



Coalizão dos Transportes

Como tornar o setor de transportes um contribuidor ativo para a redução das emissões brasileiras

Documento completo consolidado

MARÇO DE 2025

Objetivos do documento



Apresentar o **contexto do trabalho** e de **baseline de emissões** de transportes em 2050 proposto com base em cenário de inação e projeções setoriais



Discutir **alavancas e sensibilidades para redução de emissões** com base nas discussões com os diferentes grupos



Mapear **exemplos de como habilitadores contribuem** para viabilizar alavancas de descarbonização



Compilar **tendências globais, locais, e análises de detalhamento adicionais** das diferentes verticais da coalizão de transportes a fim de embasar os tópicos anteriores



Considerações

Resumo

Abordagem

Detalhamentos por modal

Rodoviário

Ferrovário

Aquaviário

Aeroviário

Mobilidade Urbana

Apêndice



Considerações

Resumo

Abordagem

Detalhamentos por modal

Rodoviário

Ferrovário

Aquaviário

Aeroviário

Mobilidade Urbana

Apêndice



Considerações sobre o trabalho

1

Contexto e Motivação

- A Nova Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil e Plano Clima representam oportunidade para o país se consolidar como um líder global de descarbonização, especialmente por ser a sede da COP30
- **O setor de transportes é crítico**, sendo responsável por **~11% das emissões nacionais**
- Em um cenário de inação, as emissões podem atingir **324 Mton CO₂e em 2035 e 424 Mton CO₂e em 2050**

2

A Coalizão

- A magnitude do desafio exige **mobilização e debate amplo** pelo setor de transportes
- **Liderada por Motiva, CEBDS, CNT e Observatório de Mobilidade do Insper**, a Coalizão mobilizou **+50 entidades** de 6 verticais: Mobilidade Urbana, Rodoviário, Ferroviário, Aquaviário, Aeroviário e Infra/Transversalidade

3

Objetivos Iniciais

- O esforço, iniciado em Nov/2024, desenvolvido a partir da contribuição ativa das entidades da coalizão e dados primários disponíveis até Fev/2025, materializou entregas importantes, como:
 - Mensuração do baseline de emissões em 2050, mapeamento de 90 alavancas de descarbonização e quantificação de impactos para a trajetória de descarbonização para o setor de transportes

4

Próximos Passos

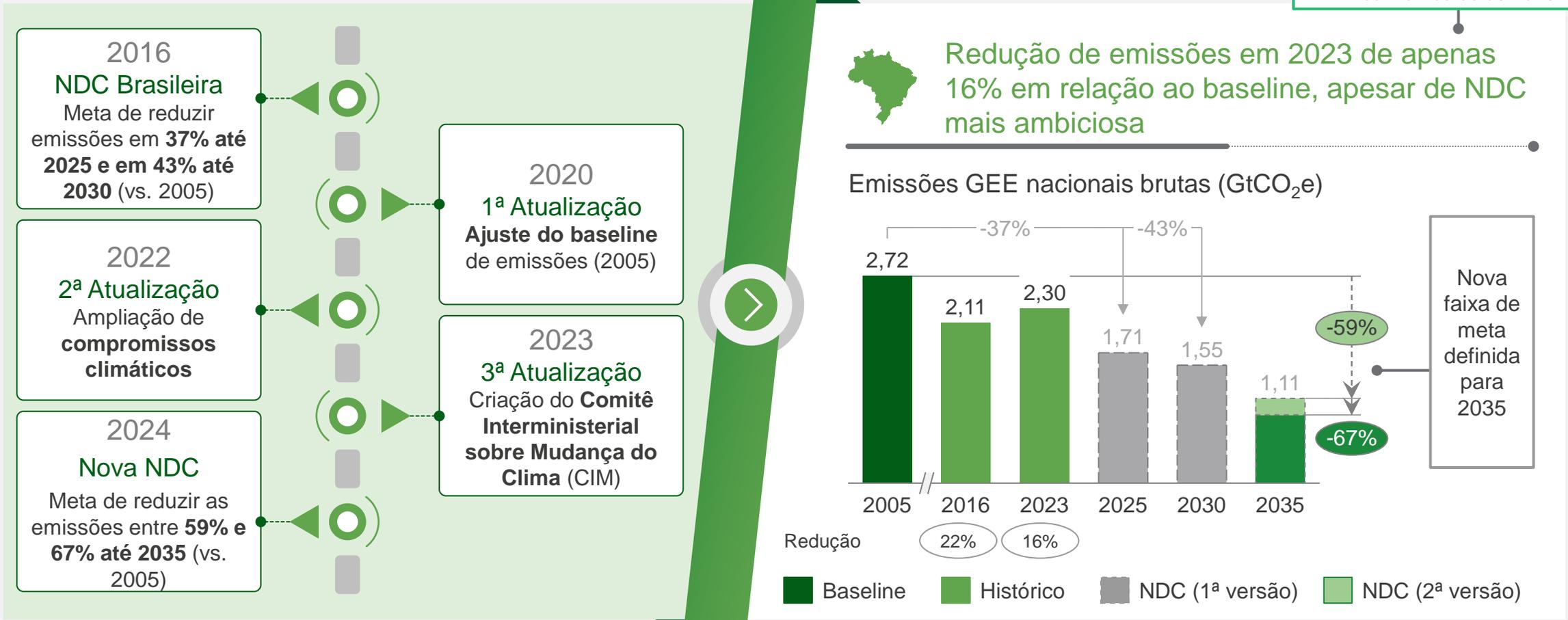
- Este é um **1º passo de uma longa jornada** de contribuição do setor para a agenda climática brasileira
- O diálogo e a colaboração entre as entidades **avançarão além da COP30**, buscando continuamente atualizar o mapeamento de alavancas e resultados em função de novos aprendizados



As conclusões deste estudo resultam de um esforço coletivo em prol da descarbonização sustentável do setor de transportes, com base nas tecnologias e informações atualmente disponíveis, e poderão evoluir com novos avanços futuros

A nova NDC brasileira tem evoluído em ambição, exigindo esforços significativamente maiores em emissões

Em linhas gerais, a NDC define o compromisso do Brasil de contribuir para limitação do aquecimento global a 1,5°C ou 2°C, em linha com o Acordo de Paris



Para cumprimento das NDCs, Plano Clima propõe ações setoriais para adaptação e mitigação climática

Em termos práticos, o Plano Clima define estratégias a nível setorial para alcance das NDCs

Objetivos gerais



Mitigação das Emissões: Desdobrar planos estratégicos setoriais para redução das emissões nacionais



Adaptação às Mudanças Climáticas: Aumentar a resiliência do país aos impactos das mudanças climáticas



Cooperação Interministerial: Coordenar ações entre diferentes órgãos setoriais e sociedade civil para definir o plano de implementação climático



Desenvolvimento Sustentável: Promover o desenvolvimento equitativo, justiça climática e educação

O novo Plano Clima, que será apresentado em 2025, vem sendo desenvolvido com **ampla participação da sociedade civil e de representantes setoriais até 2035**

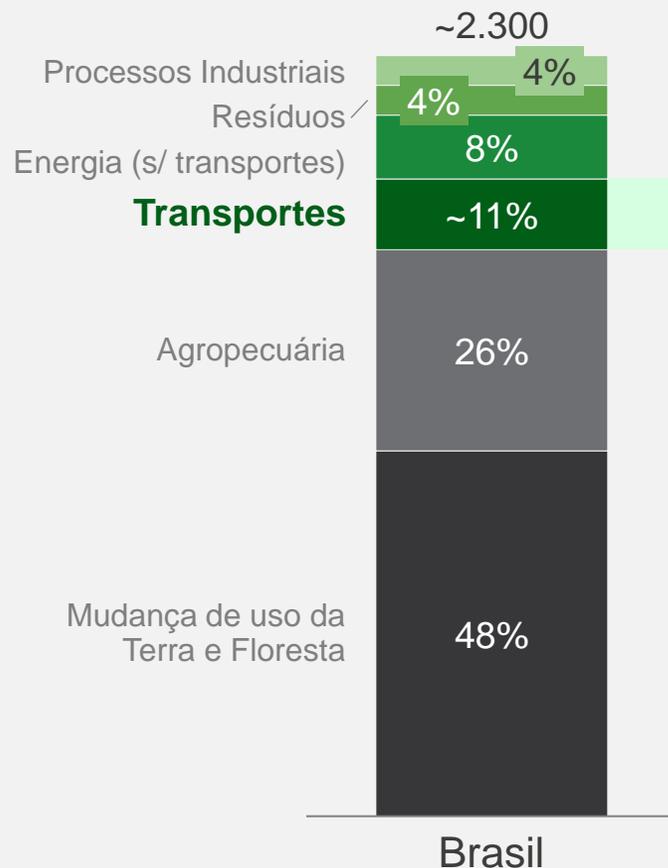


1. Existem GTTs focados em Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE) e Revisão da PNMC, porém informações limitadas foram encontradas disponíveis; Fonte: Gov.br

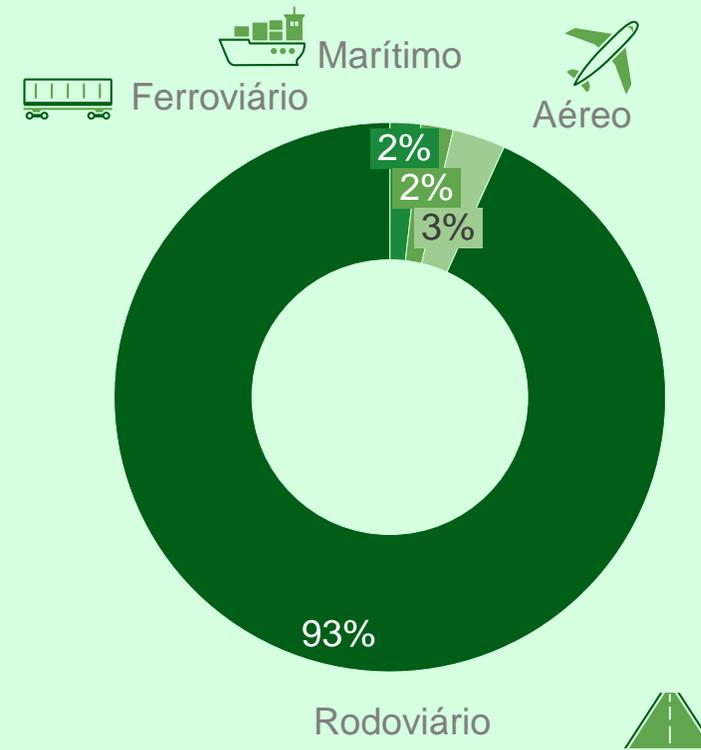
Setor de transportes é crítico para agenda de mitigação, sendo responsável por ~11% das emissões nacionais...

... modal rodoviário emite +90% do total do setor

Emissões brutas por setor no Brasil (MtonCO₂e – 2022)



Rodoviário engloba +90% das emissões no setor de transporte



1. Valor global excluindo Brasil; 2. Outros = Mineração, Marítimo, Resíduo, Construção, Óleo e Gás, Manufatura, Energia, Agricultura, Florestas; Fonte: Anfavea; SEEG; CAIT; Climate TRACE; Análise BCG

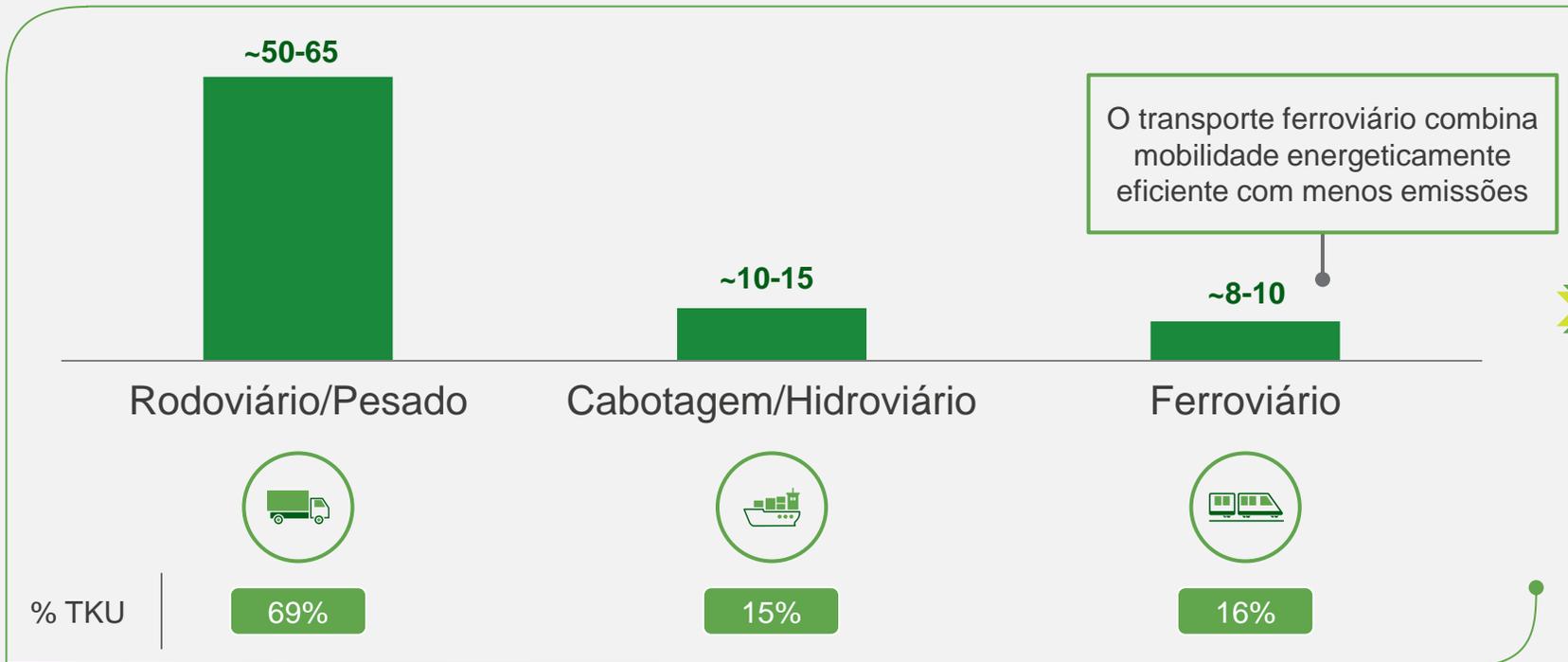


Maior sustentabilidade de alguns modos vs outros fica evidente quando comparado o CO₂/TKU entre eles



