLICAÇÃO LOCAL/PRODUÇÃO LOCAL	ALAVANCAS	COMENTÁRIOS
VEÍCULO ELÉTRICO A BATERIA (*1)	SIM, INTEGRAL	2018 / 2018	LEGISLAÇÕES GOVERNAMENTAIS COM FOCO EM INCENTIVOS FISCAIS OU DE LIMITAÇÃO DE MOTORES A COMBUSTÃO	ELÉTRICOS POSSUEM PREÇO MAIS ELEVADO E DEFICIÊNCIA DE INFRAESTRUTURA NO PAÍS. A TECNOLOGIA EXISTE LÁ FORA, MAS PARA ATINGIR INDICES DE NACIONALIZAÇÃO PARA VIABILIZAR CRÉDITO FINAME TERIA QUE AUMENTAR O TEOR DE CONTEUDO LOCAL, O QUE PODERIA SER UMA BARREIRA
VEÍCULO HÍBRIDO 48 V	SIM, INTEGRAL	NÃO / NÃO	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030/SINERGIA COM VEÍCULOS LEVES 48 V	ELETRIFICAÇÃO DE ACESSÓRIOS
VEÍCULO HÍBRIDO	SIM, INTEGRAL	2005 (ELETRA) / 2006 (ELETRA)	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030	ELETRIFICAÇÃO DA TRACÇÃO. CASO O MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA USE COMBUSTÍVEIS RENOVÁVEIS, POR EXEMPLO, A TECNOLOGIA NACIONAL PODERIA TER UM DIFERENCIAL.

VEÍCULO A CÉLULA COMBUSTÍVEL (H2)	SIM, INTEGRAL	NÃO / NÃO	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030/INCENTIVOS FISCAIS	EXPERIÊNCIAS, JÁ DESCONTINUADAS, EM SP-EMTU E RJ-UFRJ, JUNTO COM A BR DISTRIBUIDORA, DIFICULDADE DE INFRAESTRUTURA NO PAÍS
TRANSMISSÃO AUTOMATIZADA	SIM, INTEGRAL	2010 / 2010	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030	MAIS COMUM EM ÔNIBUS DE CORREDORES E ÔNIBUS MAIORES DE 6 CILINDROS.
E-AXLE	SIM, INTEGRAL	NÃO / NÃO	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030	A EMPRESA RANDOM APRESENTOU UMA CARRETA NA FENATRAN COM A TECNOLOGIA E-AXLE INCORPORADA. NÃO SE ESPERA QUE SEJA TECNOLOGIA DOMINANTE
DIESEL-GÁS	SIM, INTEGRAL	NÃO / NÃO	LEGISLAÇÃO DE CO2/ROTA 2030	DIFICULDADES TÉCNICAS PARA HOMOLOGAÇÃO NA FASE P8. FALTA DE INFRAESTRUTURA PODE DIFICULTAR A REVENDA NO RODOVIÁRIO
EURO VI SEM OU COM HC DOSING	SIM, INTEGRAL	2022 / 2022	PROCONVE P8	A DEPENDER DA ESTRATÉGIA DO FABRICANTE E CUSTOS ASSOCIADOS
DYNAMIC CYLINDER DEACTIVATION	SIM, INTEGRAL	2032 / NÃO	LEGISLAÇÃO DE CO2 ROTA 2030	DIFICULDADE SERIA TREINAMENTO, MAS NÃO UMA BARREIRA
VEÍCULO A GÁS CICLO OTTO	SIM, INTEGRAL	2010 / 2010	LEGISLAÇÃO DE CO2 ROTA 2030	A FALTA DE INFRAESTRUTURA DIFICULTA A REVENDA
START-STOP (*1)	SIM, INTEGRAL	2015 / 2016	ROTA2030	TECNOLOGIA EXISTENTE NO BRASIL, PORÉM AINDA EM FASE DE EXPANSÃO. ACREDITA-SE QUE COM NOVAS DEMANDAS DO ROTA 2030 O START-STOP SE TORNE MAIS COMUM EM VEÍCULOS.
TPMS (TIRE PRESSURE MONITORING SYSTEM)	SIM, INTEGRAL	2020 / NÃO	ROTA2030	TENDÊNCIA PARA O CAMINHÃO E ÔNIBUS JÁ SAIR COM TPMS DE SÉRIE. CONECTIVIDADE É UM GRANDE ASSUNTO PARA INFORMAR A SITUAÇÃO DOS PNEUS PARA O SISTEMA DE TELEMETRIA/RASTREADORES.

