

Roadmap Transporte Aquaviário

Novembro de 2024



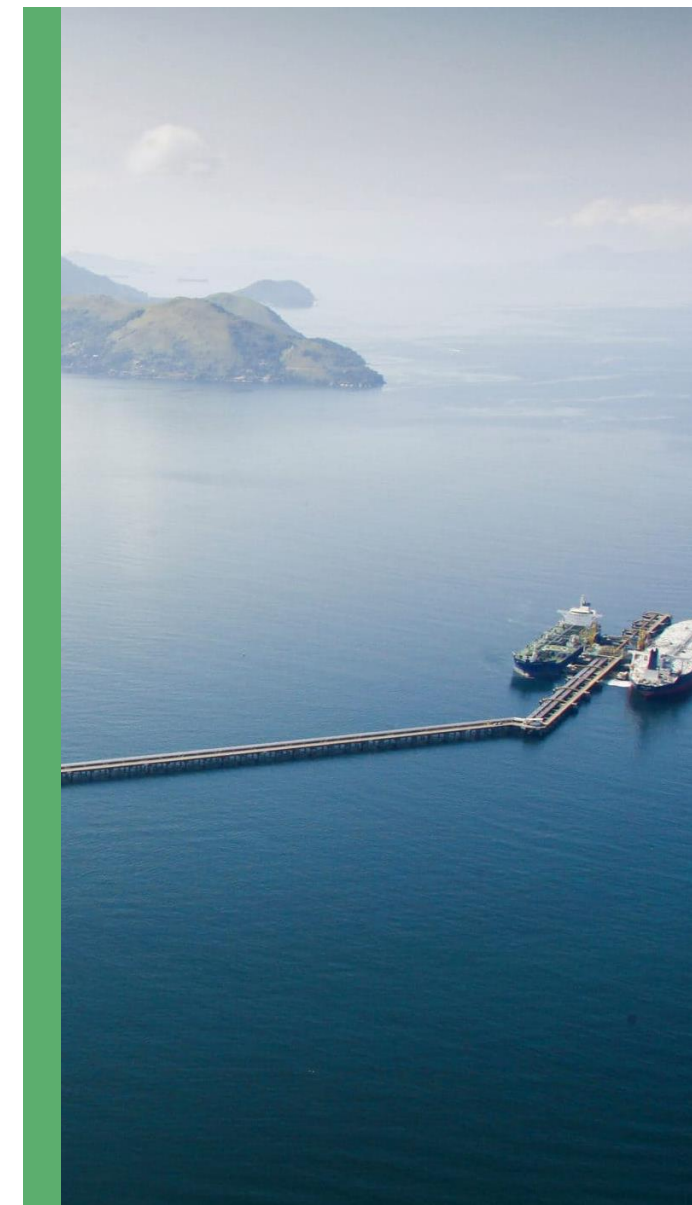
MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Valor público

O Caderno Roadmap do Transporte Aquaviário aborda questões estratégicas para o desenvolvimento sustentável e eficiente desse setor vital para a economia global. O transporte marítimo é responsável por aproximadamente 90% do comércio internacional, e um documento que delineia um plano de ação para o futuro da indústria tem o potencial de gerar impactos amplos em diversas esferas da sociedade.

As informações fornecidas favorecem a previsibilidade do setor, reforçam a segurança energética nacional, orientam as decisões de diferentes atores, incluindo governos, empresas e a sociedade civil, além de servirem como fundamento para a criação de políticas públicas. Este documento busca, de modo preliminar, discutir alguns aspectos abordados no âmbito da Resolução CNPE nº10 de 26 de agosto de 2024.



Avisos

Esta publicação contém projeções acerca de eventos futuros que refletem a visão da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Tais projeções envolvem uma ampla gama de riscos e incertezas conhecidos e desconhecidos e, portanto, os dados, as análises e quaisquer informações contidas neste documento não são garantia de realizações e acontecimentos futuros.

Este documento possui caráter informativo, como estudos preliminares de longo prazo, sendo destinado a subsidiar o planejamento do setor energético nacional. Logo, quaisquer decisões de encaminhamento (tais como formulação de políticas públicas, definição de diretrizes estratégicas, decisões de investimento ou de estratégias de negócio) dependem de outras instituições públicas e privadas.

A EPE se exime de responsabilidade por quaisquer ações e tomadas de decisão que possam ser realizadas por qualquer pessoa física ou jurídica com base nas informações contidas neste documento.

O Transporte Marítimo Internacional

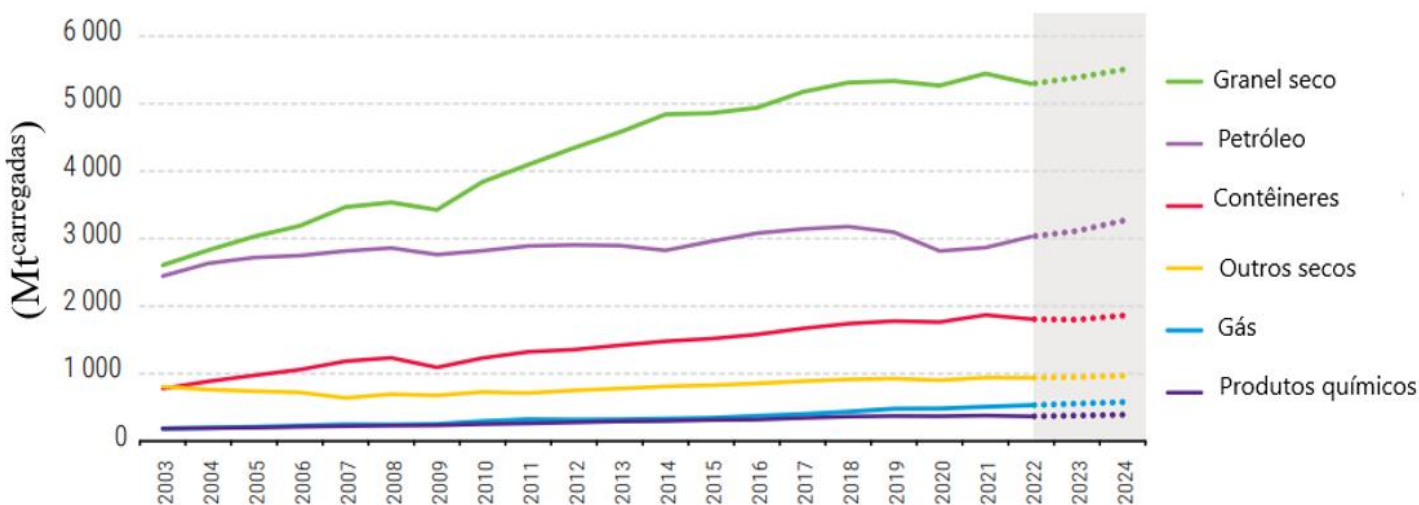


MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Comércio marítimo internacional e emissões de GEE

Comércio internacional (milhões de toneladas, 2003-2024)

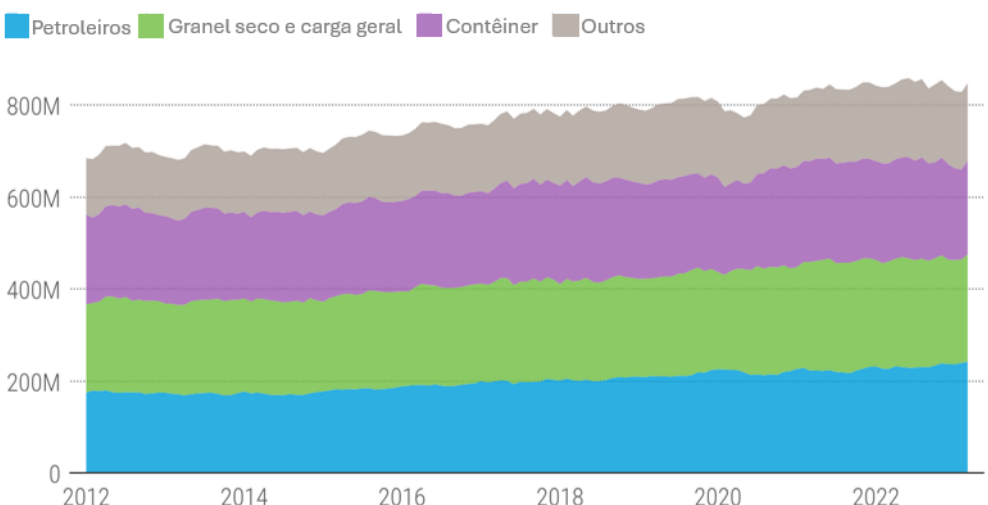


Fonte: [Untad](#)