Comparação do nível de emissões por modo de carga em 2022 (CO₂/TKU)

g CO₂/TKU



Independente do indicador atual de emissões, ter uma matriz de transportes eficiente, que utilize ao máximo o potencial e a vocação de cada modo de forma integrada, é essencial para atender às demandas econômicas e sociais do país

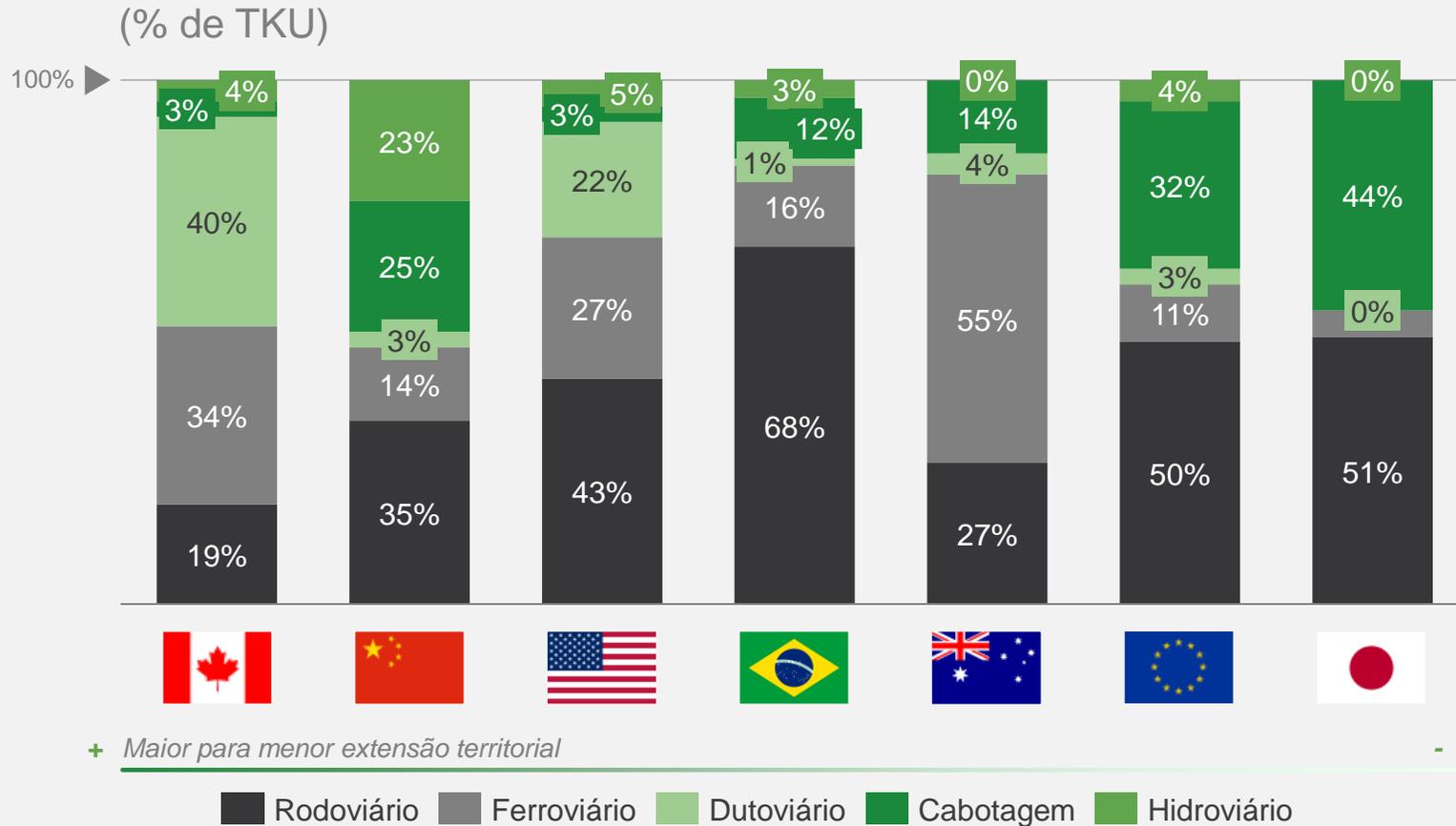


A matriz do Brasil é mais concentrada no rodoviário em relação a outros países



Um país de dimensões continentais como o Brasil apresenta **oportunidades de desenvolvimento para os modais ferroviário e aquaviário**, além do rodoviário

Matriz de transportes brasileira



Fontes: ILOS (Brasil); National Bureau of Statistics of China, Bureau of Transportation Statistics (EUA), Eurostat (UE); Plano Setorial de Transporte. Nota: Informações da Matriz Brasileira considera dados do Plano Setorial de Transporte liberado para consulta pública em 2024



Rodoviário

Visão geral

O setor rodoviário representa +90% do modal de transportes de passageiros do Brasil e 67% das cargas. Para tal, circulam cerca de 48 milhões de veículos que consomem 120 bilhões de litros de combustíveis, causando uma emissão de ~240 Mton CO₂e (+90% do total de emissões de transporte do país)

Informações chave

Malha rodoviária

Km ~1,7 milhões 2023

Frota de veículos

Automóveis ~48 milhões

TKU (caminhões)

Tonelada Km útil ~1.700 bilhões

PAX (Ônibus e leves)

Passageiros ~2,0 bilhões

Consumo combustível

Litros ~120 bilhões

Emissão de CO₂

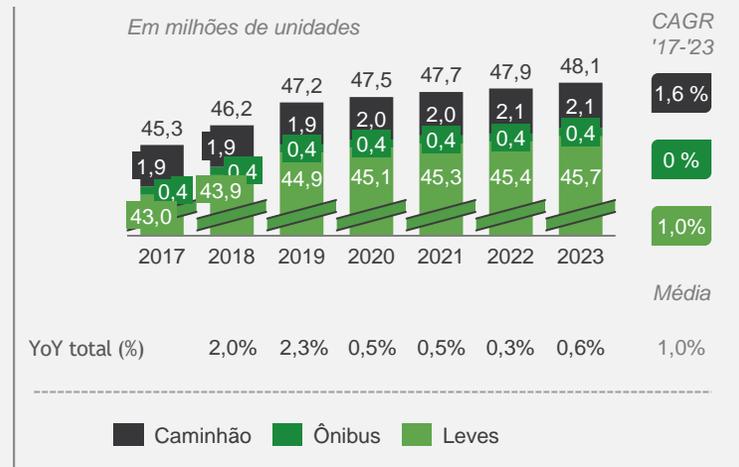
Mton ~240 Mton

Modal é de extrema relevância pro país: transporta + 2B PAX e 1,7Tri de TKU/ano

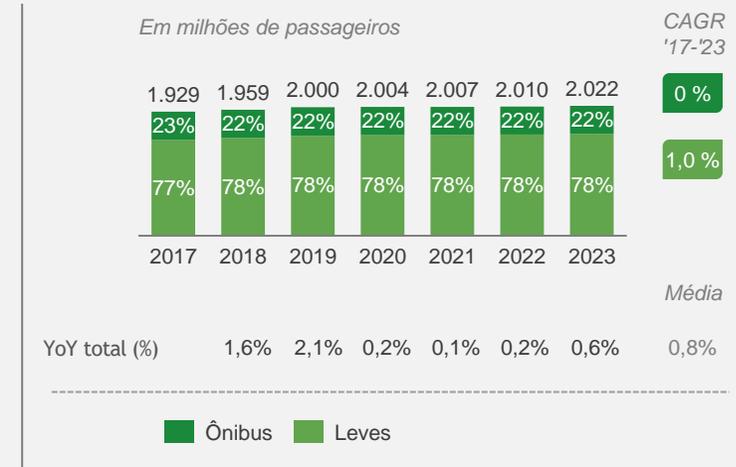
Considerações sobre o trabalho



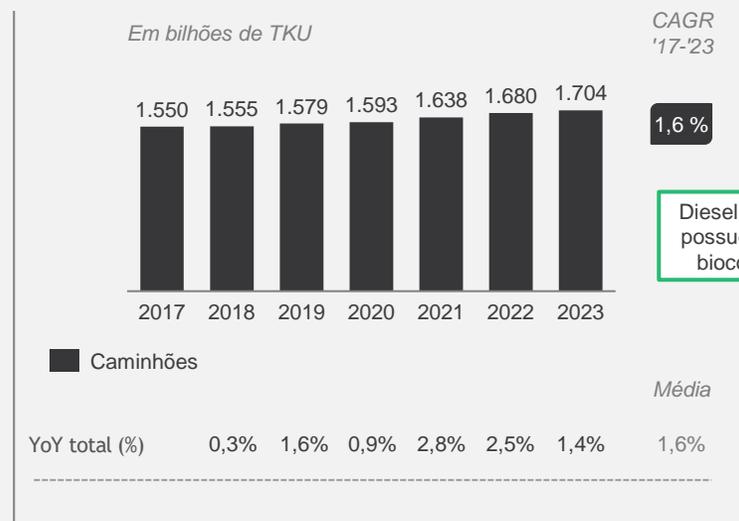
Frota em circulação



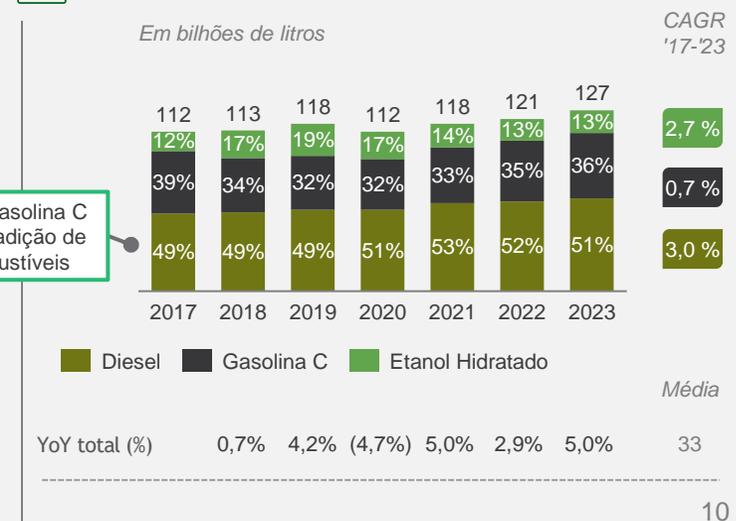
Passageiros domésticos



TKU doméstico



Consumo de combustível



Diesel e Gasolina C possuem adição de biocombustíveis



Ferrovário

Visão geral

Transporte Ferroviário brasileiro atualmente restrito a locomotivas de carga, movidas à Diesel em sua grande maioria

Informações chave

	2023
Tamanho da Malha	30,8 mil Km
Número de Locomotivas	3.123
TU	531 milhões
TKU	390 bilhões
L/ mil TKU <i>Diesel</i>	3,4L
Combustível <i>Diesel</i>	1,3BL
Emissão de MtCO ₂ e ¹	3,3