Nota (*1) – somente para ônibus urbanos.

Sumário para Eficiência Energética e Emissões Gasosas para Veículos Comerciais.

ELÉTRICOS: Em linhas gerais, com relação à eletrificação das frotas a partir do uso de veículos 100% elétricos a bateria, o segmento mais propenso seria o de caminhões leves, além dos ônibus urbanos. Os

veículos totalmente elétricos possuem preço mais elevado e deficiência de infraestrutura no país. A tecnologia existe no exterior, porém para atingir índices de nacionalização a fim de viabilizar crédito FINAME, há necessidade de aumentar o teor de conteúdo local, o que pode ser uma barreira no curto/médio prazos.

HÍBRIDOS: Destaca-se a tecnologia de veículos híbridos 48 V, com tendência de penetração em todos os segmentos, aproveitando os desenvolvimentos para veículos leves, enquanto os veículos com maior grau de hibridização tendem a penetrar nos segmentos de caminhões leves e ônibus. Neste caso, a utilização do motor de combustão interna com combustíveis renováveis é um diferencial para o Brasil.

CÉLULA COMBUSTÍVEL: Com relação aos veículos a célula de combustível de H_2 , há viabilidade técnica para caminhões leves, porém mesmo neste caso, há necessidade de implantação de infraestrutura para abastecimento de H_2 nos veículos e/ou reformadores embarcados, além de reduções de custos para melhorar a concorrência frente a outras opções tecnológicas. O desenvolvimento dos reformadores embarcados poderia favorecer a aplicação desta tecnologia também no segmento de caminhões pesados e ônibus rodoviários que percorrem longas distâncias.

GÁS NATURAL: No que diz respeito ao aumento da participação do gás natural como combustível em veículos pesados, existem duas rotas tecnológicas principais, motores do ciclo Diesel no modo Diesel-gás e motores do ciclo Otto dedicados ao gás natural. A tecnologia Diesel-gás possui maior flexibilidade em relação ao combustível, o que pode facilitar sua adoção em regiões com deficiências de infraestrutura de abastecimento de gás natural, habilitando a aplicação nos três segmentos considerados. São esperadas dificuldades técnicas para homologação do Diesel-gás no PROCONVE P8. Por sua vez, os motores do ciclo Otto a gás natural têm aplicação favorecida nos segmentos de caminhões leves e ônibus urbanos em função das menores distâncias médias percorridas. Tecnologias veiculares que permitam o uso do GNL podem favorecer o uso do gás natural em caminhões pesados e ônibus rodoviários que percorrem longas distâncias, porém

também são necessários investimentos em infraestrutura de abastecimento de GNL. Pode ser necessário adoção de catalisador específico para abatimento de metano, cujo custo estará atrelado à carga de metal precioso, e filtro de material particulado, em função dos limites previstos no futuro para número de partículas.

As modificações que estão sendo introduzidas no setor de distribuição de gás natural no Brasil podem incentivar investimentos em infraestruturas para ampliação da oferta deste combustível, eventualmente ajudando a aumentar sua penetração no setor automotivo.

Além das tendências mais gerais citadas, existem tecnologias mais específicas relacionadas nas Tabelas 1 a 3, a exemplo do *start-stop*, reaproveitamento de energia dos gases de escape, desativação de cilindros, turbo compressores de duplo estágio (*dual stage turbo charge*), sistemas de monitoramento da pressão dos pneus (TPMS), sistemas de pós tratamento mais sofisticados, entre outras. Essas tecnologias podem ter maior ou menor penetração nos diferentes segmentos e também dependerão dos conceitos, requisitos e objetivos dos novos projetos, que podem associá-las em maior ou menor grau nas diversas aplicações.

Algumas das tecnologias possuem maior probabilidade de aplicação mais ampla no mercado nacional em cada segmento.

CAMINHÕES PESADOS: A tecnologia de veículos híbridos 48V, por apresentar maior facilidade de implantação, aproveitando os desenvolvimentos para veículos leves, pode ser favorecida em horizonte de curto/médio prazos. A implantação do DPF com ou sem HC *dosing* para regeneração entrará em vigor para atendimento do PROCONVE P8 em 2022, sendo a estratégia de dosagem do HC dependente de cada fabricante em função dos projetos e custos associados. A utilização do *dual stage turbo charge* e do VGT, tecnologias concorrentes, pode ganhar espaço a curto/médio prazos para aumento de eficiência energética dos motores, também a depender das estratégias de cada fabricante. Há uma tendência de que os veículos já saiam com TPMS de fábrica, auxiliando no aumento de eficiência, aproveitando os desenvolvimentos em conectividade, telemetria e rastreadores.