Notas: Os anos 2023/2024 referem-se a uma previsão. “Granel seco” inclui granéis principais (minério de ferro, carvão e grãos) e granéis menores (metais, minerais, agrícolas e produtos leves); “Petróleo” abrange petróleo bruto e seus derivados; “Outros secos” é uma estimativa de todos os outros produtos secos que não estão incluídos em granéis principais/menores, por exemplo, carros e outros veículos, cargas Ro-Ro e de projeto, bem como cargas refrigeradas que não vão em contêineres e aquelas fracionadas; “Gás” inclui GLP, GNL e amônia. Fonte: [2]

- O transporte marítimo tem um papel crucial na economia, sendo responsável por aproximadamente 90% do comércio mundial.

Emissões de CO₂ por tipo de embarcação (em toneladas, 2012-2023)



Fonte: [Untad](#)

Nota: O grupo “Outros” inclui embarcações de passageiros, apoio *offshore* e navios de serviço e outros tipos

- O transporte marítimo internacional é responsável por 3% das emissões de GEE e essencial para o comércio mundial.

Regulamentações para o transporte marítimo internacional



2023

IMO Short Term

EEXI e CII são diretivas da IMO que exigem melhorias significativas na eficiência energética da frota existente.



2024

EU ETS

O transporte marítimo será incluído no sistema de comércio de carbono do EU ETS.



2025

Fuel EU Maritime

Regulamento da UE para limitar a intensidade média anual de GEE da energia usada a bordo de um navio que navega de e/ou para portos da UE.



2030

Metas de Redução Firmes

UE: redução de 40% nas emissões de carbono em relação aos níveis de 2018.
IMO: redução nas emissões totais de GEE em pelo menos 20%, buscando 30%, em comparação aos níveis de 2008.



2040

Ponto de Verificação Indicativo

IMO: Redução nas emissões totais de GEE em pelo menos 70%, buscando 80%, em comparação aos níveis de 2008.



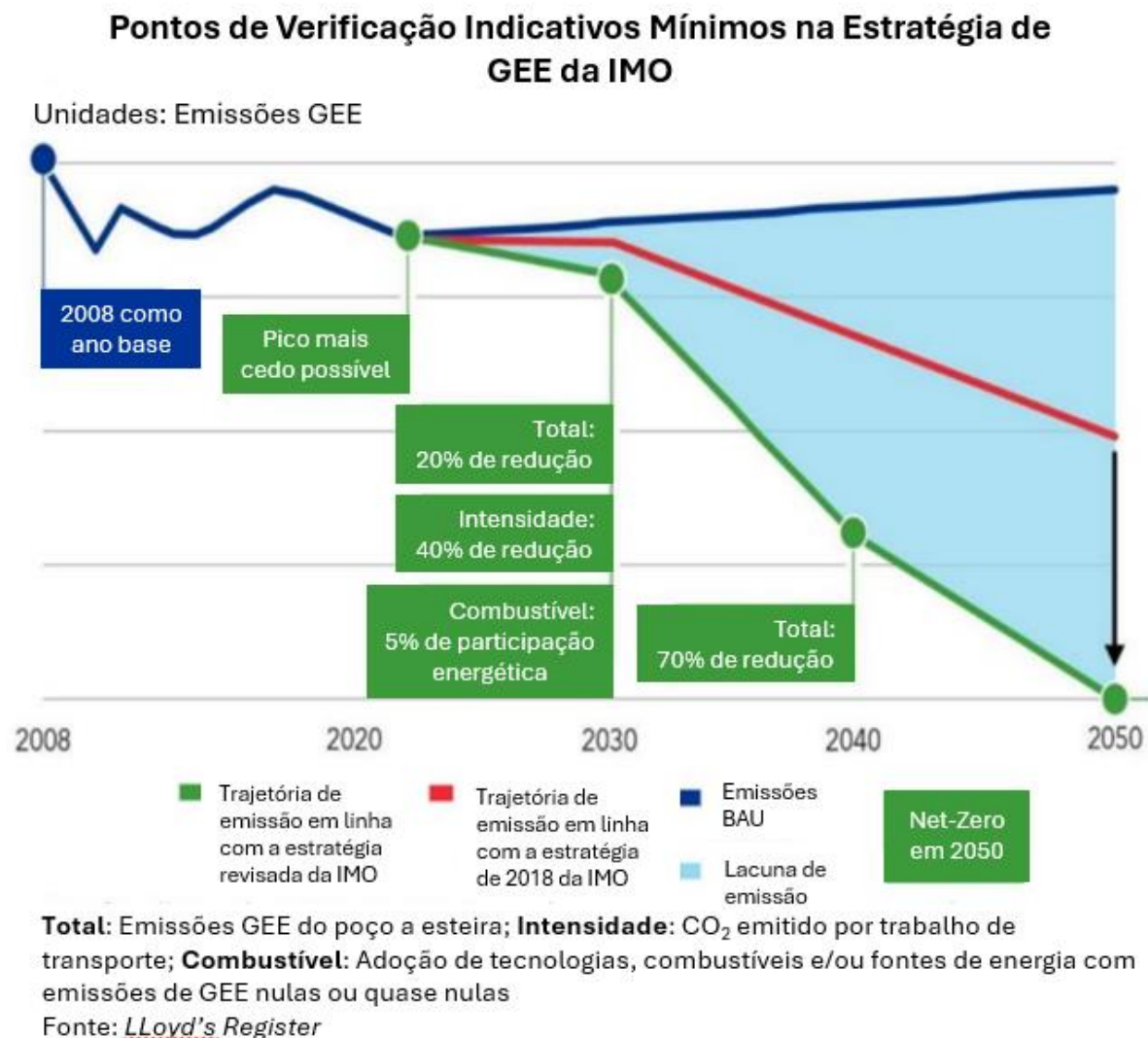
2050

Emissões Zero

A UE tem como meta zero emissões até 2050, enquanto a IMO pretende atingir zero emissões líquidas de GEE (levando em consideração diferentes circunstâncias nacionais).

Fonte: Clarksons

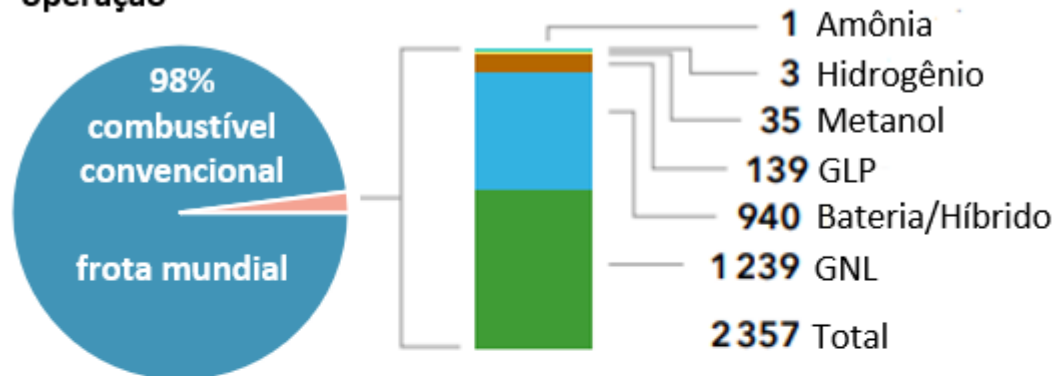
Estratégia de emissões de GEE da IMO revisada