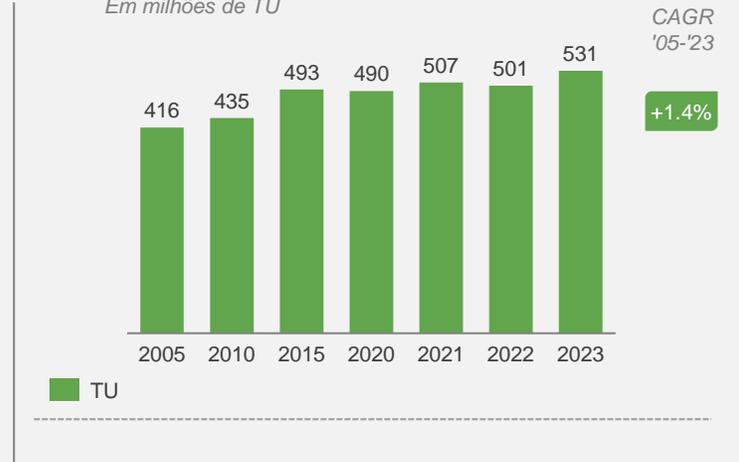


Indicadores-chave ajudam na compreensão do contexto atual do modo



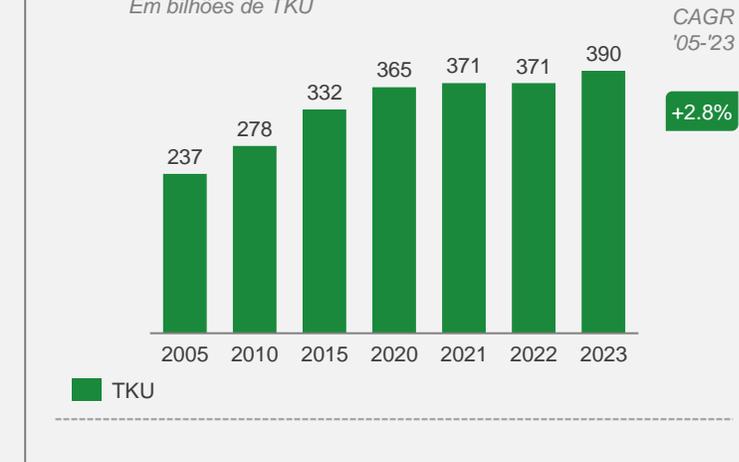
Movimentação

Em milhões de TU



Produtividade

Em bilhões de TKU



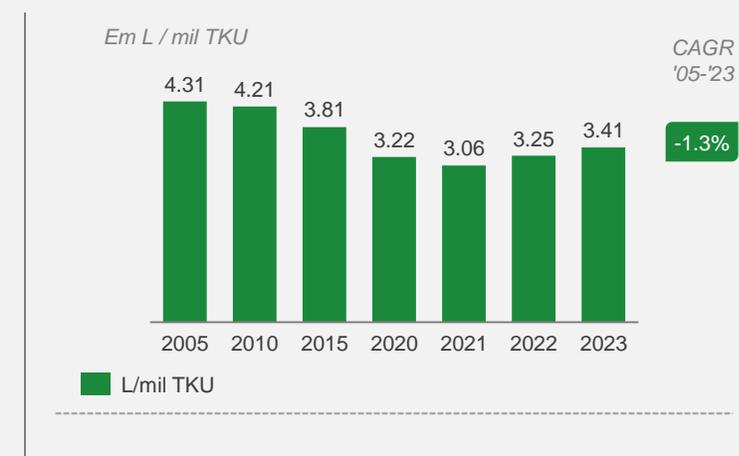
Consumo de Combustível

Em milhões de Litros



Efetividade Energética

Em L / mil TKU





Aquaviário

Visão geral

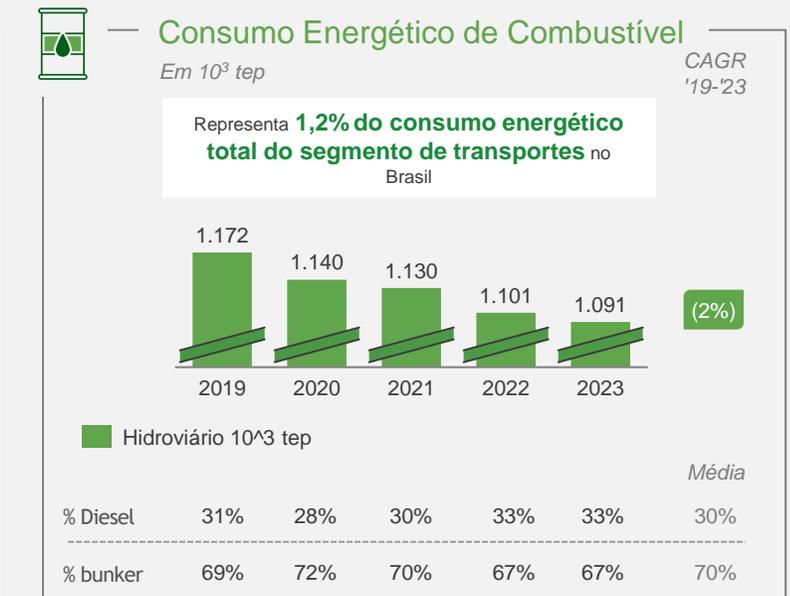
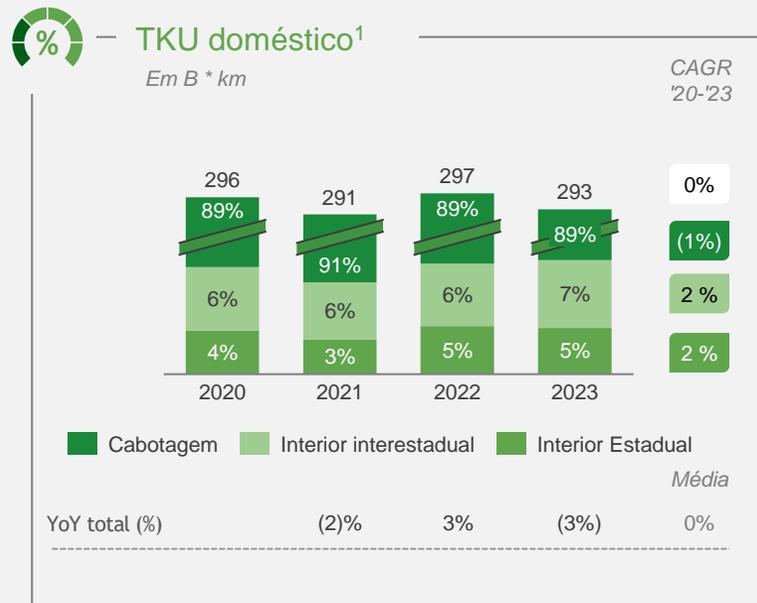
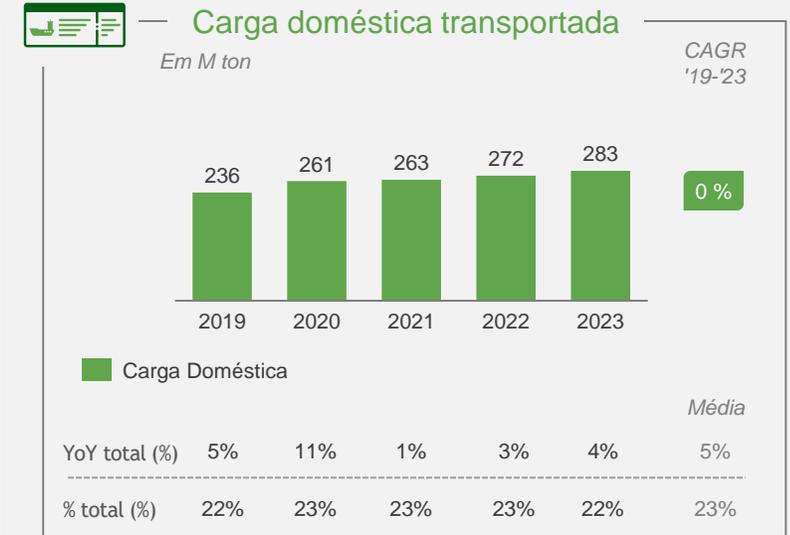
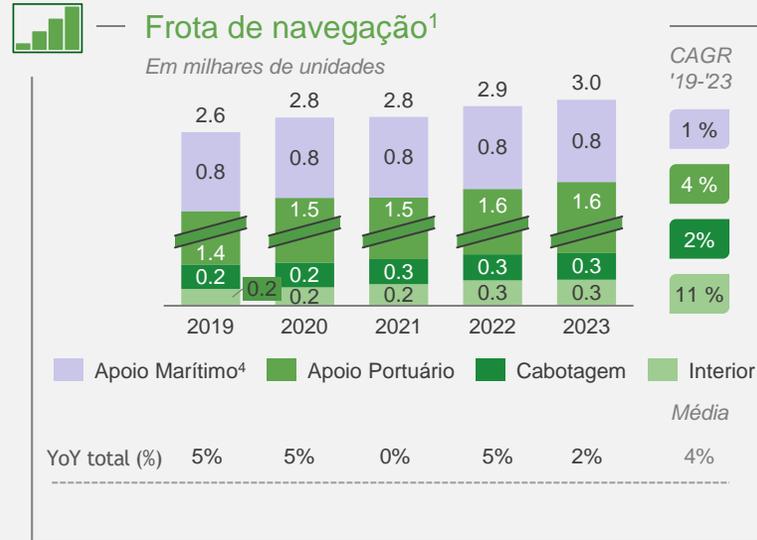
O setor Aquaviário doméstico (vias interiores, cabotagem e apoio portuário e marítimo) representa ~15% do modal de transportes de carga do Brasil e <1% dos passageiros no mesmo período.

Informações chave

Frota doméstica ¹	3.080
Carga Doméstica Transportada (ton)	283 M
TKU doméstico ²	293 B
Movimentação Portuária Doméstica (ton)	372 M
Instalações portuárias ³	218
Complexos portuários ³	40
Consumo Energético (10 ³ tep)	1,101
Emissão de CO ₂ e - 2022 (CO ₂ e)	4 Mton

Indicadores-chave ajudam na compreensão do contexto atual do modo

Considerações sobre o trabalho



(1) Não considera balsas e barcas de apoio e embarcações de passageiros; (2) Cabotagem, Interior Interestadual e Estadual; (3) indicadas no Estatístico Aquaviário ANTAQ com iD único; (4) Frota de Apoio Marítimo de plataformas operando em AJB é composta por 452 embarcações



Aeroviário

Visão geral

O setor aéreo (2023) representa ~6% do modo de transportes de passageiros do Brasil e <1% das cargas no mesmo período. Para tal, foram necessários 3B kg de QAV, causando uma emissão de ~10 Mton CO2e (4,4% do total de emissões de transporte do país)

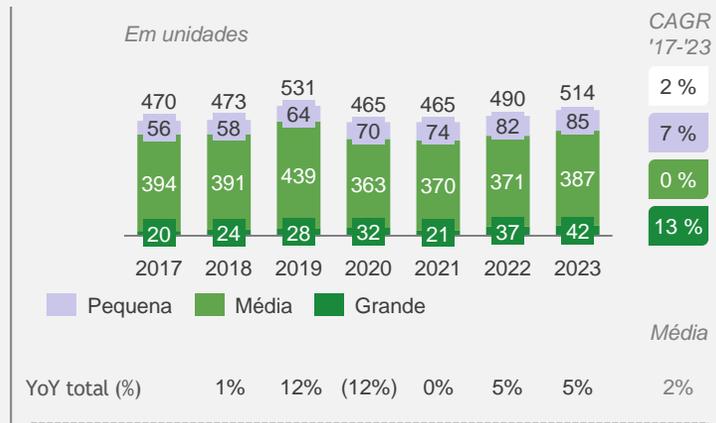
Informações chave

	2023
Frota de aeronaves ¹	514
Voos domésticos	789 mil
PAX domésticos	91 M
RPK doméstico	96 B
Aeroportos públicos ²	159
Combustível doméstico – QAV	3 B kg
Emissão de CO2e - 2022 (CO2e)	10 Mton

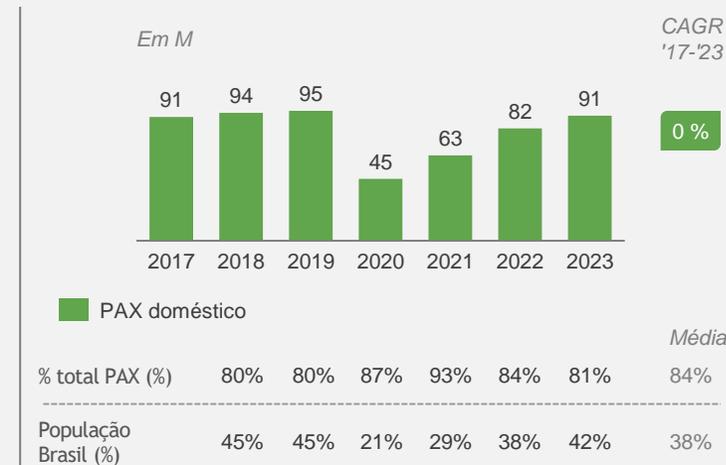
Indicadores-chave ajudam na compreensão do contexto atual do modo