Tecnologias voltadas para reduções de peso e resistências aerodinâmicas e de rolagem serão implantadas mais amplamente a partir de 2030, para atender requisitos de aumento de eficiência energética dos veículos.

CAMINHÕES LEVES: Tanto a tecnologia de veículos híbridos 48V, como os híbridos mais avançados devem penetrar nesse segmento no curto/médio prazos, também aproveitando os desenvolvimentos para veículos leves. Seguindo a mesma tendência observada para os veículos leves nos últimos anos, a transmissão automatizada e o *start-stop* serão utilizadas mais amplamente nesse segmento. Assim como no segmento de caminhões pesados, o TPMS também deverá estar presente no curto/médio prazos nos

caminhões leves. O *dual stage turbo charge*, tecnologia já dominada, poderá estar mais presente para aumento de eficiência dos motores desse segmento.

O uso do gás natural poderia ser favorecido nesse segmento no curto/médio prazos, em função da disponibilidade de infraestrutura de abastecimento nas maiores cidades do Brasil, sendo, porém, necessários desenvolvimentos específicos e compatibilização de custos para o mercado nacional.

ÔNIBUS URBANOS E RODOVIÁRIOS: Em função de similaridades dos usos em estradas ou centros urbanos e das maiores ou menores distâncias médias percorridas, pode-se dizer que algumas tecnologias mais promissoras para os caminhões pesados também penetrem nos ônibus rodoviários, enquanto outras tecnologias voltadas para os caminhões leves penetrem mais amplamente nos ônibus urbanos. Esse raciocínio vale, por exemplo, para as tecnologias híbridos 48 V e híbridos avançados, que podem penetrar no curto/médio prazos preferencialmente nos ônibus urbanos. O mesmo ocorre no que diz respeito ao uso da tecnologia *start-stop*, que poderá aumentar, no curto/médio prazos, nos ônibus urbanos. Por sua vez o TPMS deve ser uma tendência geral em ônibus urbanos e rodoviários.

O uso do gás natural também é favorecido nos ônibus urbanos das maiores cidades do Brasil, que possuem infraestrutura de abastecimento, sendo que existem dificuldades em relação à revenda dos veículos usados para cidades do interior (prática comum nesse segmento), que não possuam ampla rede de distribuição de gás. Também são necessários desenvolvimentos que compatibilizem os custos envolvidos na aquisição e uso da tecnologia para o mercado nacional.

A implantação do DPF com ou sem HC *dosing* para regeneração estará presente para atendimento do PROCONVE P8 em 2022, tanto nos urbanos como rodoviários, sendo a estratégia de dosagem do HC dependente de cada fabricante em função dos projetos e custos associados.

Contribuíram para construção deste documento:

Eduardo Nogueira Dias (BASF)

Everton Lopes Silva (MAHLE)

Georges Glyniadakis (AVL)

Guilherme Bastos Machado (Petrobras)

Gustavo Teixeira (CNHi)

Miguel Zoca (UMICORE)

Rômulo Petrini Fogaça (Corning)

Tadeu Cavalcante Cordeiro de Mello (Petrobras)

Rodrigo Santos (Volkswagen)

Anderson Souza (MWM)

SEGURANÇA VEICULAR

A segurança veicular é um dos principais pilares na mobilidade, e tem adquirido crescente importância na estratégia de desenvolvimento do mercado automotivo brasileiro.

A mobilidade e os meios de transporte são fundamentais para toda a sociedade. Portanto, a segurança envolvida na mobilidade tem um impacto social direto, seja ele pelo efeito direto na saúde, qualidade de vida e na economia.

A Segurança Veicular envolve muitos aspectos, nos quais podemos citar os principais:

1. A estrutura construtiva de um veículo, incluindo seus materiais e engenharia estrutural;
2. Tecnologias embarcadas de Segurança Ativa, Passiva e Assistência ao Motorista
3. Adequação da infraestrutura de trânsito que concilie um ambiente seguro para diferentes modais, e que não traga risco a condutores, passageiros e pedestres.