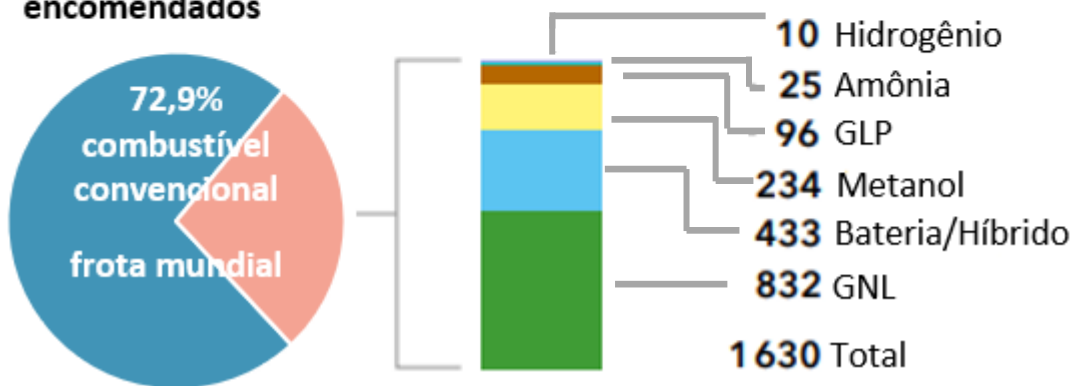
- Em julho de 2023, os países membros da IMO adotaram uma nova Estratégia de Emissões de GEE, com metas aprimoradas.
- A Estratégia revisada tem os seguintes objetivos: para 2030 reduzir as emissões totais de GEE em pelo menos 20%, almejando 30%, em comparação com 2008, além de adotar tecnologias, combustíveis e/ou fontes de energia com emissão zero ou quase zero correspondendo a pelo menos 5%, buscando 10%, da energia utilizada; para 2040 a meta é de pelo menos 70%, visando 80%, em comparação com 2008; para 2050 almeja-se emissões líquidas zero, conforme circunstâncias nacionais.

Uso de combustíveis alternativos na frota mundial em número de navios

Número de navios em operação



Número de navios encomendados



Fontes: IHSMAUkit e DNV

- As empresas já iniciaram as encomendas de novas embarcações buscando atender às metas da IMO.
- O GNL ainda é a escolha principal, sendo também possível utilizá-lo, na modalidade “*dual-fuel*” junto com o *bunker*. Observa-se, ainda, um aumento na utilização do metanol, também nessa modalidade.
- A maior parte dessas encomendas de embarcações a GNL são de exportadores desse produto (uso de um combustível de transição).

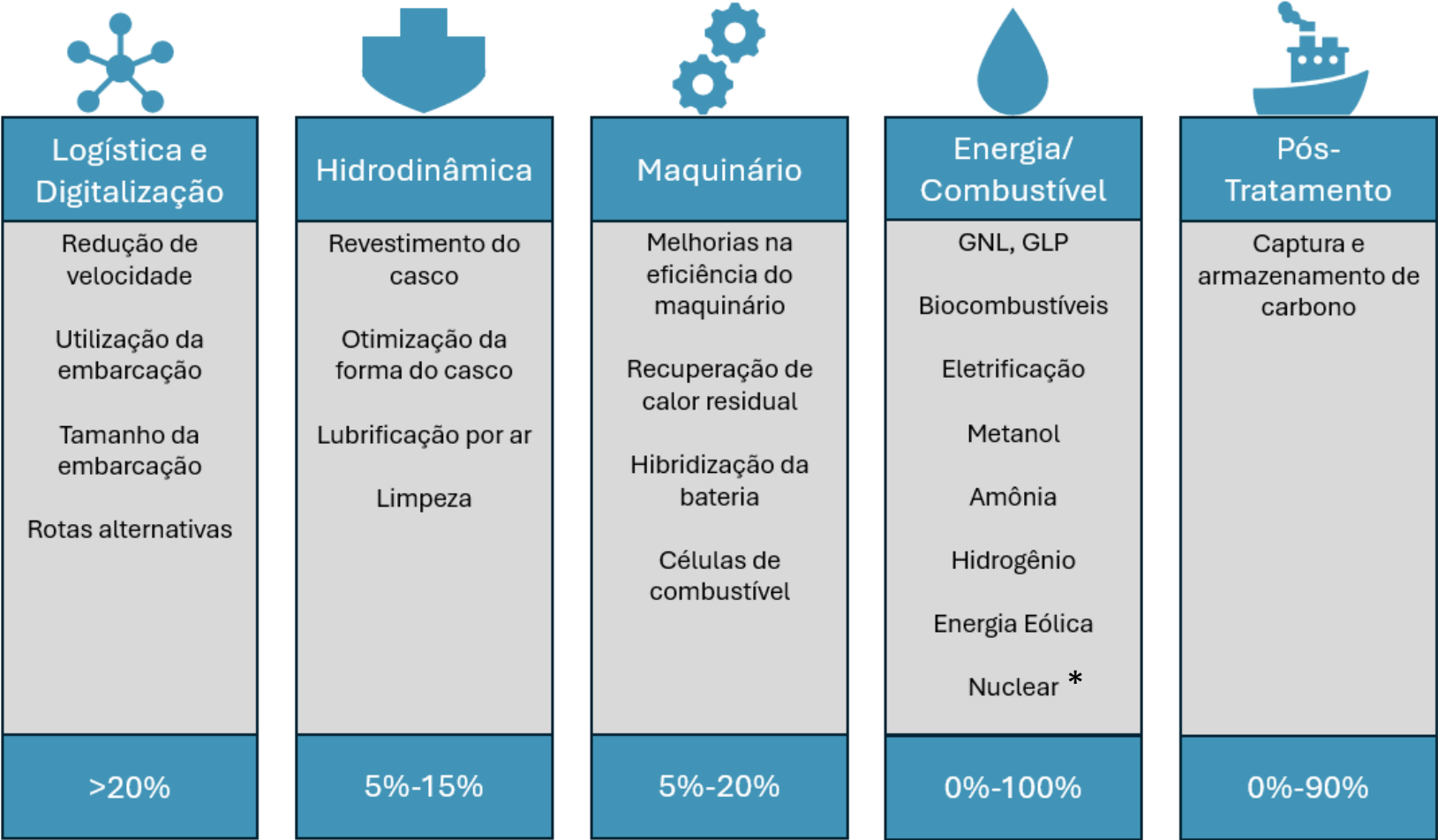
Ações para Descarbonizar o Transporte Marítimo



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Soluções para descarbonização do transporte marítimo