Considerações sobre o trabalho

Frota de aeronaves de passageiros¹



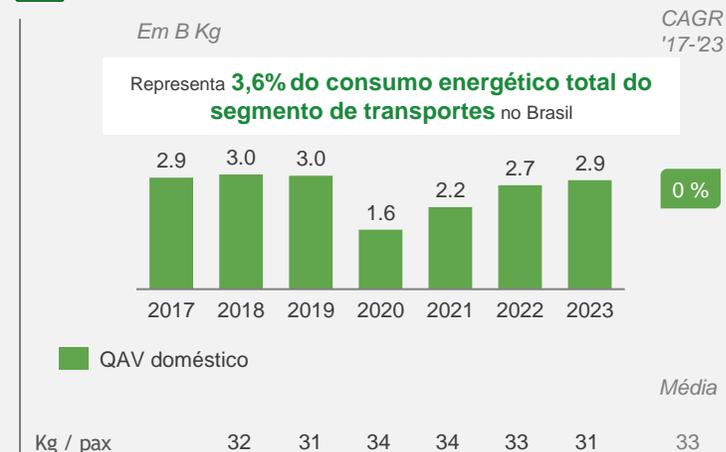
Passageiros domésticos



RPK doméstico



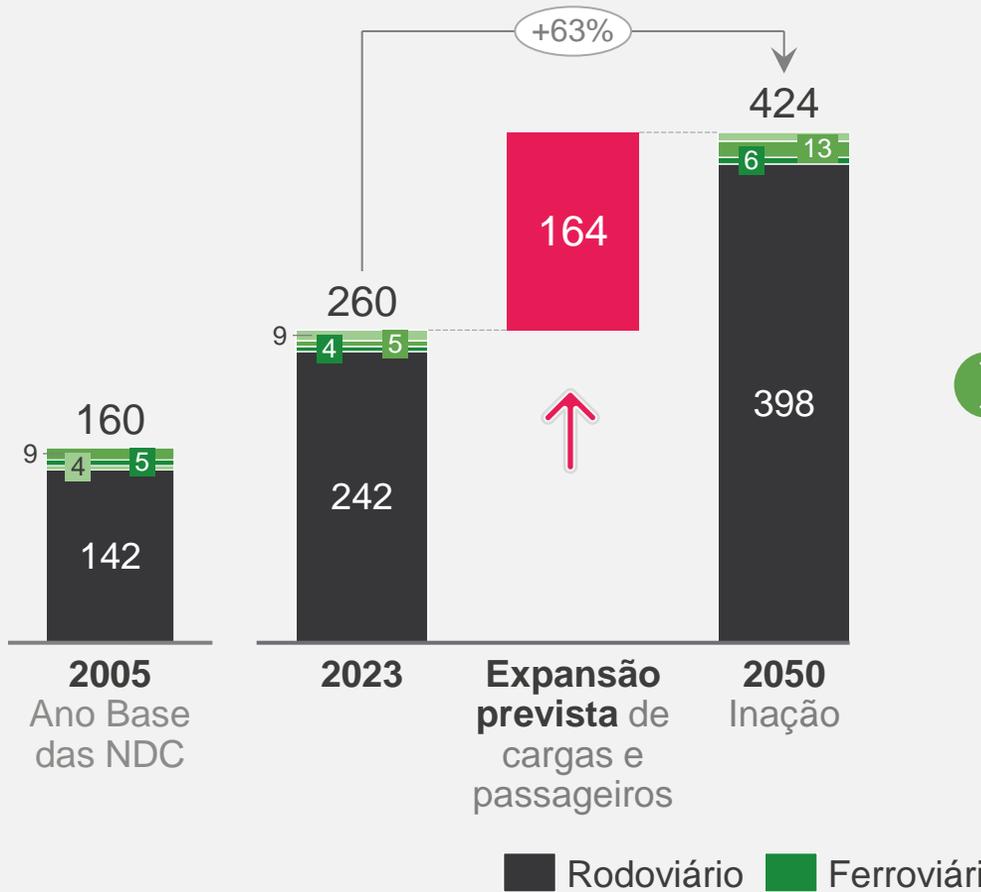
Consumo de combustível (QAV)



1. Porte por # de passageiros: pequena (até 100), média (101-250) e grande (251+); 2. Aeroportos que receberam voos regulares domésticos. Fonte: ANAC

Tamanho do Desafio | Em cenário de inação, as emissões do setor podem atingir até 424 Mton CO₂e em 2050

Emissões do setor de transporte (Mton CO₂e % por modo) – Visão poço à roda



- Emissões **aumentam em função do crescimento do Brasil** (PIB 2,4% a.a.) como país emergente...
- ...o que se reflete em **relevante crescimento previsto para o setor** (TKU 2,2% a.a. e PAX 0,7%a.a.)
- Mesmo assim, **emissões relativas do Brasil estariam abaixo das de países desenvolvidos** (1,9 ton CO₂e per capita em 2050 vs 5,6 dos EUA e 2,5 da França em 2023)



Coalizão mobilizou **+50¹** entidades de toda a cadeia do setor



**Infraestrutura e
Transversalidade**



Rodoviário



Ferroviário



Aeroviário
(Aviação/
Aeroportos)



Aquaviário
(Navegação/
Portos)



**Mobilidade
Urbana**

Envolvimento de **+50¹ entidades** e empresas com alta representatividade nos diferentes modos de transporte

Liderança ativa de **+10 entidades coordenadoras** dos diferentes subgrupos

Participação de maneira consultiva de **+15 entidades-chave**

Dedicação de **+40 reuniões e +30 horas de workshops** para discussão de alavancas e caminhos de descarbonização

+50 entidades¹ autorizaram menção como colaboradores

Versão preliminar²



Infraestrutura e Transversalidade



Rodoviário



Ferrovário



Aeroviário
(Aviação / Aeroportos)



Aquaviário
(Navegação / Portos)



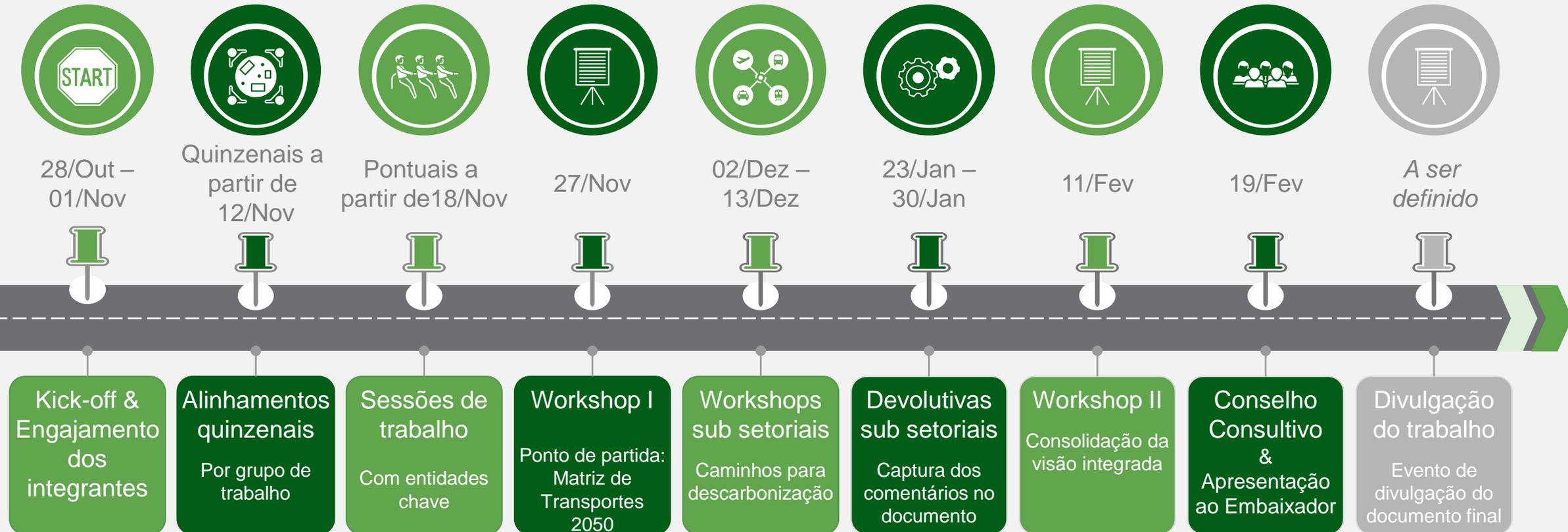
Mobilidade Urbana

Entidades Coord.:



1. Existem entidades integrantes de mais de um subgrupo; 2. A Coalizão ainda está aguardando a confirmação de outras entidades/empresas

O esforço iniciado em Nov/2024, foi desenvolvido a partir da contribuição ativa e expertise das entidades da coalizão



Objetivo iniciais: Mensuração do baseline de emissões em 2050, mapeamento de alavancas críticas e quantificação de impactos para a trajetória de descarbonização para o setor de transportes



Este é o 1º passo e
uma longa jornada...

... Coalizão seguirá
trabalhando ativamente
rumo a COP30



Estruturar um **Plano de Ativação**, com governança clara e presença em eventos estratégicos até a COP30



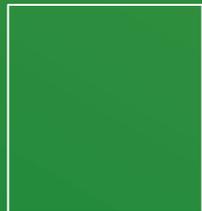
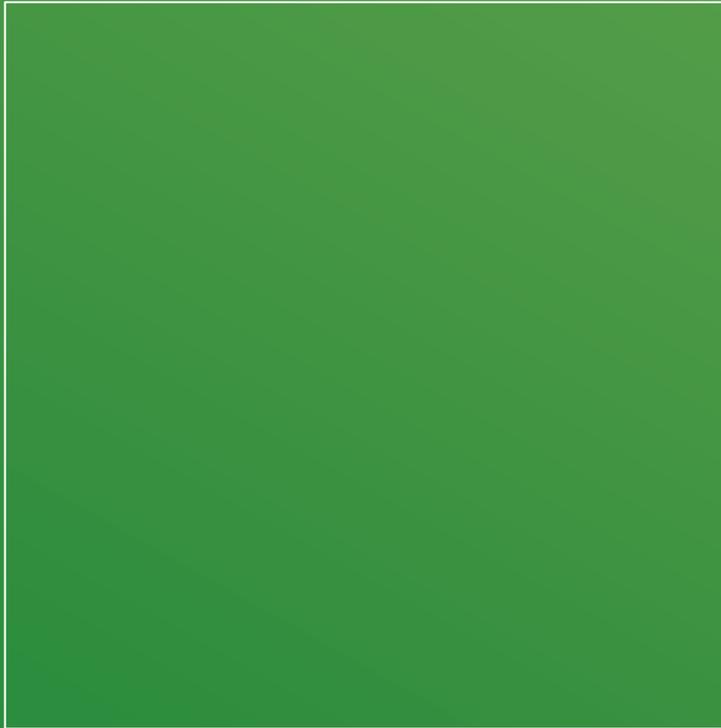
Selecionar e detalhar **possíveis caminhos de abordagem** durante a COP30



Explorar **posicionamento frente à Action Agenda** da COP30, mapeando sinergias e **possibilidades de atuação coordenada**



Identificar **oportunidades estratégicas** para ampliar o engajamento da Coalizão durante a COP30



Considerações

Resumo

Abordagem

Detalhamentos por modal

Rodoviário

Ferrovário

Aquaviário

Aeroviário

Mobilidade Urbana

Apêndice

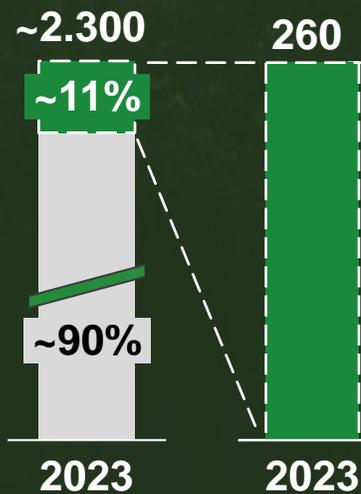
Sumário e Conclusões-chave



Setor de transportes responde por 11% das emissões totais do país

Emissões no Brasil (Mton CO₂e, poço a roda¹)

Transportes
Outros



1,2

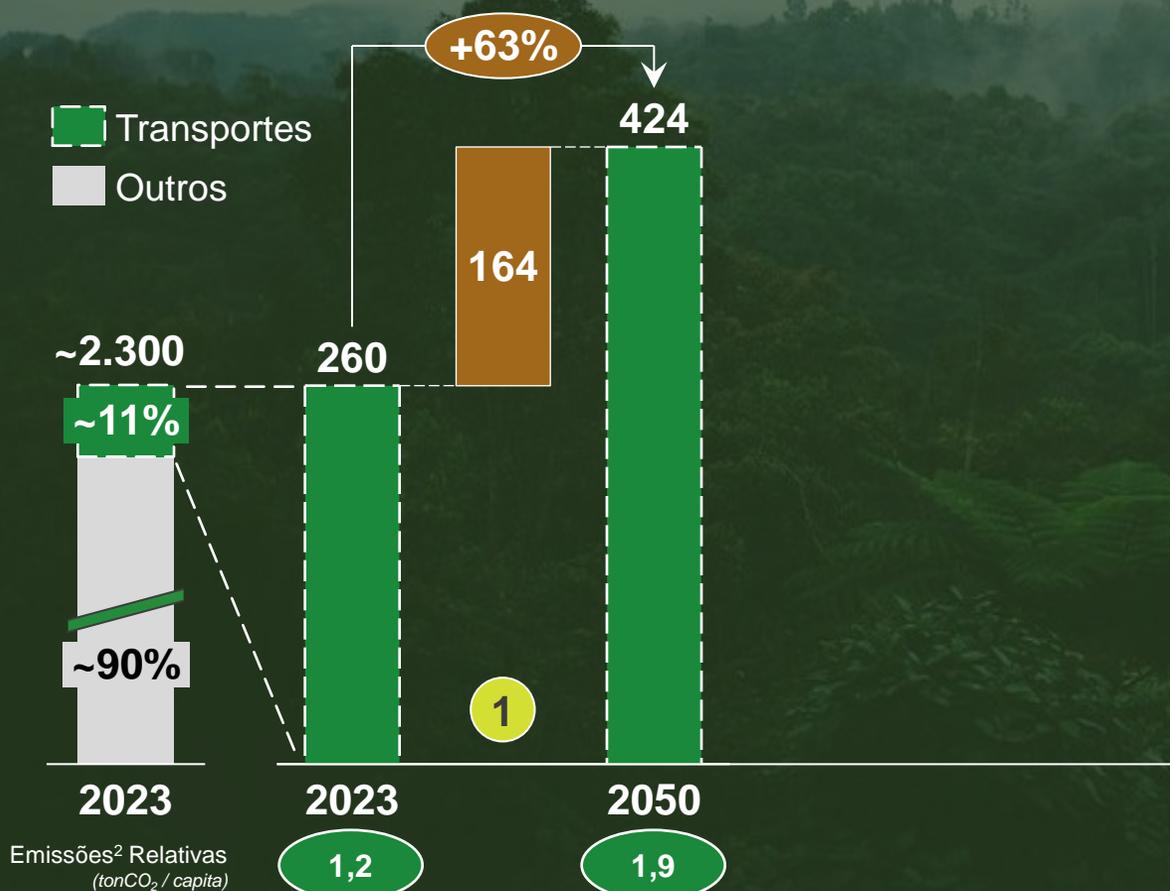
Emissões² Relativas
(tonCO₂ / capita)