As tecnologias que suportam a segurança veicular são massivamente utilizadas nos mercados maduros. No Brasil, a introdução de tecnologias voltadas à segurança do motorista e passageiros tem evoluído rapidamente, sendo possível observar uma redução significativa no hiato existente entre os produtos comercializados nos mercados maduros e no Brasil. O uso das tecnologias mais avançadas em engenharia, antes restrito a segmentos de veículos premium e importados, aos poucos é estendido para uma maior parte da frota circulante. Em que pese a velocidade na adoção das tecnologias estar associada ao seu segmento de mercado, é nítido que o Brasil tem conquistado avanços para a introdução de tecnologias antes restritas a poucos veículos. Mas para a principal parte dos novos veículos produzidos e vendidos, a barreira de custo ainda é o principal fator que retarda uma popularização ainda maior.

Os principais motivadores que alavancam o desenvolvimento e a aplicação local destas tecnologias são:

- Programa ROTA 2030
- Resoluções do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN
- Iniciativas do Denatran junto a órgãos da sociedade
- Protocolos do Latin NCAP

- Demandas de Mercado

Com o encerramento do Inovar Auto e o início do programa ROTA 2030, nota-se que o tema está em pauta como sendo prioridade de desenvolvimento, e isto se dá pelo segmento dentro de Mobilidade e Logística do programa denominado Desempenho Estrutural e Tecnologias Assistivas à Direção. O programa estabelece, através da Resolução Contran 717/2017 uma lista de 38 tecnologias que devem ser implementadas gradualmente entre 2022 e 2027 pelas empresas homologadas.

Adicionalmente, como já estabelecido para eficiência energética, o Denatran estabeleceu a portaria nº 374/2020 que prevê o Programa de Rotulagem Veicular de Segurança. Isto se aplicará a todos veículos comercializados no Brasil, informando os itens de segurança inovadores disponíveis.

A Tabela 4 e 5 apresentam as tecnologias do segmento, incluindo algumas informações sobre as alavancas motivadoras para implementação.

Tabela 4 – Tendências tecnológicas de Segurança Veicular - Veículos de Passageiros

TECNOLOGIA	ALAVANCAS	COMENTÁRIOS
ESP (Electronic Stability Program)	CONTRAN 567 Latin NCAP ROTA 2030	-
ESP Hev (Electronic Stability Program for Hybrid and Electric Vehicles)	Rota 2030	-
ABS-M (Antilock Brake System for Motorcycles)	CONTRAN 509	-
TPMS (Tire Pressure Monitoring System)	Mercado ROTA 2030	-
DDD (Driver Drowsiness Detection)	MERCADO Latin NCAP ROTA 2030	-
AEB (Automatic Emergency Braking)	CONTRAN 717 Latin NCAP ROTA 2030	-
ACC (Adaptative Cruise Control)	Mercado Latin NCAP ROTA 2030	-
LDW (Lane Departure Warning)	CONTRAN 717 Latin NCAP ROTA 2030	-

LKS (Lane Keeping Support)	Latin NCAP ROTA 2030	-
BSD (Blind Spot Detection)	Mercado	-
SVA (Side View Assist)	Mercado	-
PP (Parking Pilot)	Mercado CONTRAN 717 ROTA 2030	-
RVC (Rear View Camera)	Mercado CONTRAN 717 ROTA 2030	-
MEB (Maneuver Emergency Brake)	Latin NCAP	-
iBooster (Electronic Brake Booster)	Mercado	-
IPB (Electronic Parking Brake)	Mercado	-
Airbags proteção contra impacto poste lateral	CONTRAN 717 Latin NCAP ROTA 2030	-

Tabela 5 – Tendências tecnológicas de Segurança Veicular - Veículos Pesados

TECNOLOGIA	ALAVANCAS	COMENTÁRIOS
Balança a bordo	-	Medição do peso de carga por eixo. Para veículos de frota para eficiência de transporte. Tendência futura necessária para caminhões autônomos para informar o sistema de peso carregado.
Controle eletrônico de velocidade	CONTRAN 641/16	-
Indicação de direção lateral	CONTRAN 667/17	-
Farol de rodagem diurna	CONTRAN 667/17	-
Aviso de não afivelamento de cinto	CONTRAN 760/18	-
Indicação de frenagem de emergência	CONTRAN 761/18	-
Proteção aos ocupantes	CONTRAN 765/18	-
Sistema de redução de spray	CONTRAN 762/18	-