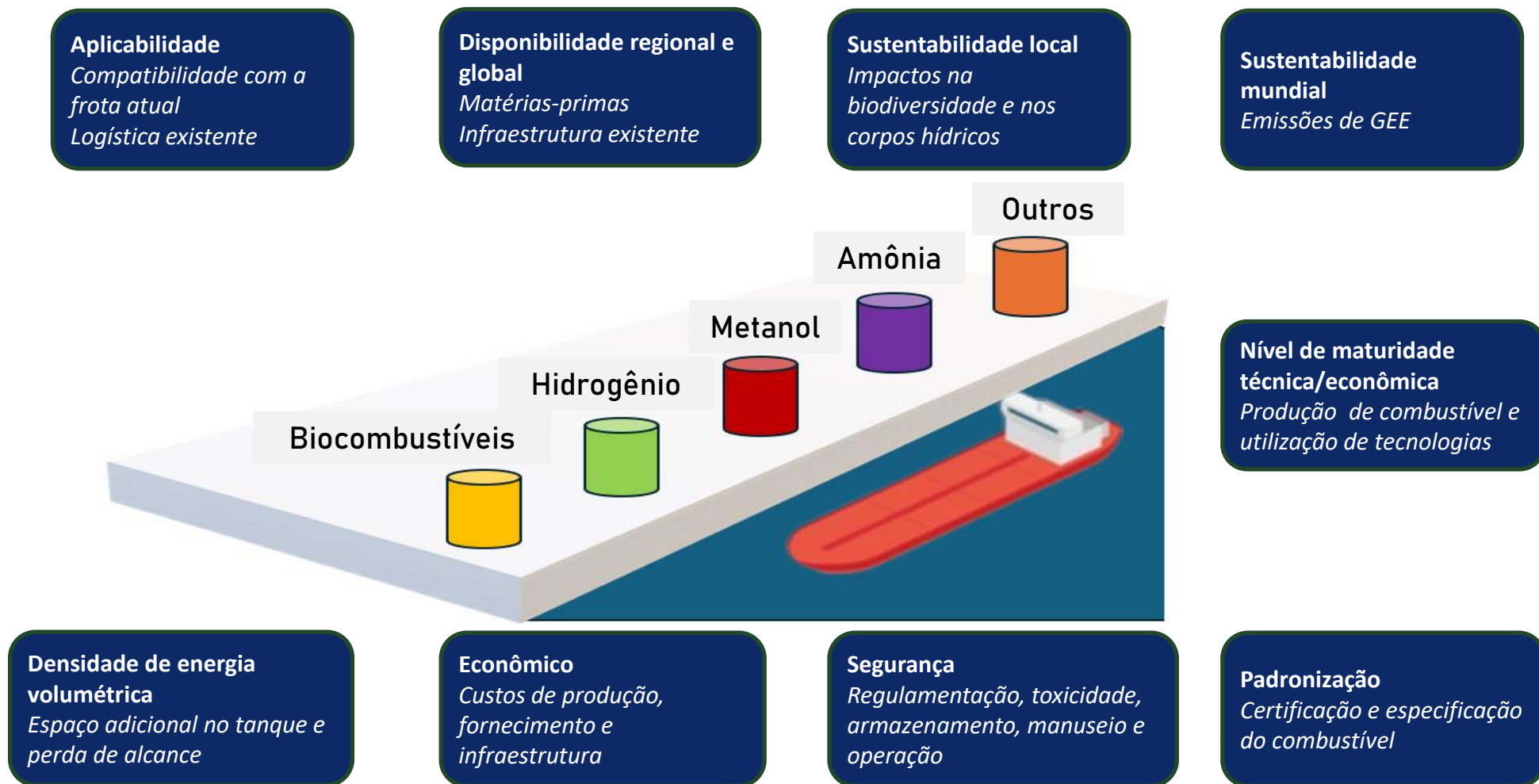


Potencial (%) de redução de emissões de GEE

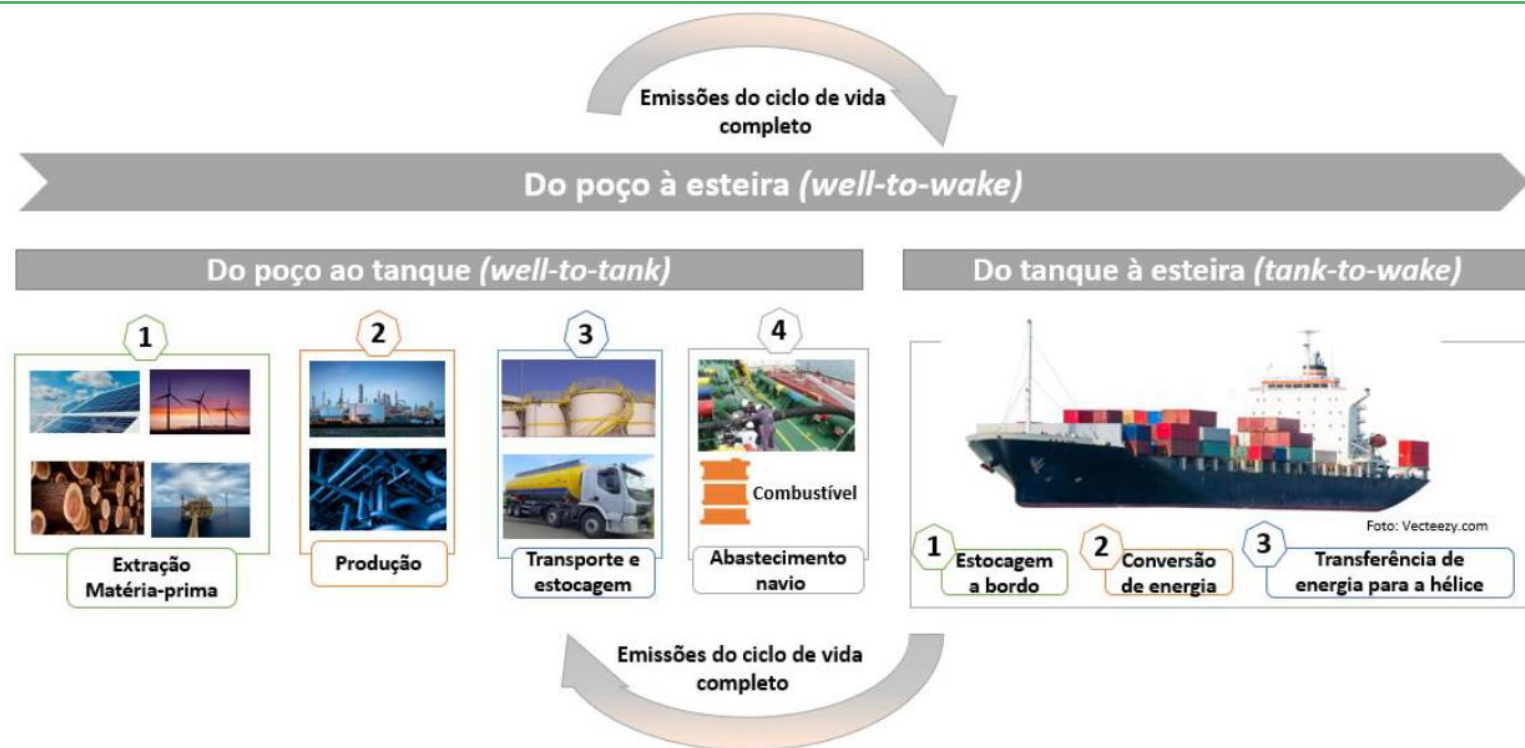
Fonte: Adaptado de DNV

* Em especial, com uso da tecnologia de Pequenos Reatores Modulares (SMR)

Aspectos relevantes para combustíveis para transporte marítimo



Ciclo de vida completo (*well-to-wake*) dos combustíveis marítimos



- A abordagem *well-to-wake* é fundamental para avaliar as emissões de GEE de todo o ciclo de vida dos combustíveis marítimos. Ao compreender as etapas e os desafios da monitorização das emissões, as partes interessadas do setor marítimo podem obter uma visão abrangente do seu impacto, bem como das relacionadas aos seus parceiros. As condições de operação das embarcações podem impactar significativamente o consumo e, consequentemente, as emissões. Um exemplo é a navegação em velocidade reduzida (*slow steaming*), em que apesar do incremento do tempo de viagem, o consumo e as emissões podem reduzir drasticamente para a mesma rota.

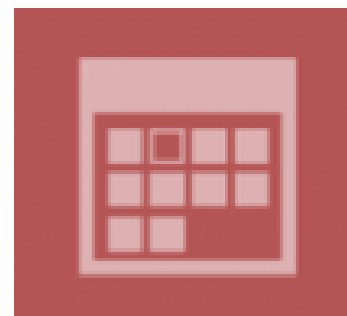
Principais Desafios



Curto Prazo

- Elevado número de embarcações globais em operação, com taxas de renovação lenta;
- Novos combustíveis potenciais (H_2 , amônia e metanol) ainda apresentam desafios relacionados à segurança, baixa densidade energética e baixo TRL¹;
- Prevalência de motores a combustão do ciclo Diesel na frota marítima atual;
- Alinhamento regulatório entre países.

¹Technology Readiness Levels



Médio/ Longo Prazo

- Alta demanda de combustíveis alternativos, tanto do setor marítimo como por outros setores;
- Disponibilidade de matérias-primas;
- Dificuldade de alcançar emissões neutras ou negativas com H_2 , amônia e metanol, considerando o LCA² de cada combustível;
- Investimentos em infraestrutura de estocagem e abastecimento.

