



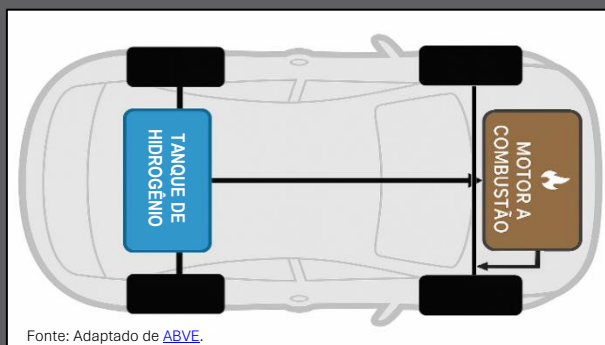
COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS NO TRANSPORTE E O AQUECIMENTO GLOBAL

O setor de transportes é fortemente dependente de combustíveis fósseis, em especial de derivados de petróleo, que respondem por uma parcela expressiva do consumo energético global. Essa dependência implica na emissão significativa de gases de efeito estufa (GEE), como o dióxido de carbono (CO_2) e o metano (CH_4). Segundo as avaliações mais recentes do IPCC, essas emissões são um dos principais vetores do aquecimento global observado desde a era pré-industrial, intensificando a frequência e a severidade de eventos climáticos extremos. Nesse contexto, a redução das emissões nos transportes constitui elemento central das estratégias de mitigação, exigindo a aceleração da adoção de soluções de baixo carbono, como combustíveis renováveis, novas rotas tecnológicas e ganhos de eficiência energética.

HIDROGÊNIO COMO FONTE DE ENERGIA EM VEÍCULOS AUTOMOTORES

Entre as alternativas tecnológicas para a mitigação das emissões de GEE no setor de transportes, destaca-se o uso do hidrogênio (H_2) como vetor energético em veículos automotores. Atualmente, essa aplicação pode ocorrer por duas rotas principais: a combustão direta em motores de combustão interna e a conversão eletroquímica por meio de células a combustível.

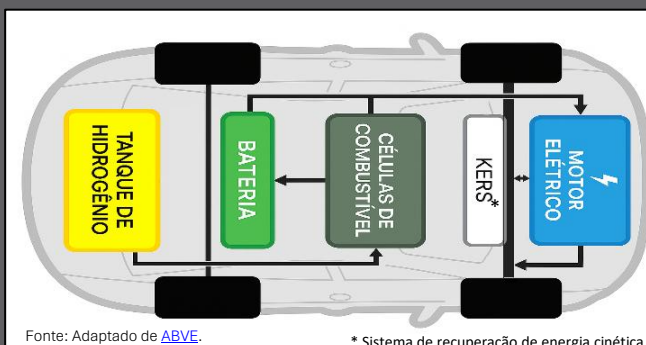
Veículo a hidrogênio com motor de combustão interna



Fonte: Adaptado de [ABVE](#).

Nos veículos a hidrogênio com motor de combustão interna, o funcionamento é análogo ao dos veículos movidos a gás natural veicular (GNV). O hidrogênio é armazenado em cilindros de alta pressão e conduzido ao motor, onde ocorre a queima com o oxigênio do ar atmosférico, liberando energia mecânica para a tração do veículo.

Veículo elétrico com célula a combustível movida a hidrogênio



Fonte: Adaptado de [ABVE](#).

* Sistema de recuperação de energia cinética

Veículos elétricos a célula a combustível (FCEV) possuem arquitetura semelhante à dos elétricos a bateria (BEV). Nessa configuração, o hidrogênio, armazenado em cilindros pressurizados, é direcionado à célula a combustível, onde ocorre a reação eletroquímica, gerando eletricidade, utilizada diretamente pelos motores elétricos, com o apoio de bateria de menor porte para estabilização e armazenamento temporário.

Em ambas as rotas tecnológicas, a água constitui o principal subproduto do uso do hidrogênio no veículo, não havendo emissões diretas de dióxido de carbono durante a operação.

OPORTUNIDADES DO USO DE HIDROGÊNIO NO SETOR DE TRANSPORTES



Redução de emissões de GEE

Quando produzido a partir de fontes renováveis, o uso do hidrogênio em motores ou em células a combustível não resulta em emissões diretas de CO_2 , contribuindo para a mitigação das emissões no transporte.



Diversificação da matriz energética

Permite a integração com fontes renováveis – como solar, eólica e hídrica – na produção do hidrogênio, reduzindo a dependência do petróleo e de seus derivados no setor de transportes, possibilitando, inclusive, a produção de combustíveis sintéticos ([EPE, 2023](#))



Maior eficiência energética em relação aos combustíveis fósseis

Células a combustível convertem o hidrogênio diretamente em eletricidade com eficiência superior à dos motores de combustão interna, reduzindo perdas energéticas ao longo do processo.



Redução da poluição local

O uso do hidrogênio contribui para a diminuição de poluentes atmosféricos locais, como óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x) e material particulado, com efeitos positivos sobre a qualidade do ar urbano.



Aplicação em segmentos de difícil descarbonização

O hidrogênio apresenta potenciais vantagens, em relação à eletrificação, no transporte pesado de longo curso – como caminhões, ônibus intermunicipais, ferrovias e aplicações *off road* – nos quais o uso de baterias implica maior peso, ocupação de espaço e tempos elevados de recarga.