Dispositivo anti-intrusão	CONTRAN 755/18	-
Instalação de cintos de segurança	CONTRAN 753/18	-
Identificação e iluminação dos controles	CONTRAN 758/18	-
Veículos Elétricos	CONTRAN 749/18	-
Buzina	CONTRAN 764/18	-
Espelho retrovisor	CONTRAN 703/18	-
Regulagem de farol	CONTRAN 667/17	-
Etiqueta de Segurança	PORTARIA DETRAN 374/20	-

Contribuíram para construção deste capítulo:

Para veículos de Passageiro e motocicletas - Comissão Técnica Segurança Veicular (Liderada por Carlos Gibran - BOSCH)

Para veículos Comerciais Pesados – Wagner Fonseca (Netz Automotiva)

CONECTIVIDADE

O Brasil tem uma longa história com carro conectado, com foco relacionado à segurança (recuperação de veículo), reflexo do alto nível de roubo de veículo e cargas.

Outros países tomaram um rumo diferente, focados muito em B2C (*Business to Customer*), onde o foco era o usuário final. Em 1996, a GM lançou o famoso OnStar nos Estados Unidos, usando um sistema analógico de telefonia. O foco, originalmente, era para serviços de emergência em caso de acidente.

Com a evolução da tecnologia de telefonia e melhorias de hardware, esses veículos começaram a enviar localização (coordenadas de GPS), telemetria (informações da rede eletrônica do veículo) e, nos últimos anos, associado à tecnologia 4G (LTE) oferece *mobile hotspot* e *streaming* de vídeo.

No Brasil, essa tendência está se tornando realidade, com vários veículos lançados nos últimos anos oferecendo pacotes de conectividade e serviços, como recuperação de veículo, *concierge* e *mobile hotspot*.

Somente para exemplificar, uma das empresas que mais mostrou avanço nos últimos anos foi a Tesla, que ofereceu seu veículo como se fosse um telefone móvel com rodas. Os veículos da Tesla, devido à sua plataforma elétrica, têm os sistemas integrados possibilitando a atualização remota do software, e oferecendo uma loja virtual onde é possível comprar pacotes que aumentam a potência do veículo ou liberam uma porcentagem maior da capacidade total da bateria.

Parte da avaliação do valor da empresa Tesla vem desse conceito de tratar o veículo como uma plataforma de software, não somente um bem adquirido. Isso não seria possível sem conectividade e sem uma plataforma que possibilita comunicação constante com seus usuários.

As novas tecnologias de LTE e 5G oferecerão um aumento teórico de 100 vezes em relação ao 4G CAT 4 para tráfego de dados e reduzirão a latência para menos de 10 ms. Talvez o maior impacto seja a latência, por exemplo, reduzindo significativamente a distância trafegada por um veículo em alta velocidade (de centenas de metros para dezenas), para aplicação de freio auxiliar de emergência ou execução de outra manobra para evitar ou reduzir danos de acidentes.

O leilão da banda 5G no Brasil está previsto para 2021. Ainda é discutível quando seriam aplicados os primeiros projetos no Brasil, mas, com a evolução da tecnologia e aumento de escala de adoção, com consequente redução de custos, aumentam as possibilidades de adoção no Brasil.

Tabela 6 – Tendências tecnológicas de Conectividade.