²Life Cycle Assessment

Ações para Descarbonizar o Transporte Marítimo no Brasil



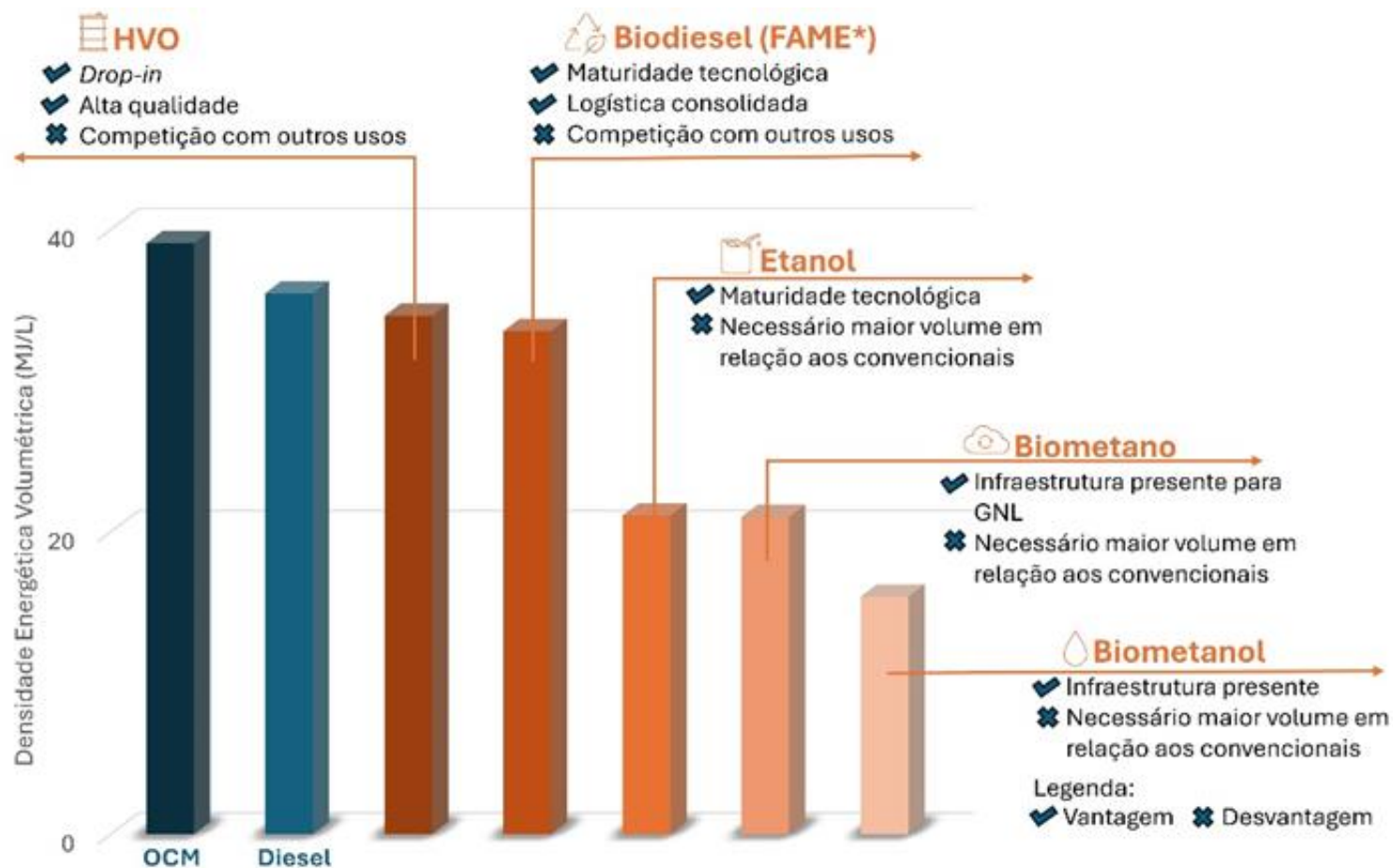
MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Possíveis ações para descarbonizar o transporte aquaviário no Brasil

- O perfil do comércio internacional brasileiro, caracterizado pela exportação de *commodities* para mercados distantes, exige o uso de combustíveis alternativos com alta densidade energética para otimizar o espaço de carga no navio e garantir sua autonomia.
- A idade da frota, relativamente jovem (em torno de 15 anos), indica que é preciso priorizar medidas técnicas e operacionais e o uso de combustíveis alternativos *drop-in*, que não implicariam em alterações no sistema de propulsão e abastecimento.
- Como a frota é predominantemente associada à indústria de petróleo e gás, a descarbonização do transporte marítimo nacional exigirá a participação desse setor.
- O alto número de navios de abastecimento faz com que atenção especial seja dada a essa categoria, que operam apenas no transporte de curta distância e representam 37% das emissões na ZEE.

O papel dos biocombustíveis



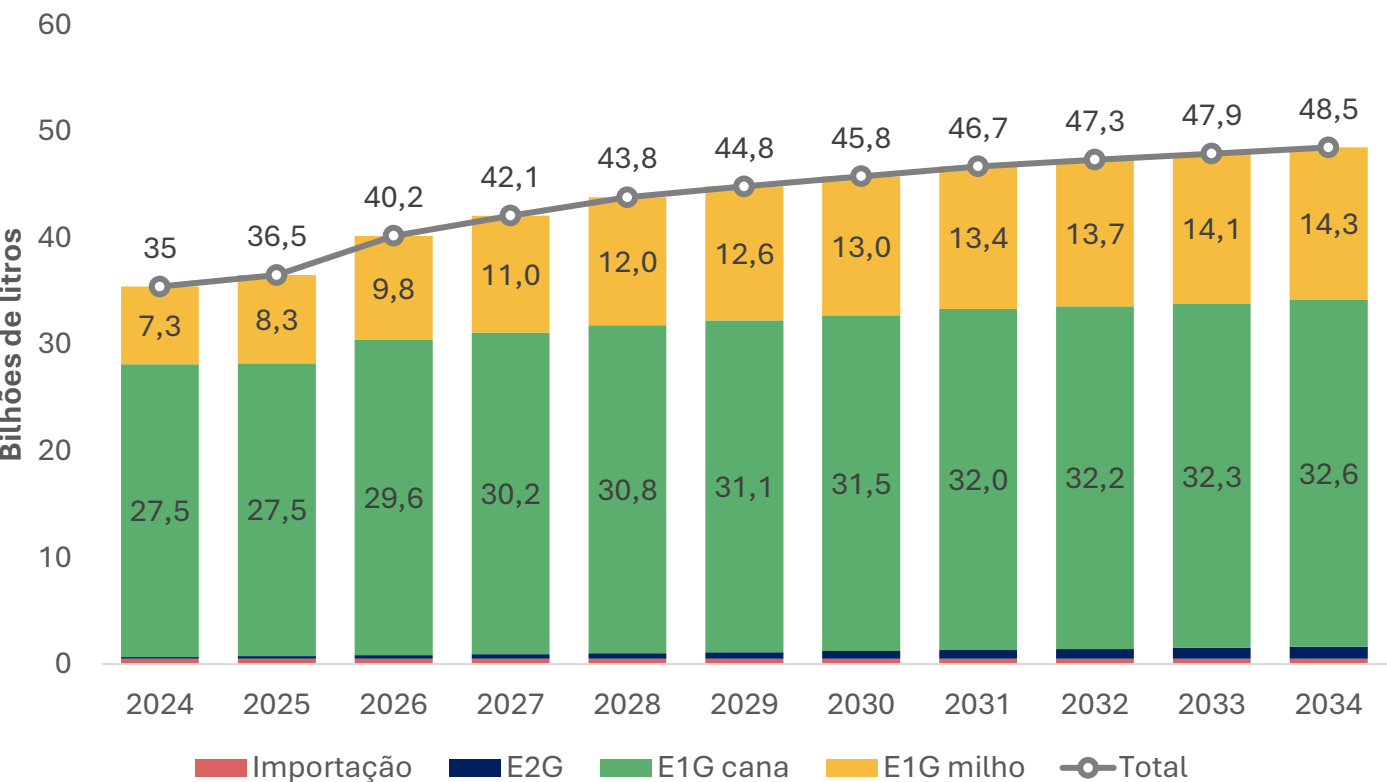
Os biocombustíveis podem ser uma alternativa para contribuir com a redução das emissões de GEE no transporte marítimo:

- Têm intensidade de carbono menor que a dos combustíveis fósseis;
- Potencial para atender à meta da IMO de adotar tecnologias, combustíveis e/ou fontes de energia com emissão zero ou quase zero, correspondendo a pelo menos 5% até 2030.