Notas: 1. Inclui a queima do combustível no motor (tanque ao roda) e a cadeia de exploração/produção, processamento e logística (poço ao tanque), conforme as diretrizes do GLEC; 2. Emissões de Transporte. Fonte: Emissão do setor de transportes calculada com base em outras fontes externas ao SEEG, levantamento de alavancas via debates da coalizão para 2050



Dado ao crescimento do país, em um cenário inercial, emissões do setor podem atingir até 424 Mton CO₂e em 2050

Emissões no Brasil (Mton CO₂e, poço a roda¹)



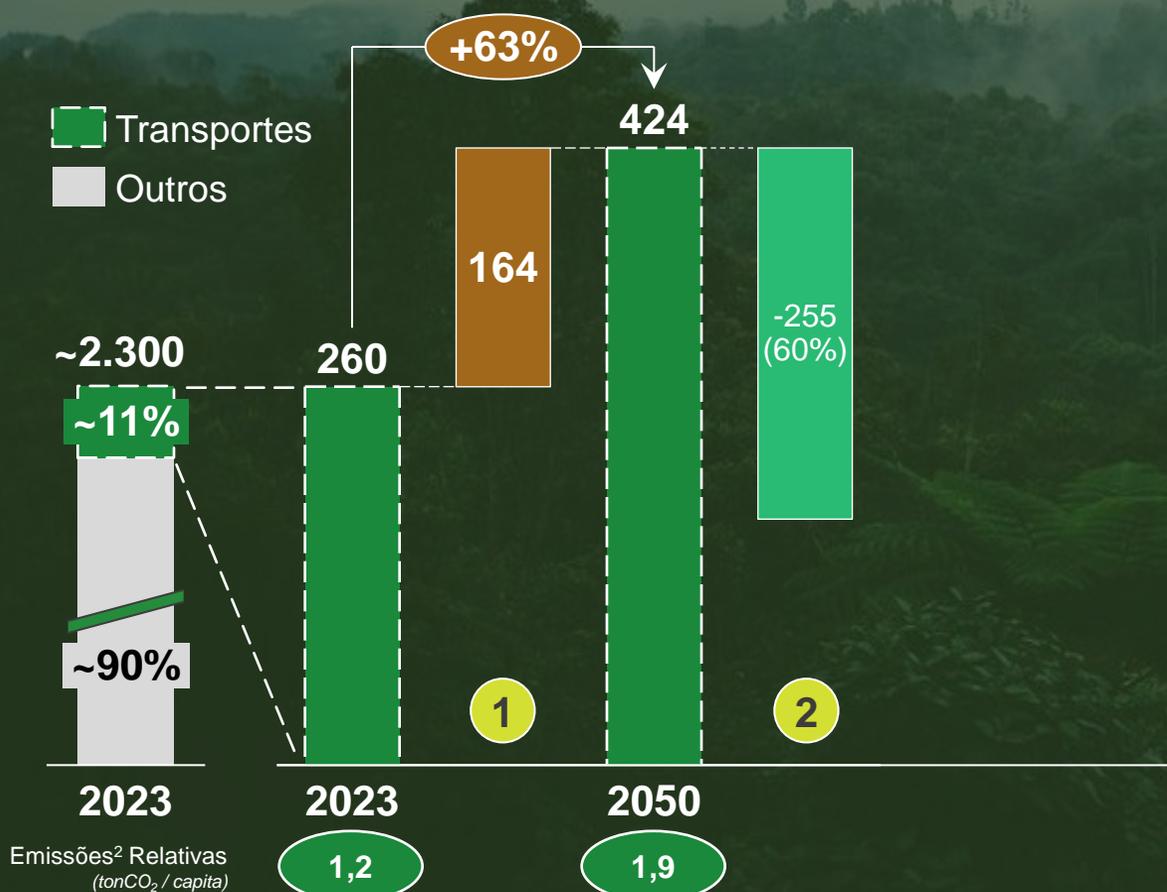
Conclusões

- 1 Crescimento do Brasil magnifica desafio de descarbonização setorial



Vetores críticos têm potencial de reduzir até 255 Mton CO₂e até 2050

Emissões no Brasil (Mton CO₂e, poço a roda¹)



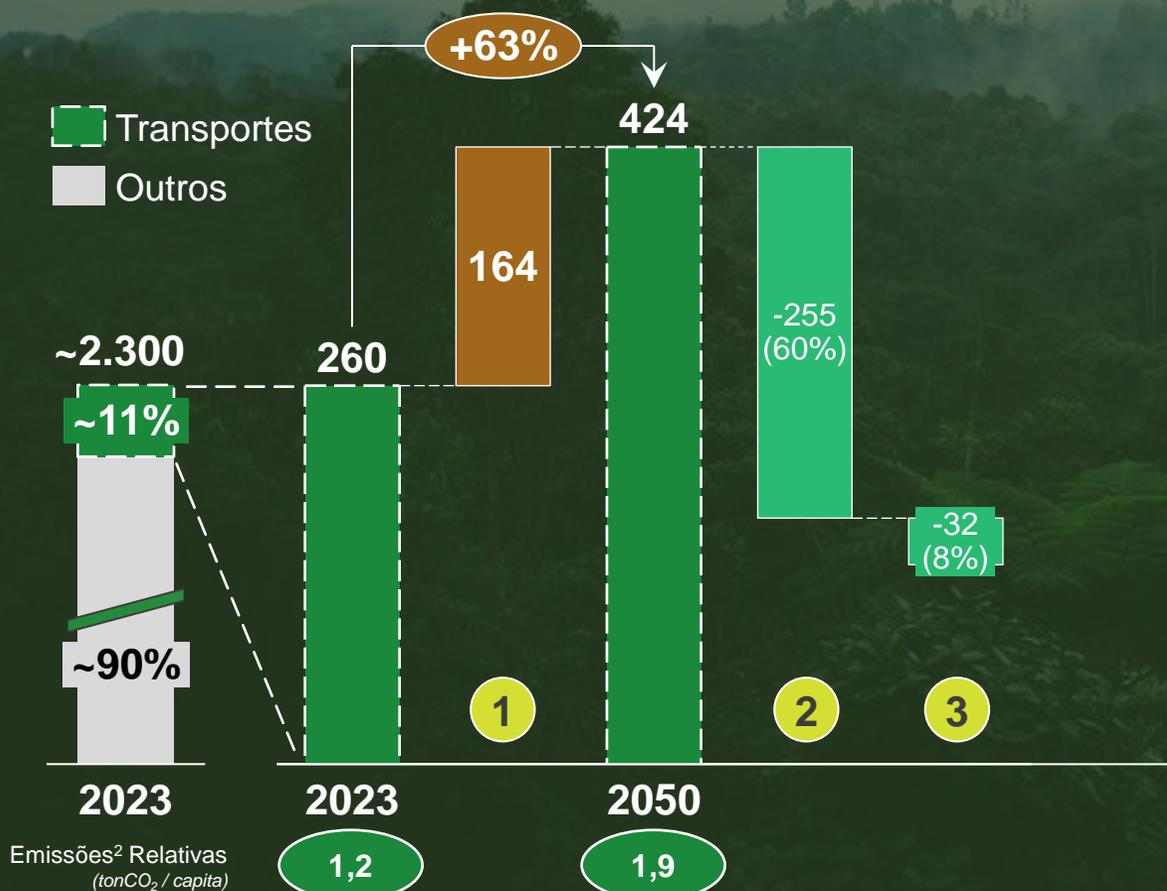
Conclusões

- 1 Crescimento do Brasil magnifica desafio de descarbonização setorial
- 2 Principais vetores críticos eliminam ~60% das emissões até 2050...



Adicionalmente, outras alavancas também representam oportunidade de descarbonização

Emissões no Brasil (Mton CO₂e, poço a roda¹)



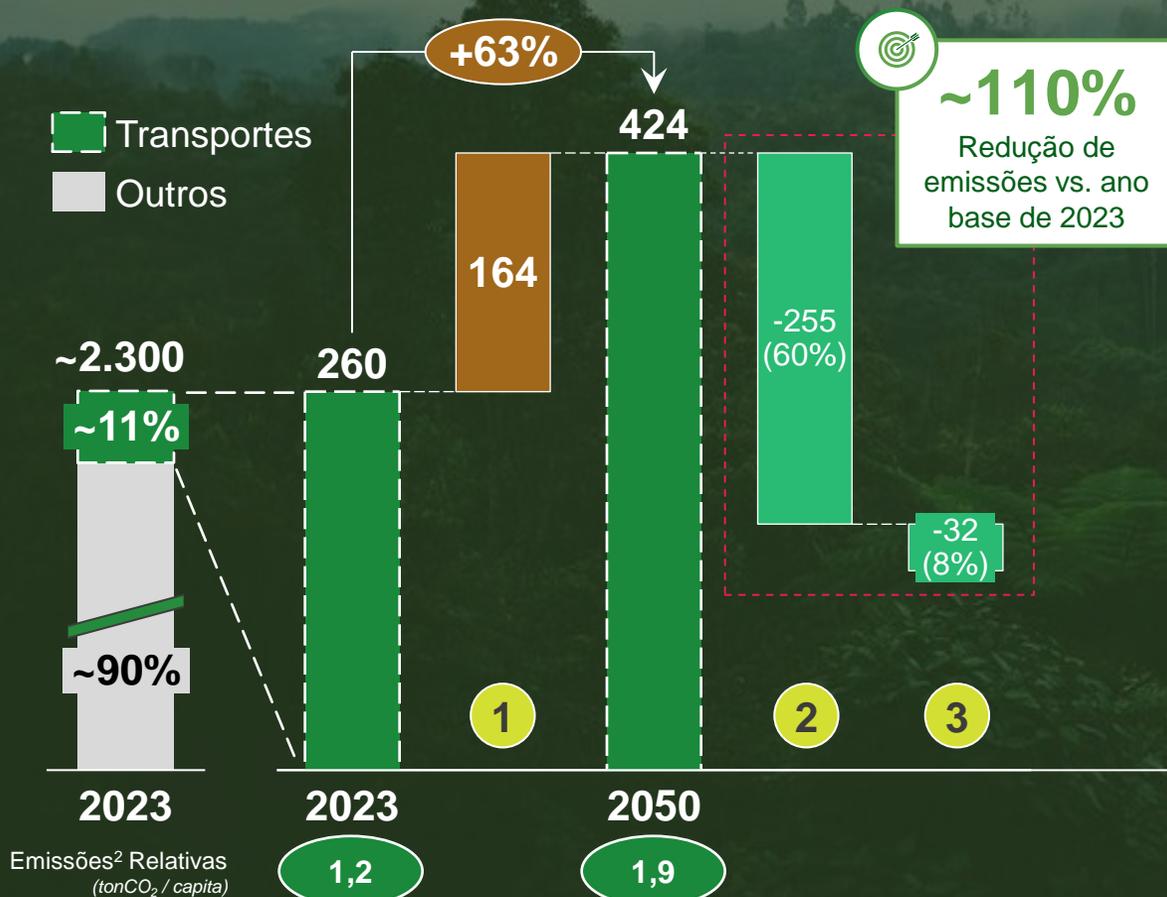
Conclusões

- 1 Crescimento do Brasil magnifica desafio de descarbonização setorial
- 2 Principais vetores críticos eliminam ~60% das emissões até 2050...
- 3 ...Demais podem representar ganhos no curto prazo eliminando ~8% do CO₂e



Alavancas de descarbonização mapeadas tem potencial de reduzir até ~110% das emissões atuais do setor de transportes

Emissões no Brasil (Mton CO₂e, poço a roda¹)