TECNOLOGIA	VIABILIDADE TÉCNICA PARA O BRASIL	APLICAÇÃO LOCAL / PRODUÇÃO LOCAL	ALAVANCAS	COMENTÁRIOS
DSRC / ITS G5	Sim, integral	-/Não	MERCADO	As tecnologias DSRC e ITS 5G referem-se a tecnologias de comunicação baseada em Wi-Fi. Estão presentes nos mercados europeus (principalmente a tecnologia ITS-G5) e americano (primordialmente a DSRC). Sobre barreiras de infraestrutura: com certeza a não disponibilidade da tecnologia na infraestrutura (por exemplo comunicação V2I) pode limitar a funcionalidade, apesar de que haja funções que possam ser ativadas nas comunicações V2V.
C-V2X (CAT M)	Sim, integral	2021 / Não	Mercado	
C-V2X (CAT 4- 6)	Sim, integral	2020 / Não	Mercado	Já aplicado massivamente em outros países, aplicação limitada a <i>aftermarket</i> atualmente. Focos são diversos, em conforto, <i>safety</i> e <i>security</i> .
C-V2X (Other narrowband)	Sim, integral	2021 / Não	Mercado	-
C-V2X (5G)	Sim, integral	2024 / Não	Mercado	Entrará na Europa e US a partir de 2022. Gradativamente virá ao Brasil. Aplicação poderá ser acelerada globalmente e algumas aplicações spots, rede privada ou aplicações específica de mobilidade poderão ajudar no ramp up. Vale ressaltar que C-V2X (5G) não depende essencialmente do 5G de forma ampla, porque a faixa de frequência em que o ITS opera (C-V2X) é diferente da faixa onde estão operando os outros serviços como o de voz e dados celulares. Sobre área de contribuição, apesar de a seleção estar ligada à redução de acidentes, outros benefícios muito importantes também seriam colhidos nas áreas de conforto e também de desempenho.
FOTA - Flash over the air	Sim, integral	2018 / Não	Mercado	Aplicado nos Estados Unidos, acelerando na Europa e volume tende a ser alto nos próximos anos no mundo inteiro. As aplicações são variadas pois tratam temas como segurança

				cibernética, redução de custos, melhoria de performance do veículo e outros.
HD Maps	Sim, integral	2023 / Não	Mercado	Aplicação em <i>luxury cars</i> na Europa e aplicações em sistemas de transporte/logística. Custos são relacionados ao conteúdo, Hardware e custo de conectividade
Appstore Automotiva	Sim, integral	2020 / Não	Mercado	-
ENC - Engine Noise Cancellataion	Sim, integral	2023 / Não	Mercado	Trata-se de função de conforto e conveniência. Vai depender de reação do mercado e capacidade de integração nos HWs regionais.
RNC - Road Noise Cancellation	Sim, integral	2023 / Não	Mercado	Trata-se de função de conforto e conveniência. Vai depender de reação do mercado e capacidade de integração nos HWs regionais.
Sound Management	Sim, integral	2023 / Não	Mercado	Foco no exterior será inicialmente em Safety. No Brasil vai depender da reação do mercado e eletrificação.
Virtualization	Sim, integral	2024 / Sim	Mercado	Chegará junto com a integração dos cockpits digitais
Smart Antenna Systems	Sim, integral	2024 / Não	Mercado	Chegará junto com a integração do 5G
VPA Integration	Sim, integral	2020 / Sim	Mercado	Chega juntamente com sistemas Android nos veículos e assistentes em língua portuguesa, como Siri, Alexa e Google.

Contribuíram para construção deste capítulo:

Comissão Técnica Eletroeletrônica (Liderada por Leimar Manfort - BOSCH)

SOBRE A AEA

A AEA – Associação Brasileira de Engenharia Automotiva é uma entidade sem fins lucrativos que tem como objetivo ser um fórum neutro de discussão sobre questões estratégicas relativas à engenharia automotiva nacional com envolvimento direto da indústria automotiva, de órgãos governamentais, instituições de ensino e de pesquisa, entidades internacionais e a sociedade em geral.

A entidade conta com um sólido histórico de mais de 35 anos de grandes contribuições para o desenvolvimento da engenharia automotiva e das políticas públicas do setor, com a ação sustentada em pilares como conhecimento científico, tecnologia, competitividade, qualidade, autonomia e sustentabilidade.

Única associação 100% nacional no segmento, hoje a AEA está consolidada no setor automotivo como um centro catalisador de soluções. Atualmente, a entidade conta com mais de 70 empresas associadas, provenientes de diversos segmentos do setor automotivo que participam ativamente de comissões técnicas, grupos de trabalho, workshops, eventos, cursos e projetos voltados para o desenvolvimento da engenharia automotiva nacional.

DIREITOS AUTORAIS

As informações contidas neste material, incluindo textos, gráficos, fotos, logotipos, marcas, imagens e outros, são de propriedade da AEA ou de seus titulares e estão protegidas pela legislação em vigor.

A permissão para visualizar deste manual é concedida apenas para uso pessoal e não comercial, não se responsabilizando a AEA pelo uso dele por terceiros. A cópia, distribuição, retransmissão, alteração, reprodução e demais usos das informações contidas neste manual por terceiros, de qualquer forma, deverão ser precedidos de permissão prévia, expressa e escrita da AEA ou de seus titulares.”