O papel dos biocombustíveis

Etanol

Oferta de etanol (bilhões de litros)

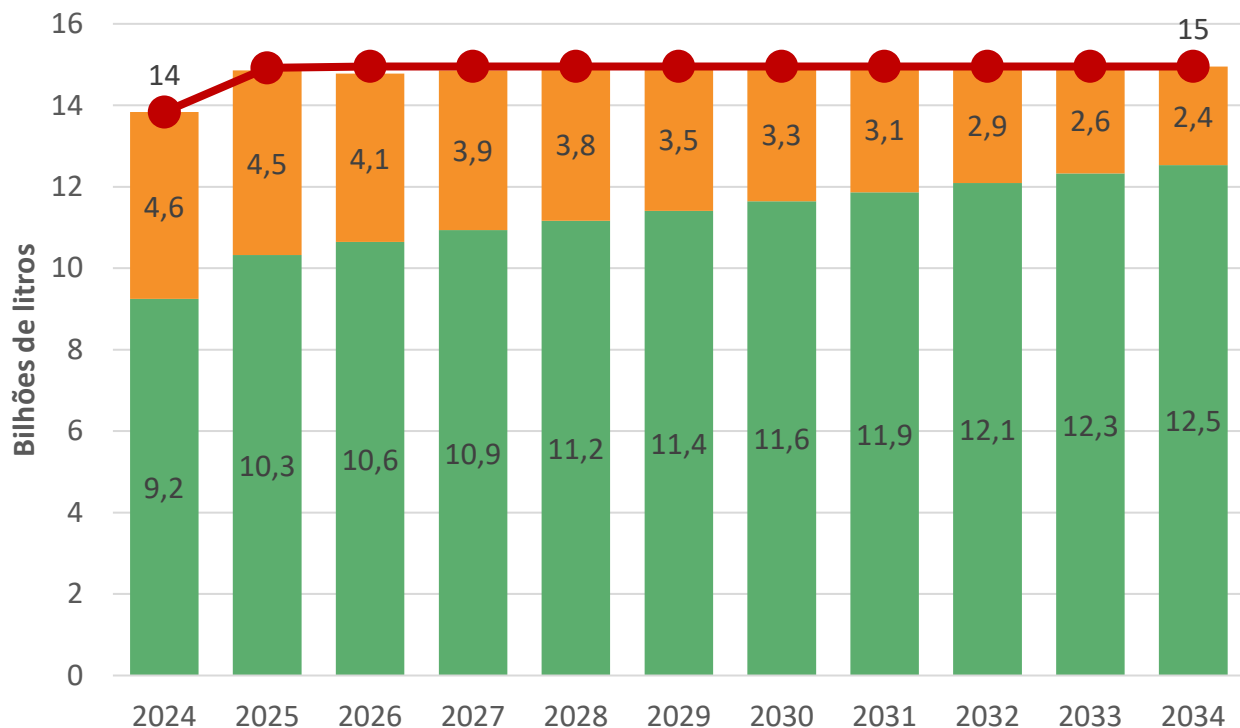


- Produção e infraestrutura disseminadas no Brasil.
- Uso em embarcações de cabotagem adaptadas na costa brasileira.
- Necessidade de modernização/*retrofit* de embarcações/motores bicomcombustíveis.

O papel dos biocombustíveis

Biodiesel

Produção de biodiesel (bilhões de litros)



● Demanda Mandatário ● Capacidade Ociosa ● Capacidade Efetiva

- Não há necessidade de adaptações estruturais nos motores e embarcações;
- Produção e infraestrutura difundidas no Brasil, com capacidade instalada ociosa, a qual pode ser utilizada para atingir esse objetivo de forma mais ágil no curto prazo;
- Na revisão da norma 8217/2024, a ISO apresentou as especificações para utilização de 100% de biodiesel para navegação, com uso condicionado a avaliações da MARPOL/IMO;
- A Autorização ANP nº 402/2024 permitiu, em caráter especial, a comercialização pela Petrobras, de óleo combustível marítimo (bunker) com até 24% de biodiesel (volume), observadas as especificações estabelecidas;
- Empresas têm utilizado o B100 como substituto ao diesel fóssil em embarcações fluviais brasileiras.

Estudos preliminares - Trajetórias para abastecimento do transporte aquaviário no Brasil



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Estudos Preliminares de Longo Prazo – Construção de Trajetórias

**Trajetória
Base**

Redução de emissões

**Trajetória
2**

Sem combustíveis fósseis em 2050

**Trajetória
3**

Sem combustíveis fósseis em 2050, priorizando metanol e amônia

**Trajetória
4**

Sem combustíveis fósseis em 2050, priorizando biocombustíveis

4a

+ melhores práticas de agricultura combinadas com BECCS

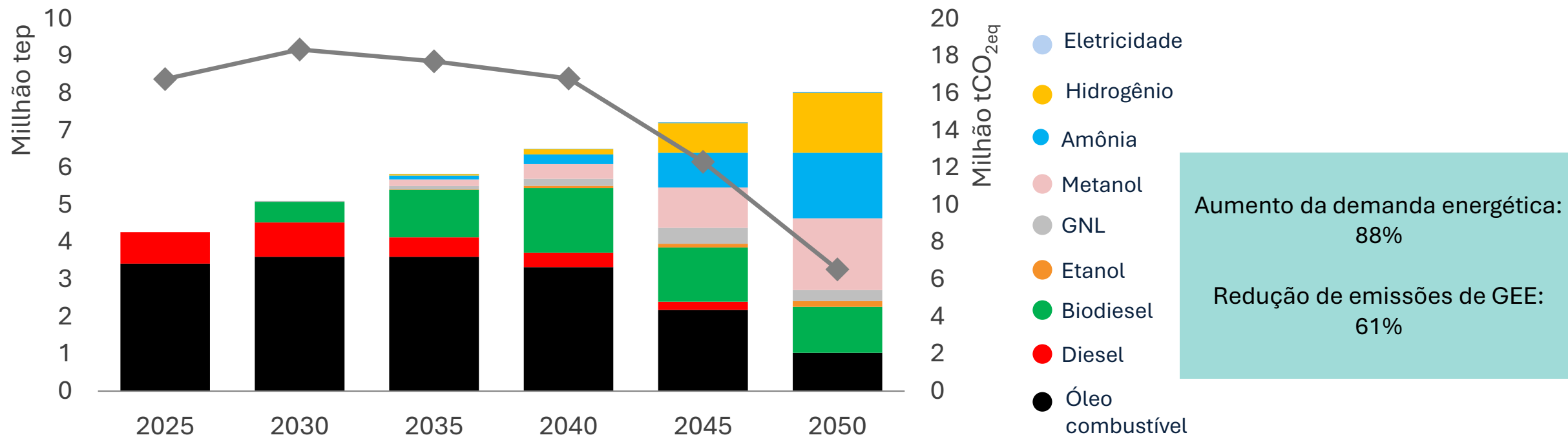
Nota: Ganhos de Eficiência Energética (22%) em todas as trajetórias (2025-2050)