CENÁRIO INTERNACIONAL E TENDÊNCIAS

• Demanda global em expansão

A demanda global por hidrogênio tende a crescer de forma acelerada, podendo atingir cerca de 180 milhões de toneladas até 2030, impulsionada por políticas de descarbonização e expansão da infraestrutura associada ([IEA, 2024](#)).

• Setores estratégicos para adoção

O hidrogênio desponta como solução relevante para setores de difícil descarbonização, com destaque para o transporte pesado, os modos marítimo e aéreo e as indústrias intensivas em carbono.

• Projetos de hidrogênio de baixa emissão de carbono

Atualmente, mais de mil projetos em escala global focam na produção de hidrogênio de baixa emissão, sobretudo por meio de eletrólise da água alimentada por fontes renováveis ([IEA, 2024](#)).

• Necessidade de coordenação e investimentos

A consolidação do mercado de hidrogênio requer esforços coordenados entre governos, empresas e instituições financeiras, bem como marcos regulatórios e políticas que assegurem previsibilidade e atração de investimentos.

No Brasil, o hidrogênio já é utilizado em diversos setores produtivos ([EPE, 2025](#)), e o País apresenta elevado potencial de produção, estimado em mais de 14 vezes a demanda mundial observada em 2018 ([EPE, 2022](#)). O desenvolvimento de um mercado nacional de hidrogênio de baixa emissão tende a ocorrer de forma gradual, com inserção progressiva dessa fonte nas cadeias de consumo e expansão em maior escala no horizonte de longo prazo. Nesse contexto, o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2) estabelece diretrizes e ações voltadas ao desenvolvimento de tecnologias nacionais de produção, armazenamento e uso do hidrogênio sustentável, incluindo aplicações no setor de transportes ([MME, 2023](#)).

DESAFIOS DO USO DO HIDROGÊNIO NO SETOR DE TRANSPORTES



Elevado custo de produção

A produção de hidrogênio de baixa emissão apresenta custos elevados em comparação aos combustíveis fósseis e, em muitos casos, à eletrificação direta por baterias.



Desafios tecnológicos e de segurança

As células a combustível permanecem associadas a custos elevados, vida útil limitada e dependência de materiais nobres, como a platina, com implicações para a cadeia de suprimentos. Adicionalmente, por se tratar de um gás altamente inflamável, o hidrogênio requer protocolos rigorosos de segurança em seu transporte, armazenamento e abastecimento.



Complexidade no armazenamento e transporte

O hidrogênio exige compressão em altas pressões ou liquefação a temperaturas muito baixas, o que eleva custos operacionais e desafios técnicos.



Infraestrutura limitada

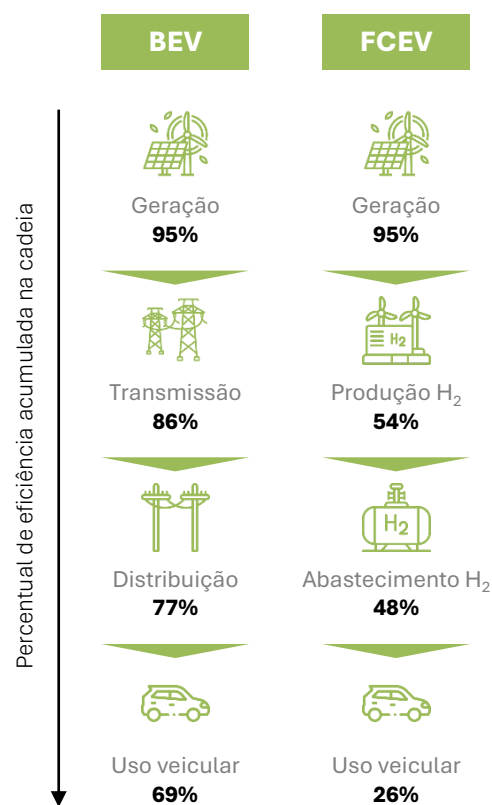
A infraestrutura de abastecimento é ainda incipiente ou inexistente em grande parte dos países, demandando investimentos significativos em postos, logística e sistemas de transporte seguros.



Perdas energéticas ao longo da cadeia

O ciclo completo do hidrogênio – que inclui produção, compressão, transporte e conversão em eletricidade – envolve perdas energéticas relevantes, resultando em eficiência global inferior à da eletrificação direta.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA CADEIA BEV x FCEV



Fonte: Adaptado de [ICCT \(2023\)](#).



Esses fatores evidenciam a necessidade de uma avaliação criteriosa para assegurar a viabilidade econômica e ambiental do uso do hidrogênio no setor de transportes. Nesse contexto, metas de descarbonização, marcos regulatórios claros e, quando aplicáveis, mecanismos de incentivo são fundamentais para viabilizar sua competitividade frente às alternativas convencionais.

Os ícones utilizados neste documento foram obtidos em Flaticon/Freeipik.



Presidente

Thiago Prado

Diretora

Heloisa Borges

Coordenação Técnica

Angela Oliveira da Costa

Equipe Técnica

Filipe de Pádua Fernandes Silva

Gabriel da Silva Azevedo Jorge

Marcelo Castello Branco Cavalcanti

Patrícia Feitosa Bonfim Stelling

A EPE se exime de quaisquer responsabilidades sobre decisões ou deliberações tomadas com base no uso das informações contidas neste informe, assim como pelo uso indevido dessas informações.