Referências

- [1] GORINI, R., “Cenário socioeconômico e demanda de energia”, PNE 2050, Jun/2015;
- [2] <http://etanoldemilho.com.br/2020/02/03/a-hegemonia-do-etanol/>
- [3] Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, V.12 – Safra 2020/21 – N.2, agosto de 2020.
- [4] <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-bicombustiveis/etanol/etanol/informacoes-de-mercado>
- [5] <http://www.granbio.com.br/press-releases/granbio-e-nextchem-assinam-parceria-para-desenvolver-mercado-de-etanol-celulosico/>
- [6] <https://jornalcana.com.br/raizen-chegou-a-165-milhoes-de-litros-de-etanol-2g/>
- [7] Balanço Energético Nacional 2020.
- [8] “Proposta de Metas Compulsórias Anuais de Redução de Emissões na Comercialização de Combustíveis”; http://www.mme.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=40d35ad0-582d-82e3-1de0-61979c5905ae&groupId=36224
- [9] “Natural Gas Benefits and Considerations”; https://afdc.energy.gov/fuels/natural_gas_benefits.html
- [10] “Gás Natural em Veículos Pesados em um Contexto de Transição Energética”; http://www.mme.gov.br/documents/36112/491930/EPE_SEMIN%C3%81RIO+INTERNACIONAL+DE+MOBILIDADE+A+G%C3%81S+NATURAL_ABEG%C3%81S_JOS%C3%89+MAURO_20191025.pdf/f7ede913-916e-78f9-56c8-3158a891f0db
- [11] “U.S. Energy Information Administration | International Energy Outlook 2016” <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/transportation.pdf>
- [12] “Natural Gas Vehicles in Europe 10.2014 by NGVA and GVR” <http://cngeurope.com/natural-gas-vehicles/>
- [13] “An overview of natural gas as an energy source for various purposes” https://www.researchgate.net/publication/320897252_An_overview_of_natural_gas_as_an_energy_source_for_various_purposes
- [14] PNE 2050; <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-523/05.12%20Gas%20Natural.pdf>

- [15] “Novo mercado de gás deve receber R\$ 34 bilhões em investimentos até 2032”
<https://economia.uol.com.br/noticias/estadao-conteudo/2019/06/24/mme-aporte-no-novo-mercado-de-gas-sera-de-r-34-bi-em-infraestrutura-ate-2032.htm>
- [16] “Outlook for biogas and biomethane: Prospects for organic growth”
<https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth/an-introduction-to-biogas-and-biomethane>
- [17] BiogasData; <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth/an-introduction-to-biogas-and-biomethane>
- [18] <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjQxYjg4NjgtMTI0NC00NTk2LTk5OTQtMjFkNmMxZjM1ZTk5IiwidCI6ImMzOTg3ZmI3LTQ5ODMtNDA2Ny1iMTQ2LTc3MGU5MWE4NGViNSJ9>
- [19] Estudos de Longo Prazo, Eletromobilidade e Biocombustíveis, EPE 2018.
- [20] Energy Efficiency and CO₂ Emissions Brazilian Perspective, MAHLE 2020.
- [21] Relatório: Roadmap tecnológico para veículos elétricos leves no Brasil, PROMOB, 2019.
- [22] “E-FUELS STUDY - The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU”, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2017.
- [23] <https://www.carbonrecycling.is>
- [24] <https://www.fuelsandlubes.com/audis-partner-sunfire-starts-production-of-synthetic-diesel-fuel-2/>
- [25] <https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020/projects/h2020-energy/biomass-biofuels-alternative-fuels/kerogreen>
- [26] <https://www.differ.nl/network/kerogreen>
- [27] <https://www.eforfuel.eu/>
- [28] <https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020/projects/h2020-energy/biomass-biofuels-alternative-fuels/eforfuel>
- [29] <https://www.giz.de/en/worldwide/68382.html>
- [30] <https://www.saneamentobasico.com.br/industria-hidrogenio/>
- [31] <https://eco.sapo.pt/2020/07/30/do-cinzento-ao-verde-passando-pelo-azul-porque-tem-o-hidrogenio-tantas-cores/>
- [32] <https://www.h2-view.com/>
- [33] <http://www.abh2.com.br/index.php/pt/noticias/192-bosch-a-mobilidade-do-futuro-precisa-de-pilhas-a-combustivel>
- [34] <https://www.h2-view.com/story/airbus-unveils-three-hydrogen-powered-aircraft-concepts/>