Resumo das trajetórias

Trajetória	Uso de combustíveis	Navegação interior	Cabotagem	Longo curso	Redução emissões GEE
Base	Redução de emissões	gradual substituição de diesel marítimo por biodiesel , atingindo 100% em 2050	mistura de biodiesel no bunker inicia-se em 2026, alcançando 30% em 2038. Novas embarcações de grande porte, entregues a partir de 2034, adotarão combustíveis alternativos (etanol, metanol, amônia e hidrogênio)	uso de biodiesel no curto prazo e GNL no médio prazo. Novas embarcações de grande porte, entregues a partir de 2034, adotarão combustíveis alternativos (etanol, metanol, amônia e hidrogênio)	61%
2	Sem combustíveis fósseis em 2050	gradual substituição de diesel marítimo por biodiesel e etanol , atingindo 90% e 10% em 2050	mistura de biodiesel no bunker inicia-se em 2026, alcançando 30% em 2038. Novas embarcações de grande porte, entregues a partir de 2034, adotarão combustíveis alternativos (etanol, metanol, amônia e hidrogênio)	uso de biodiesel no curto prazo e GNL no médio prazo. Novas embarcações de grande porte, entregues a partir de 2034, adotarão combustíveis alternativos (etanol, metanol, amônia e hidrogênio)	91%
3	Sem combustíveis fósseis em 2050, priorizando metanol e amônia	gradual substituição de diesel marítimo por biodiesel e etanol , atingindo 90% e 10% em 2050	Mistura de biodiesel no bunker inicia-se em 2026, alcançando 30% em 2038. Novas embarcações de grande porte, entregues a partir de 2034, adotarão combustíveis alternativos (etanol, metanol, amônia)	uso de biodiesel no curto prazo e GNL no médio prazo. Novas embarcações de grande porte, entregues a partir de 2034, adotarão combustíveis alternativos (etanol, metanol e amônia)	90%
4	Sem combustíveis fósseis em 2050, priorizando biocombustíveis	gradual substituição de diesel marítimo por biodiesel e etanol , atingindo 80% e 20% em 2050	gradual substituição do diesel marítimo e bunker por biodiesel e etanol , alcançando 80% e 20% em 2050	uso de biodiesel (30%), amônia (22%), metanol (22%), etanol (20%) e hidrogênio (6%) em 2050	81%
4a	Sem combustíveis fósseis em 2050, priorizando biocombustíveis + melhores práticas da agricultura combinadas com BECCS	gradual substituição de diesel marítimo por biodiesel e etanol , atingindo 80% e 20% em 2050	gradual substituição do diesel marítimo e bunker por biodiesel e etanol , alcançando 80% e 20% em 2050	uso de biodiesel (30%), amônia (22%), metanol (22%), etanol (20%) e hidrogênio (6%) em 2050	102%

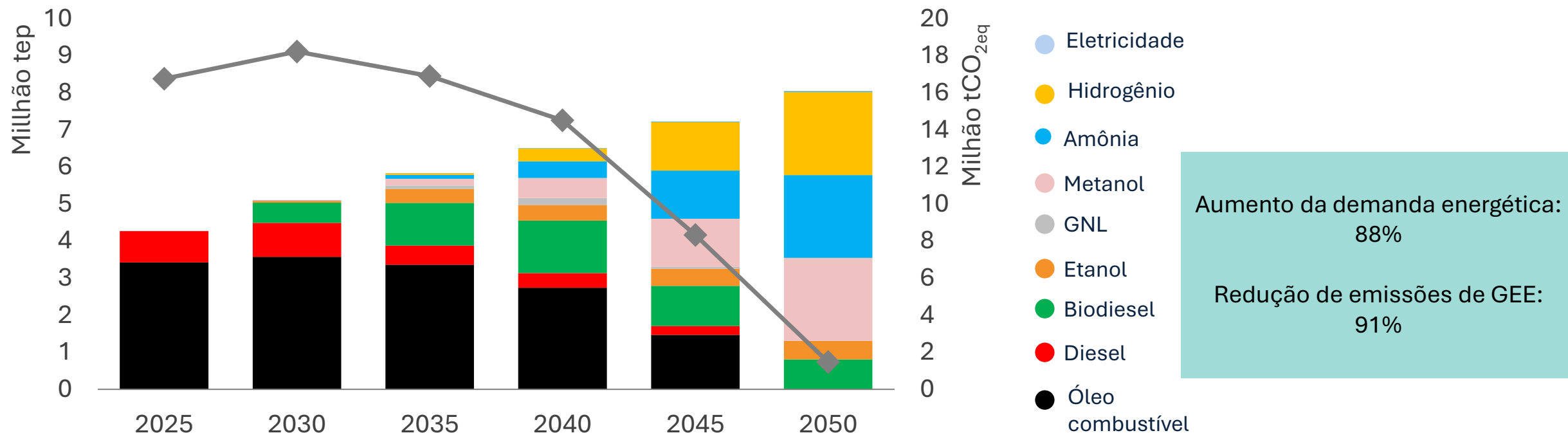
Nota: Ganhos de Eficiência Energética (22%) em todas as trajetórias (2025-2050)

Trajetória Base



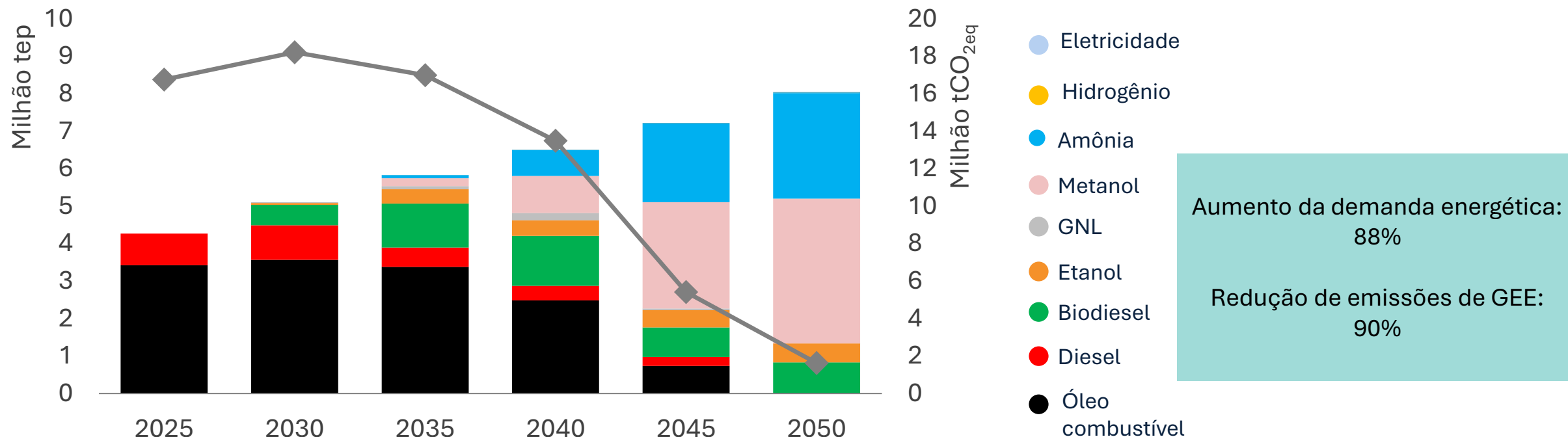
- Redução de emissões
- Navegação interior: gradual substituição de diesel marítimo por biodiesel, atingindo 100% em 2050
- Hibridização e eletrificação: ferries e transporte de passageiros
- Cabotagem: Mistura de biodiesel no *bunker* inicia-se em 2026, alcançando 30% em 2038. Novas embarcações de grande porte, entregues a partir de 2034, adotarão combustíveis alternativos (etanol, metanol, amônia e hidrogênio)
- Longo curso: uso de biodiesel no curto prazo e GNL no médio prazo. Novas embarcações de grande porte, entregues a partir de 2034, adotarão combustíveis alternativos (etanol, metanol, amônia e hidrogênio)