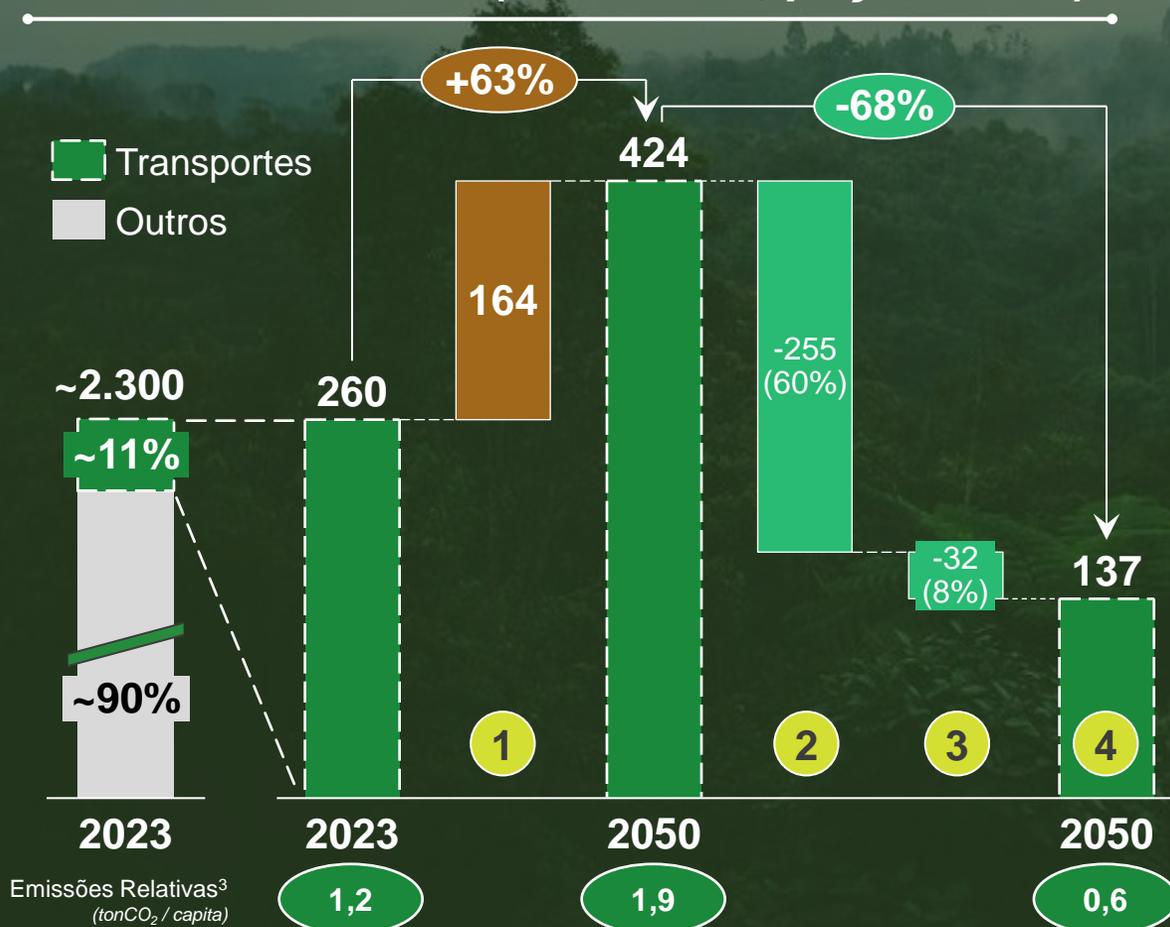
Conclusões

- 1** Crescimento do Brasil magnifica desafio de descarbonização setorial
- 2** Principais vetores críticos eliminam ~60% das emissões até 2050...
- 3** ...Demais podem representar ganhos no curto prazo eliminando ~8% do CO₂e



Apesar do grande avanço na descarbonização, ainda restaria volume residual a ser compensado para alcançar emissões líquida zero

Emissões no Brasil (Mton CO₂e, poço a roda¹)



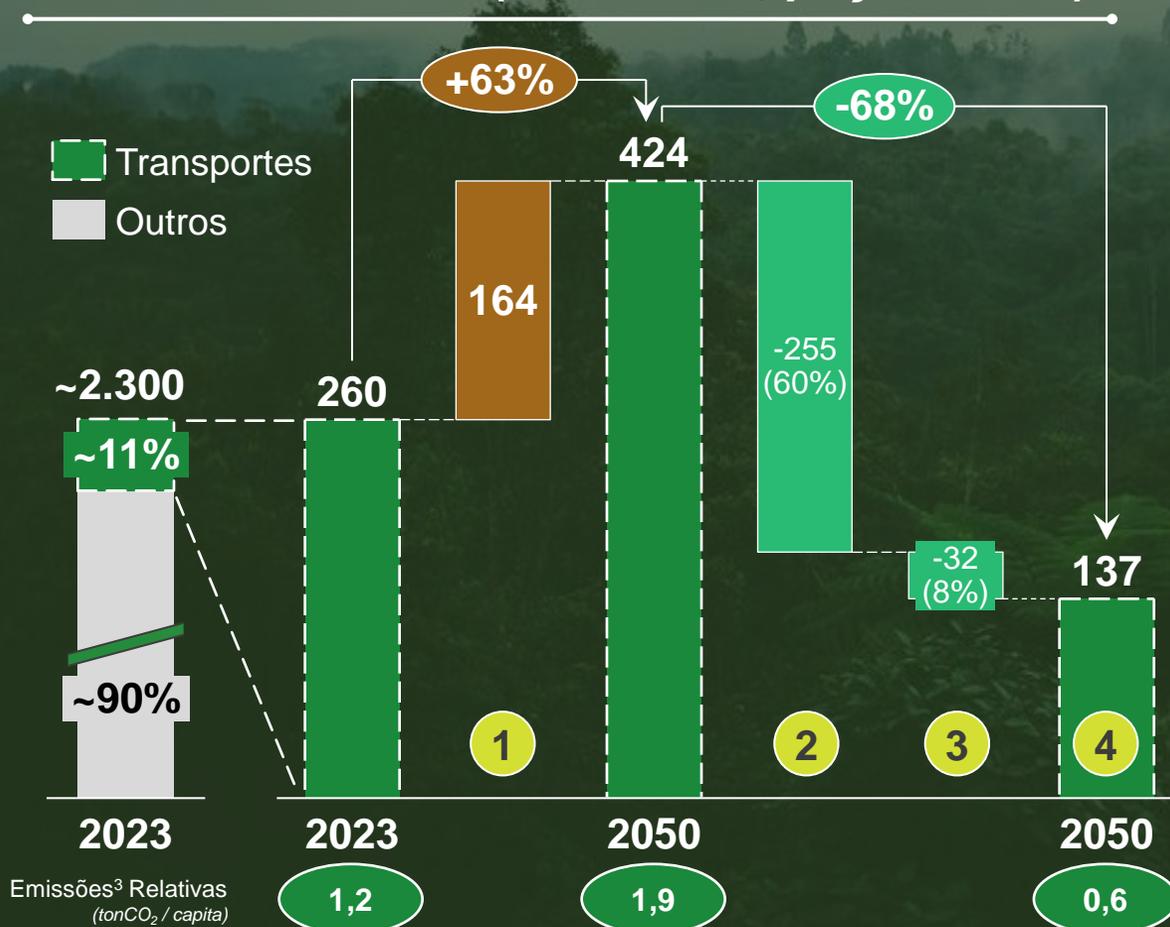
Conclusões

- 1 Crescimento do Brasil magnifica desafio de descarbonização setorial
- 2 Principais vetores críticos² eliminam ~60% das emissões até 2050...
- 3 ...Demais podem representar ganhos no curto prazo eliminando ~8% do CO₂e
- 4 Ainda assim, restam ~137 Mton CO₂e a serem compensados em 2050



Apesar do grande avanço na descarbonização, ainda restaria volume residual a ser compensado para alcançar emissões líquida zero

Emissões no Brasil (Mton CO₂e, poço a roda¹)



Conclusões

- 1 Crescimento do Brasil magnifica desafio de descarbonização setorial
- 2 Principais vetores críticos² eliminam ~60% das emissões até 2050...
- 3 ...Demais podem representar ganhos no curto prazo eliminando ~8% do CO₂e
- 4 Ainda assim, restam ~137 Mton CO₂e a serem compensados em 2050

Vetores Críticos²



Mudança na **matriz de transportes**



Expansão da **Eletrificação e Power-to-X**



Expansão de **biocombustíveis**



Habilitadores para a transição

Alavancas adicionais com maior viabilidade de impacto no curto prazo serão detalhados a seguir

Notas: 1. Inclui a queima do combustível no motor (tanque ao roda) e a cadeia de exploração/produção, processamento e logística (poço ao tanque), conforme as diretrizes do GLEC; 2. Englobam diferentes alavancas críticas de cada vertical; 3. Emissões de Transporte.; Fonte: Emissão do setor de transportes calculada com base em outras fontes externas ao SEEG, levantamento de alavancas via debates da coalizão para 2050

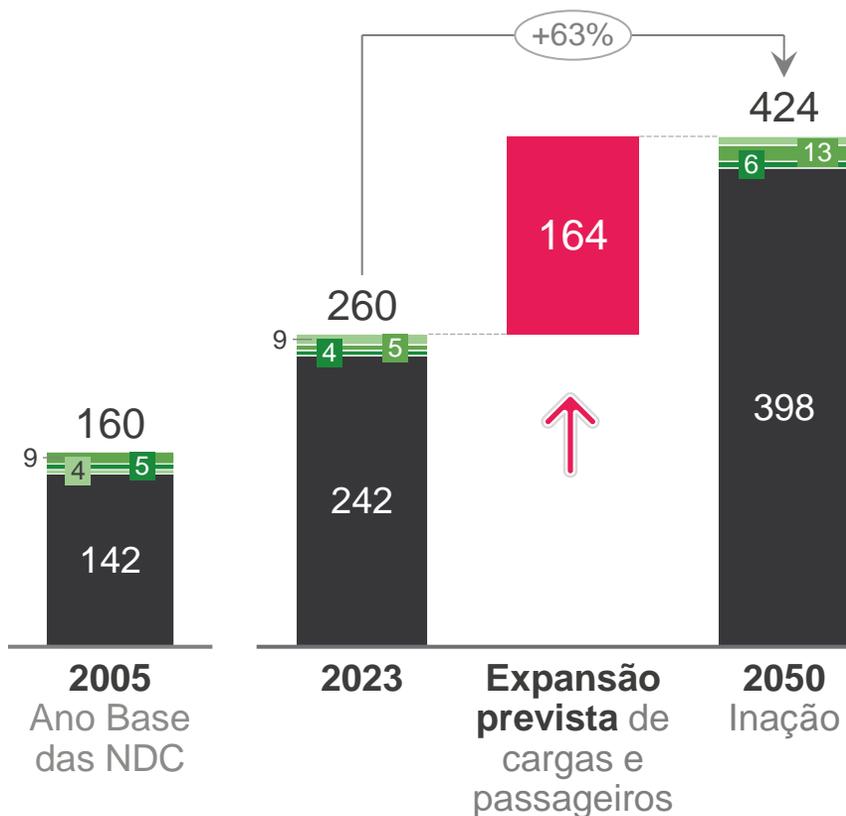
O desafio do setor

Cenário de inação tem emissões projetadas em ~424 MtCO₂e
Coalizão mapeou ~90 alavancas de descarbonização para o setor
Mesmo em cenário transformacional ainda há gap de ~137 MtCO₂e



Recap | Aumento das emissões de transporte esperado para Brasil em cenário de inação está relacionado ao crescimento previsto para o país

Emissões do setor de transporte (Mton CO₂e % por modo) – Visão poço à roda



- Emissões aumentam em função do crescimento do Brasil (PIB 2,4% a.a.) como país emergente...
- ...o que se reflete em relevante crescimento previsto para o setor (TKU 2,2% a.a. e PAX 0,7% a.a.)
- Mesmo assim, emissões relativas do Brasil estariam abaixo das de países desenvolvidos (1,9 ton CO₂e per capita em 2050 vs 5,6 dos EUA e 2,5 da França em 2023)



Detalhamento a seguir

Rodoviário
 Ferroviário
 Aquaviário
 Aeroviário



Emissões associadas ao transporte de cargas e passageiros tendem a crescer direcionadas pelo potencial crescimento socioeconômico do país

Cargas - Emissões, Mton CO₂e

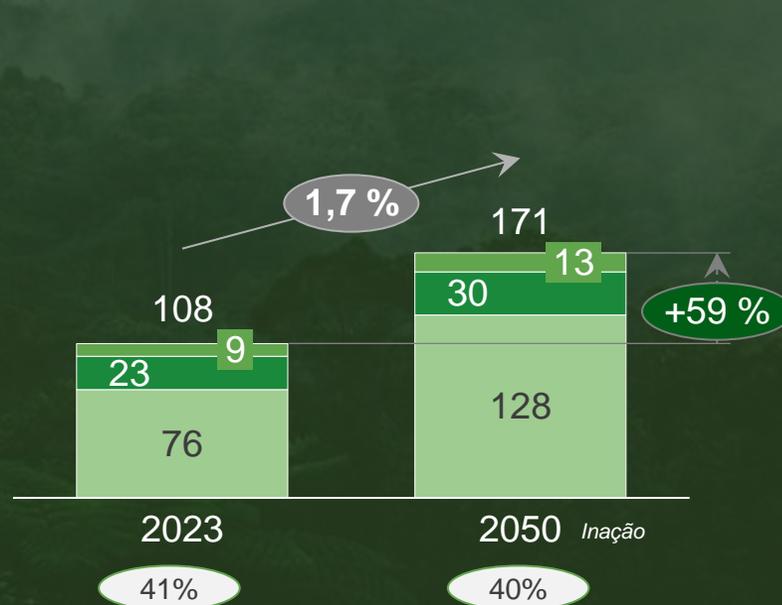
■ Aquaviário
 ■ Ferroviário
 ■ Rodoviário (Caminhões)



Potencial crescimento das emissões de transporte de cargas está diretamente relacionado às projeções de crescimento econômico esperadas para o Brasil até 2050

Passageiros - Emissões, Mton CO₂e

■ Aeroviário
 ■ Rodoviário (Ônibus)
 ■ Rodoviário (Leves)



Potencial crescimento das emissões de transporte de passageiros está diretamente relacionado às projeções de crescimento populacional e econômico¹ para o Brasil até 2050

Emissões² Relativas, tonCO₂e/ capita

	Brasil	1,2	(2023)
	Brasil	1,9	(2050, inação)
	França	2,5	(2023)
	EUA	5,6	(2023)