- [35] <https://www.h2-view.com/story/elringklinger-airbus-to-develop-hydrogen-tech-for-aviation-market/>
- [36] <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=hidrogenio-energia-brasil&id=020175100706>
- [37] <https://www.mdpi.com/2032-6653/9/1/2/htm>
- [38] <https://www.toyota.pt/world-of-toyota/articles-news-events/2020/Toyota-avanca-mobilidade-a-hidrogenio-com-2a-geracao-Mirai.json>
- [39] <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/hydrogen-fueling-infrastructure/about>
- [40] <https://cafcp.org/stations>
- [41] https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Hidrogenio_energetico_completo_22102010_9561.pdf/367532ec-43ca-4b4f-8162-acf8e5ad25dc?version=1.3
- [42] <http://www.abh2.com.br/index.php/pt/noticias/193-ainda-da-tempo-insercao-da-energia-do-hidrogenio-no-plano-nacional-de-energia-de-2050>
- [43] Consulta pública para o PNE2050_identificador 95/20-101117
- [44] <https://jornaleconomico.sapo.pt/noticias/preco-do-hidrogenio-portugues-sera-comparavel-ao-do-gas-natural-582634>
- [45] <https://brasilien.rio.ahk.de/pt/meio-ambiente/hidrogenio-verde-oportunidades-de-negocios>
- [46] https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_internal_combustion_engine_vehicle
- [47] www.mme.gov.br/documents/20182/6a5a7ec6-c930-9d41-c737-04d52814546c
- [48] Effect of Biodiesel Blends on the Aging of EURO VI Aftertreatment System. Lucas Nunes, Danilo Tomaz, Edson Paixão UMICORE Brasil; Tadeu Cavalcante Cordeiro de Melo, Maria Clara Kremer Faller, Mauro Iurk Rocha PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.; Gustavo Teixeira FPT Industrial
- [49] Informações sobre o diesel S10; Disponível em: <http://www.anp.gov.br/movimentacao-estocagem-e-comercializacao-de-gas-natural/transporte-de-gas-natural/acesso-a-gasodutos/2-uncategorised/688-informacoes-sobre-o-diesel-s10>
- [50] Exhaust Gas Recirculation; Disponível em: https://dieselnet.com/tech/engine_egr.php
- [51] Clean Diesel: What Is SCR (Selective Catalytic Reduction), How Does It Work . . . & Why Is It Important?; Disponível em: <https://www.prnewswire.com/news-releases/clean-diesel-what-is-scr-selective-catalytic-reduction-how-does-it-work----why-is-it-important->

[300158921.html#:~:text=Selective%20Catalytic%20Reduction%20\(SCR\)%20is,Diesel%20Exhaust%20Fluid%20\(DEF\).](#)

[52] Global Low Sulfur Fuels, Cleaner Vehicles Progress Tracker; Disponível em: <https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-low-sulfur-fuels-cleaner-vehicles-progress-tracker>

[53] Transporte rodoviário brasileiro, transição para óleo diesel S10 e desafios para o refino nacional; Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/3_EPE_Filipe%20de%20P%C3%A1dua_Rio%20Oil%20Gas_Diesel%20S10_24set.pdf

[54] “Proposta de Metas Compulsórias Anuais de Redução de Emissões na Comercialização de Combustíveis”; Disponível em: http://www.mme.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=40d35ad0-582d-82e3-1de0-61979c5905ae&groupId=36224

[55] Biodiesel; Disponível em: <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel>

[56] PRODUÇÃO E USO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL; Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/80223/5014256/78_Biocombustiveis.pdf/e0dc0c8c-e995-16ec-d63c-d477f80e0131

[57] “Futuro dos combustíveis: BTL, GTL, diesel, biodiesel” Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/revista/015/futuro-dos-combustiveis-1>

[58] Renewables 2019 - Market analysis and forecast from 2019 to 2024; Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewables-2019/transport>

[59] “ECB detalha projeto de construção de planta de HVO no Paraguai”; Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/cana/ecb-detalha-projeto-de-construcao-de-planta-de-hvo-no-paraguai-261119>

[60] Alternative Fuels - Expert group report; Disponível em: <https://ec.europa.eu/transparency/regexpert/index.cfm?do=groupDetail.groupDetailDoc&id=34592&no=1>