Trajetória 2



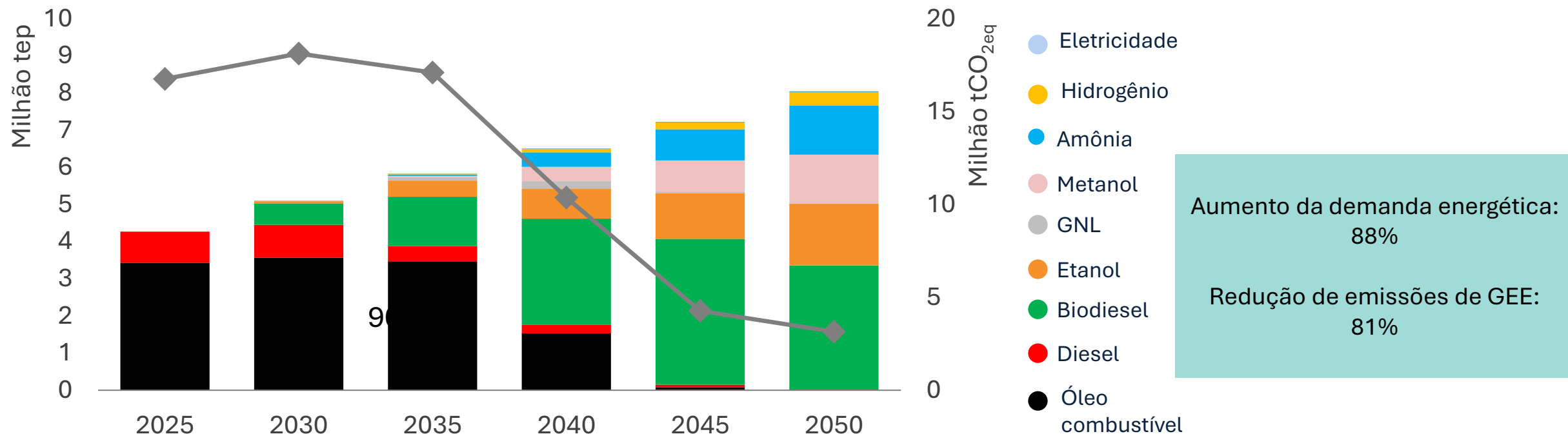
- Redução de emissões
- Navegação interior: gradual substituição de diesel marítimo por biodiesel e etanol, atingindo 90% e 10% em 2050
- Hibridização e eletrificação: *ferries* e transporte de passageiros
- Cabotagem: Mistura de biodiesel no *bunker* inicia-se em 2026, alcançando 30% em 2038. Novas embarcações de grande porte, entregues a partir de 2034, adotarão combustíveis alternativos (etanol, metanol, amônia e hidrogênio)
- Longo curso: uso de biodiesel no curto prazo e GNL no médio prazo. Novas embarcações de grande porte, entregues a partir de 2034, adotarão combustíveis alternativos (etanol, metanol, amônia e hidrogênio)

Trajetória 3



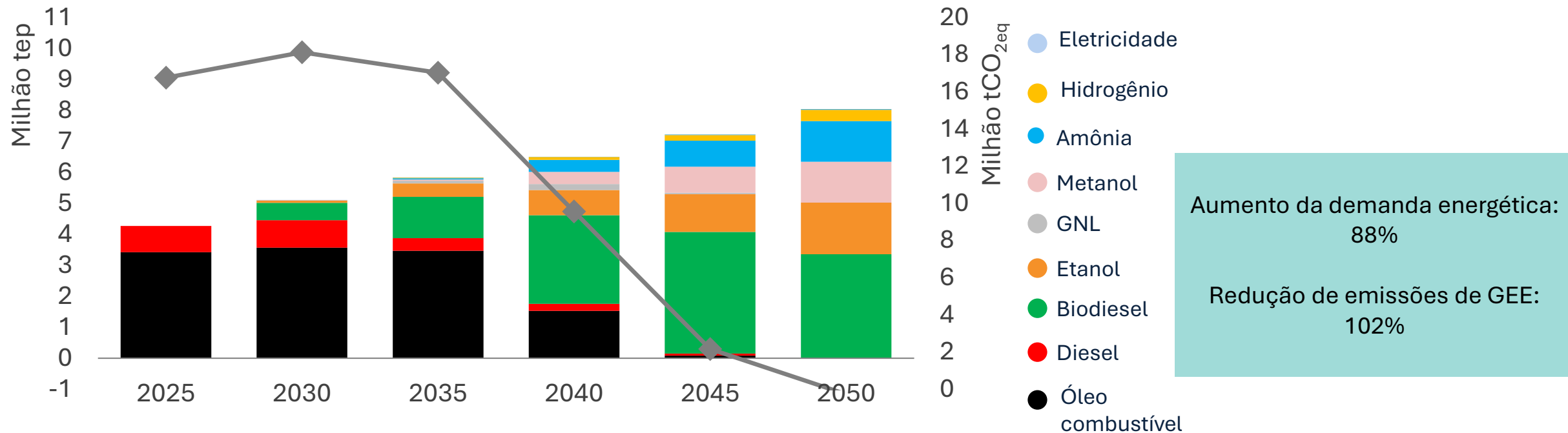
- Sem combustíveis fósseis em 2050, priorizando metanol e amônia
- Navegação interior: gradual substituição de diesel marítimo por biodiesel e etanol, atingindo 90% e 10% em 2050
- Hibridização e eletrificação: *ferries* e transporte de passageiros
- Cabotagem: Mistura de biodiesel no bunker inicia-se em 2026, alcançando 30% em 2038. Novas embarcações de grande porte, entregues a partir de 2034, adotarão combustíveis alternativos (etanol, metanol, amônia)
- Longo curso: uso de biodiesel no curto Prazo e GNL no médio prazo. Novas embarcações de grande porte, entregues a partir de 2034, adotarão combustíveis alternativos (etanol, metanol e amônia)

Trajetória 4



- Sem combustíveis fósseis em 2050, priorizando biocombustíveis
- Navegação interior: gradual substituição de diesel marítimo e do *bunker* por biodiesel e etanol, atingindo 80% e 20% em 2050
- Hibridização e eletrificação: *ferries* e transporte de passageiros
- Cabotagem: gradual substituição do diesel marítimo e *bunker* por biodiesel e etanol, alcançando 80% e 20% em 2050
- Longo curso: uso de biodiesel (30%), amônia (22%), metanol (22%), etanol (20%) e hidrogênio (6%) em 2050

Trajetória 4a (melhores práticas da agricultura combinadas com BECCS)



- Trajetória 4 + melhores práticas da agricultura combinadas com BECCS
- Navegação interior: gradual substituição de diesel marítimo e do *bunker* por biodiesel e etanol, atingindo 80% e 20% em 2050
- Hibridização e eletrificação: *ferries* e transporte de passageiros
- Cabotagem: gradual substituição do diesel marítimo e *bunker* por biodiesel e etanol, alcançando 80% e 20% em 2050
- Longo curso: uso de biodiesel (30%), amônia (22%), metanol (22%), etanol (20%) e hidrogênio (6%) em 2050

Considerações Finais



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Considerações finais

- Para a descarbonização do setor marítimo, a penetração de combustíveis alternativos, incluindo biocombustíveis, hidrogênio, amônia e eletricidade, precisará evoluir apesar das várias incertezas.
- A neutralidade tecnológica e a diversidade de opções devem ser princípios a serem seguidos.
- Vale citar que o Brasil está em posição de destaque em termos de biotecnologia e bioenergia, com uma indústria de biocombustíveis instalada no país que é competitiva e pode contribuir para a descarbonização do setor .
- O potencial de uso de biocombustíveis tradicionais e avançados para descarbonizar o setor marítimo deve ser o foco das discussões no Brasil em fóruns internacionais.
- Práticas avançadas na cadeia de produção de biocombustíveis permitem que o Brasil alcance emissões negativas de GEE.

Ficha técnica

(composição dos cargos em outubro de 2024)



Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário Executivo

Arthur Cerqueira Valerio

Secretário de Energia Elétrica

Gentil Nogueira de Sá Junior

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Pietro Adamo Sampaio Mendes

Secretário de Transição Energética e Planejamento

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

www.mme.gov.br



Presidente

Thiago Guilherme Ferreira Prado

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Thiago Ivanoski Teixeira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Reinaldo da Cruz Garcia

Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretor de Gestão Corporativa

Carlos Eduardo Cabral Carvalho

www.epe.gov.br

Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis

Coordenação Executiva

Angela Oliveira da Costa

Coordenação Técnica

Angela Oliveira da Costa

Marcelo Castello Branco Cavalcanti

Patrícia Feitosa Bonfim Stelling

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

Equipe Técnica

Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis

Arthur Cortez Pires de Campos

Bruno Rodamilans Lowe Stukart

Danielle Borher de Andrade

Marina Damião Besteti Ribeiro

Rafael Moro da Mata

Vitor Manuel do Espírito Santo Silva

Apoio Administrativo

Raquel Lopes Couto

Rio de Janeiro, 2024

Foto da capa: Divulgação/Transpetro.



Siga a EPE nas redes sociais e mídias digitais:



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