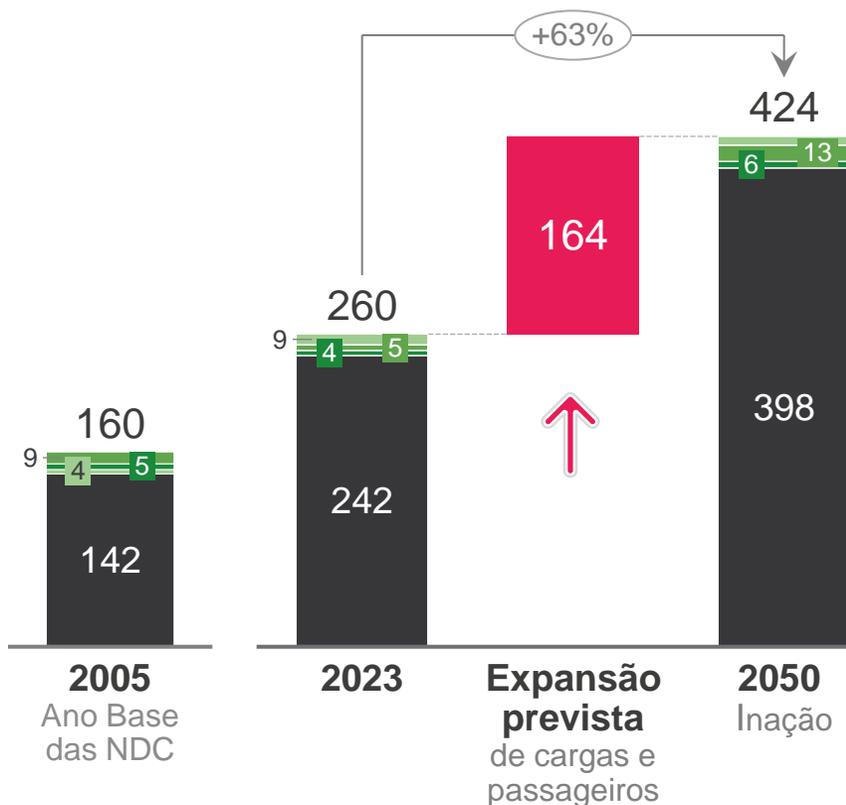
Apesar do crescimento absoluto de emissões até 2050, indicadores reforçam que o Brasil emite menos em termos relativos vs outros países

1. Crescimento econômico pode ser driver de crescimento de passageiros em função do estímulo à maior motorização, migrações de ônibus para aviões, etc; 2. Cálculo realizado a partir das emissões de transportes e do PIB Nominal de cada local; Emissões dos EUA e China desconsideram as categorias "International Aviation", "International Shipping" e "Other Transport", além de terem sido calibrados para refletirem emissões poço à roda; Fontes: Climate Trace, IBGE, CEIC Data, G1, Trading Economics



Recap | Para endereçar desafio, trabalho identificou e avaliou 90 alavancas de descarbonização agrupadas em 4 sensibilidades

Emissões do setor de transporte (Mton CO₂e % por modo) – Visão poço à roda



Rodoviário
 Ferroviário
 Aquaviário
 Aeroaviário

✓ **Mapamento de ~90 alavancas** específicas e direcionadas à realidade de cada um dos modais de transportes

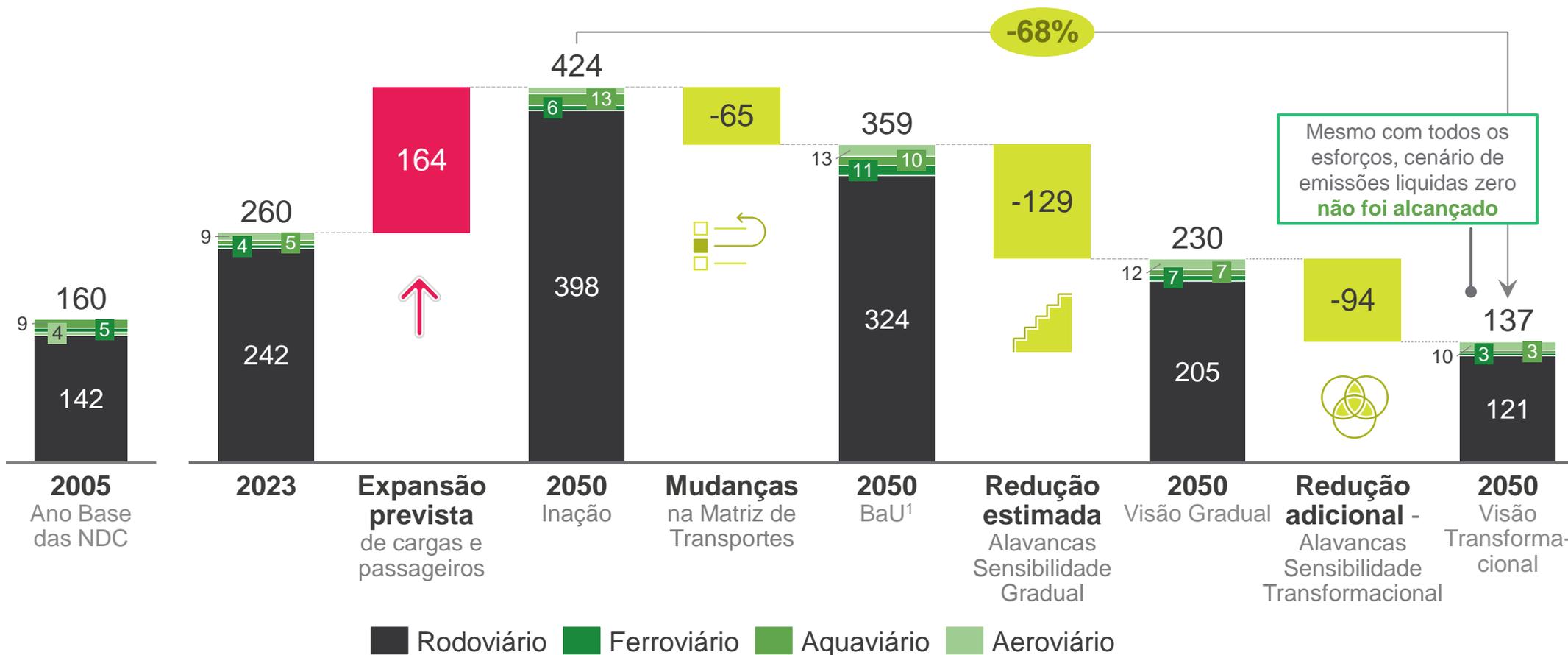
✓ **Proposição de sensibilidades** para alcance de redução de emissões em 2050





Recap | Redução das emissões no setor de transportes pode alcançar ~70% em 2050 vs. inação, a depender dos esforços de descarbonização

Emissões do setor de transporte (Mton CO₂e % por modo) – Visão poço à roda



1. Business as Usual – Incremento do cenário de inação, porém considerando mudança esperada na matriz (i.e. maior participação dos modais ferroviário e aquaviário no transporte de cargas). Fonte: Planos Setoriais de Transporte; Infra S.A; PNL 2035; Anfavea.

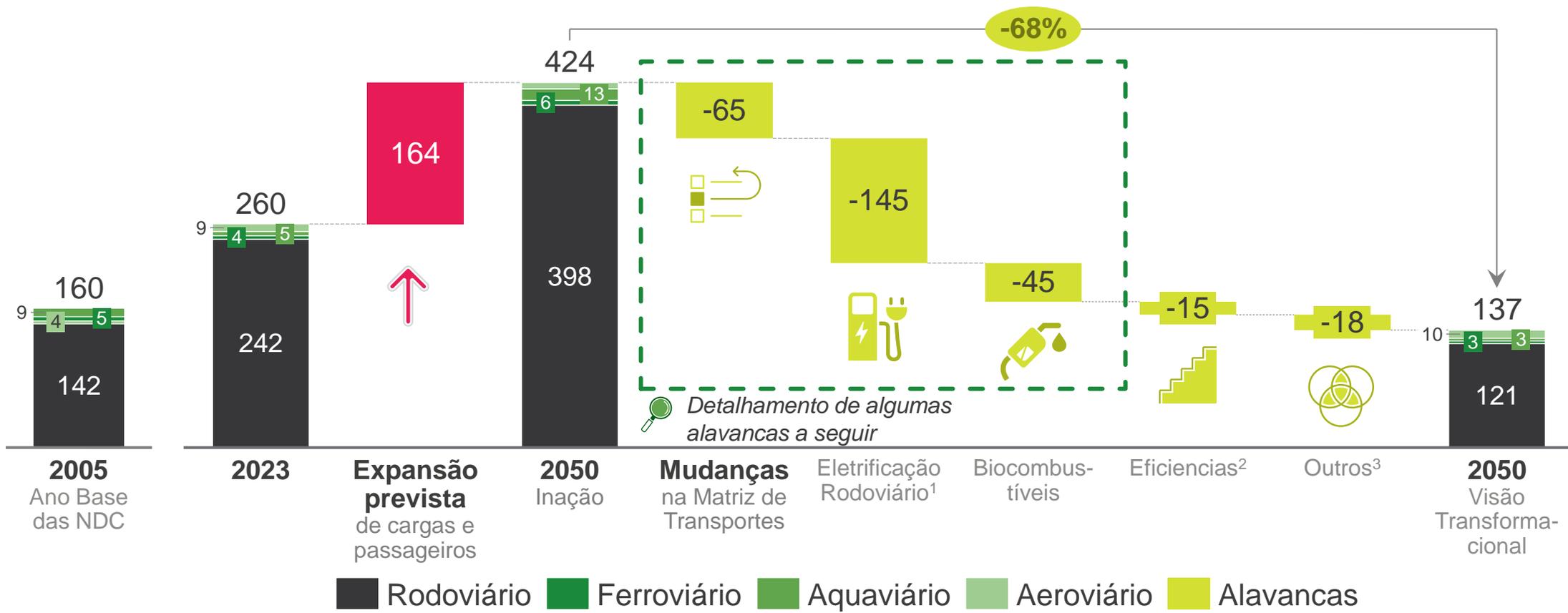
Alavancas críticas

Não há solução definitiva, mas três alavancas eliminam ~60% do CO₂e
Mudança de matriz, eletrificação e Biocombustíveis são alavancas críticas
Alavancas requerem enormes investimentos (R\$ 500 bn+)



Mudança na matriz de transportes, eletrificação e expansão de biocombustíveis são as principais alavancas de descarbonização em 2050

Emissões do setor de transporte (Mton CO₂ e % por alavanca) – Visão poço à roda



1. Eletrificação de veículos rodoviários, leves e pesados; 2. Alavancas que atuam na melhoria da autonomia dos veículos; 3. Redução decorrentes de outros modais além do rodoviário (inc. reduções vindas dos modais ferroviário, aquaviário, aeroviário, etc). Fonte: Planos Setoriais de Transporte; Infra S.A; PNL 2035; Anfeava



Três vetores críticos têm potencial de redução de emissões de ~255M ton CO₂e em 2050

3 importantes vetores de descarbonização



Vetor

Mudança na matriz de transportes **para modos mais eficientes**

Descrição

Expansão do **Ferroviário e Aquaviário**, aumentando a participação na matriz de cargas de **31% do TKU** movimentado em 2023 para **55% em 2050**



Redução de **65M ton CO₂e**

Impacto total
em 2050 vs cenário de inação



Expansão da **eletrificação e uso de Power-to-X**

Expansão da **infraestrutura de recarga/eletropostos públicos** para viabilizar aumento da frota de **veículos (híbridos e elétricos)** em 2050



Redução de **145M ton CO₂e**



Expansão do uso de **biocombustíveis**

Expansão da **capacidade produtiva das biorrefinarias** para atender demanda estimada em 2050 de **Biocombustíveis**



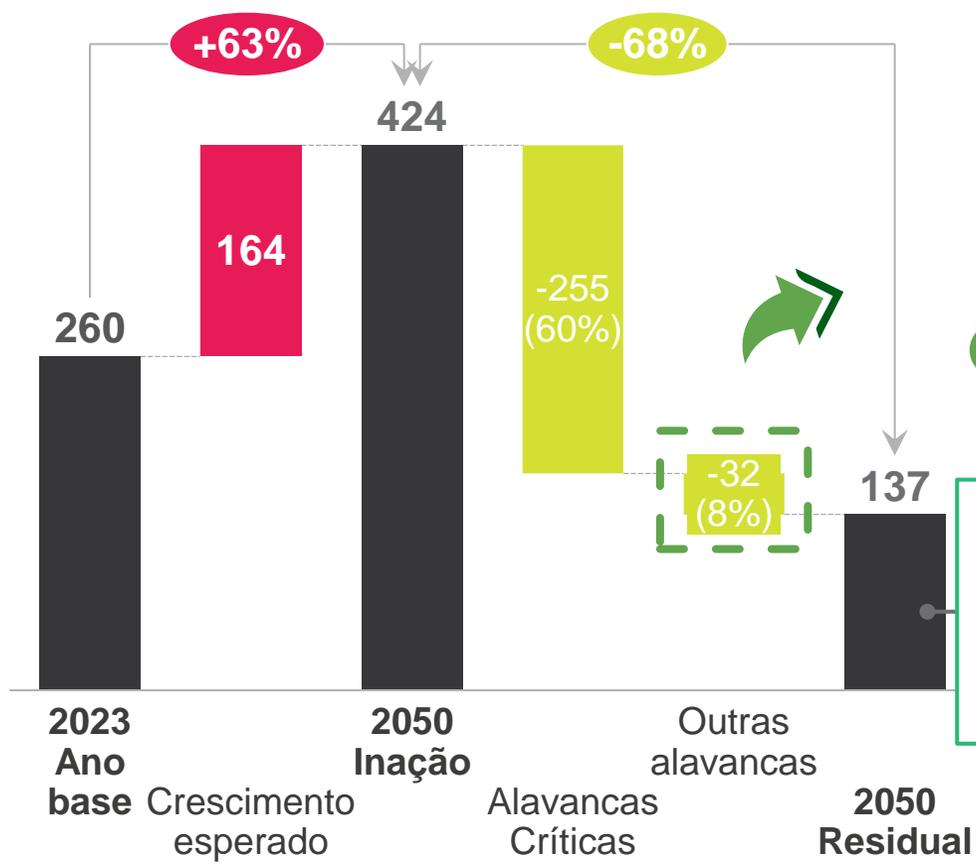
Redução de **45M ton CO₂e**



Adicionalmente, é fundamental que o setor implemente as demais alavancas com potencial de reduzir as emissões em ~10%

Emissões do setor de transporte (Mton CO₂e % por modal) – Visão poço à roda

Alavancas mapeadas e avaliadas por modal ao longo do trabalho



57% Diesel Fóssil, 32% Biocombustíveis¹ e 11% de outros Fósseis (QAV, GNV, Bunker e Amônia)

Rodoviário

15

15 alavancas mapeadas com potencial de reduzir emissões no médio a longo prazo

Biocombustíveis | Alavancas oriundas da Lei do Combustível do futuro já estão em regime e devem gerar reduções esperadas no volume de emissão

Elettrificação e Power to X | Elettrificação deve ganhar espaço rapidamente para leves, com pesados ainda dependendo de avanços tecnológicos

Ferrovário

11

11 medidas de eficiência de combustível e eficiência operacional são prioritárias para a redução de emissões no modo Ferrovário

Biocombustíveis | A substituição de combustíveis tradicionais é chave para a descarbonização do modo Ferrovário

Power to X e Elettrificação | Elettrificação, energia limpa e infraestrutura são alavancas essenciais para descarbonizar operações ferroviárias

Aquaviário

Inclui portos

24

24 inicialmente, a implementação de medidas de ganho de eficiência são prioritárias para a redução de emissões nas embarcações

Biocombustíveis | Biodiesel, GNL e Biometano¹ já tem caso de estudo no modal; seu uso pode ser intensificado, assim como outras soluções

Power to X e uso de baterias | Apesar de ainda imaturas, soluções podem ser alternativa para embarcações no médio/longo prazo

Aeroviário

Inclui aeroportos

19

19 medidas de eficiência de combustível e eficiência operacional são prioritárias para a redução de emissões inicialmente

Biocombustíveis | A substituição de combustíveis tradicionais é chave para a descarbonização dos aeroportos

Power to X e Elettrificação | Elettrificação, energia limpa e infraestrutura são alavancas essenciais para descarbonizar operações aeroportuárias

Mobilidade Urbana

Alavancas

21

21 ações necessárias para implementação da alavanca já aplicadas dentro e fora do Brasil

Ações necessárias para implementação da alavanca já aplicadas dentro e fora do Brasil (1/2)

1. Majoritariamente Biocombustíveis, existe uma parcela de ~6% de eletrificação e hidrogênio incluída neste percentual; Fonte: SEEG para os dados de 2023, levantamento de alavancas via debates da coalizão para 2050



Além dos vetores críticos, existem ainda **outras alavancas importantes** com alta viabilidade de implementação no curto prazo

Exemplos de alavancas com alta viabilidade

Não Exaustivo



Renovação e/ou aprimoramento de **frota dos diferentes modos**

Substituição e/ou melhoria das frotas rodoviária, ferroviária, aquaviária e aeroviária atuais visando ganhos de eficiência energética e operacional



Expansão do **transporte coletivo urbano**

Fortalecimento do transporte coletivo nas cidades, em substituição ao individual motorizado



Melhoria da **infraestrutura rodoviária e ferroviária**

Melhoria da pavimentação rodoviária e infra ferroviária existente para maior eficiência operacional



Beneficiamento da gestão de **atividades portuárias**

Facilitação do acesso a portos, reduzindo o tempo médio de espera por meio de melhorias de processos e uso de ferramentas de gestão



Otimização de **rotas aeroviárias**

Uso de tecnologias que permitam melhorar a gestão e racionalizar as operações aeroviárias



Foram mapeadas ~90 alavancas entre os diferentes modos de transporte, diversas delas com **alta viabilidade de impacto já no curto prazo**

As emissões residuais

50%

Mesmo **reduzindo em ~50%** as emissões versus 2023¹ ...

137

... Restam 137 Mton CO₂e **para compensar** em 2050



Isto se deve ao **papel viabilizador** do setor de **transporte** no **crescimento econômico** do Brasil

Existem maneiras de **fechar esta lacuna**



Adoção agressiva de alavancas existentes



Pioneirismo em novas tecnologias



Ferramentas de compensação



O valor residual é relevante

Assim, é vital que o setor continue ativo em buscar novas soluções para fechar a lacuna até net zero, minimizando a necessidade de compensação

A descarbonização do setor de transportes pode trazer diversos impactos sociais positivos

Não exaustivo



Geração de novos empregos verdes e renda nas cadeias de valor, em particular biocombustíveis



Desenvolvimento regional e melhoria dos transportes em regiões menos desenvolvidas ampliando o acesso



Melhorias em mobilidade urbana que propicie otimização de deslocamentos e melhor qualidade de vida



Modernização da infraestrutura logística aumentando a qualidade e disponibilidade de modos mais limpos



Brasil como potencial fornecedor global de soluções inovadoras, atraindo investimentos



Desafios devem ser superados para que benefícios da descarbonização se materializem



Necessidade de **capacitação profissional** para milhões de trabalhadores, fomentando a igualdade



Possíveis custos elevados de alternativas mais limpas pode dificultar o acesso igualitário a bens e serviços



Dificuldade de garantir **amplo acesso à infraestrutura de soluções mais limpas** em um país de dimensão continental



Acesso a financiamentos e investimentos para viabilizar a implementação de novas tecnologias



Exemplos recentes em temas selecionados ilustram como habilitadores contribuem para viabilizar alavancas de descarbonização

Não Exaustivo – Exemplos Locais



Evolução Regulatória

Novo marco legal das Ferrovias¹ | Mecanismo de fomento de investimentos via redução regulatória (e.g., incentivo à autorregulação) e viabilização de modelo de outorga mais atrativo para players privados (autorizações), com objetivo de expandir a capacidade do modo ferroviário



Implementação de Incentivos Financeiros

Refrota | Iniciativa do governo federal para apoiar a modernização do transporte coletivo e da eletromobilidade por meio de um programa de financiamento para aquisição de 2.296 ônibus elétricos



Ambiente Propício para Inovação Tecnológica

INPH | Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias é voltado para o desenvolvimento de projetos para a modernização de hidrovias e a promoção de práticas sustentáveis, como soluções de otimização do consumo de combustível



Colaboração & Parcerias

Conexão SAF – ANAC | Parceria entre entidades dos setores público e privado para identificação de desafios e viabilização da produção e do uso de SAF no Brasil



Capacitação & Treinamento

Complexo do Pecém | Capacitação foi lançada com o objetivo de preparar profissionais para atuarem em soluções relacionadas à cadeia de Hidrogênio de Baixo Carbono, focada em PD&I²

Exemplos ilustrativos foram selecionados acima, contudo foram mapeados habilitadores específicos para cada modo

Brasil do futuro



Ambicionamos um crescimento sustentável para o setor de transporte brasileiro

Impacto almejado em 2050



~290 Mton de redução nas emissões de CO₂e em 2050 versus cenário de inação

~110% das emissões atuais¹ do setor de transportes

Brasil Atual¹ ...



~2,4 Trilhões de TKU transportados, representando **58%** das emissões totais



~30% da matriz de cargas em modos de menor emissão relativa (i.e. g CO₂e/TKU)



~25% da população se desloca via ônibus e **+60%** do sistema de trilhos é **concentrado** em RJ e SP



+30 B L de biocombustíveis consumidos⁴, representando **23%⁵** da matriz energética



<1% da frota⁶ de veículos leves é eletrificada⁷ em 2023 (BEV e PHEV)



Rotas de H₂ apenas em pilotos testando **soluções de Power-to-X (PtX)** e outras alternativas

... Brasil Futuro²



~4,2 Trilhões de TKU transportados, **crescimento de 2,2% a.a** (+79% vs '23)



~55% da matriz de cargas em modos de menor emissão relativa (**ferroviário e aquaviário**)



~R\$53 B de investimentos em **mobilidade urbana sustentável** no Brasil a partir de 2023³



~55 B L de biocombustíveis consumidos, **+25 B L** de demanda vs '23 de SAF, Diesel Verde e outros



+50% da frota de veículos leves **eletrificada⁷** e **~300 mil** ônibus elétricos em circulação



15% das embarcações usando **combustíveis sintéticos (PtX)** (aplicações também em outros modos)



Considerações

Resumo

Abordagem

Detalhamentos por modal

Rodoviário

Ferroviário

Aquaviário

Aeroviário

Mobilidade Urbana

Apêndice





Definição dos caminhos potenciais para a redução de emissões nos diferente modais foi estruturada em 4 passos

Discutidos no Workshop de Infraestrutura e Transversalidade

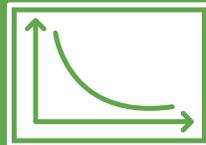
Discutidos nos Workshops de cada modal

1



Definição de um BaU¹ de emissões, sem mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

2



Definição de um BaU¹ de emissões, com mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

3



Mapeamento das alavancas para redução de emissões aplicáveis ao modo

4



Proposição de possíveis sensibilidades com base nas alavancas mapeadas



Definição dos caminhos potenciais para a redução de emissões nos diferente modais foi estruturada em 4 passos

— Discussões no Workshop de Infraestrutura e Transversalidade —

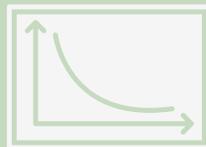
— Discussões nos Workshops de cada modal —

1



Definição de um BaU¹ de emissões, sem mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

2



Definição de um BaU¹ de emissões, com mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

3



Mapeamento das alavancas para redução de emissões aplicáveis ao modo

4



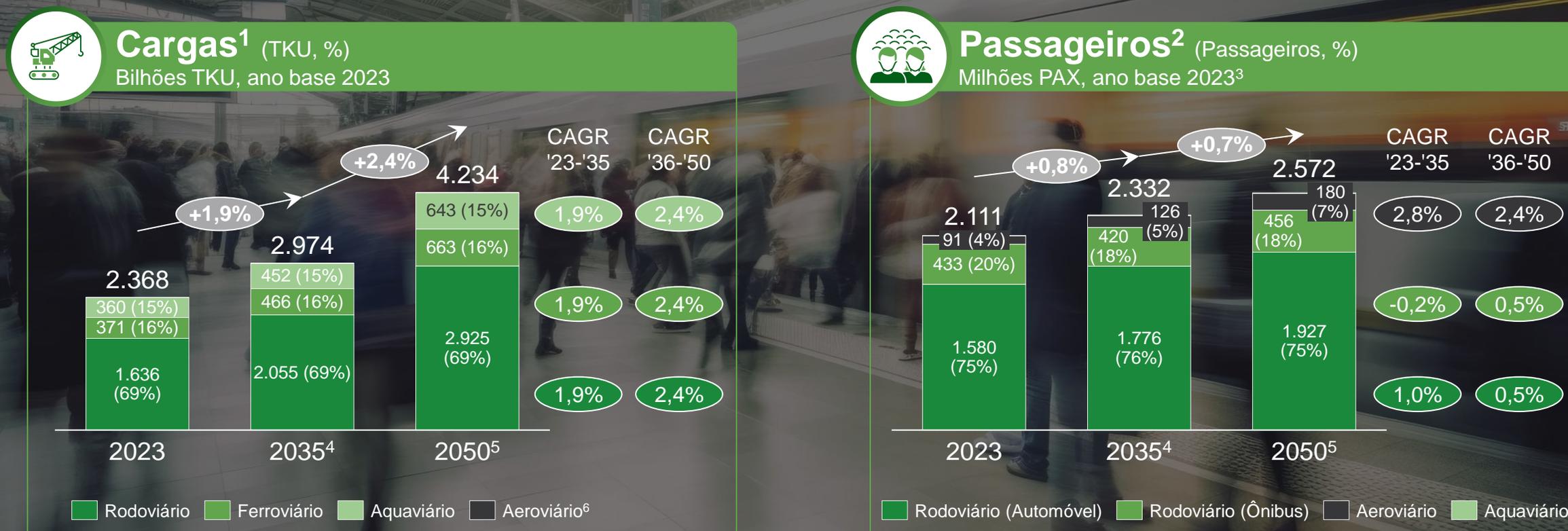
Proposição de possíveis sensibilidades com base nas alavancas mapeadas

1. BaU = *Business-as-usual*



2050 | Manutenção da preponderância rodoviária pode alcançar 3 Tri de TKU e 2 Bi de passageiros em 2050

Evolução da matriz para 2050 projetada a partir dos Planos Setoriais de Transportes e PNL 2035



1. Planos Setorial de Transporte Rodoviário (PSTR); Plano Setorial de Transporte Ferroviário (PSTF); 2. PNL 2035 – Plano Nacional de Logística; 3. Ano Base 2017 do PNL projetado ao respectivos CAGRs do Cenário Referencial. 4. Valores de TKU 2035 são referentes ao cenário PSR1 do PSTR e de PAX são oriundos do cenário referencial da matriz de passageiros do PNL 2035. 5. TKU projetado a PIB com share do cenário PSR3 do PSTR e PAX projetado a crescimento população sem mudança de share. 6. Modal aeroaviário não é relevante em cargas, por isso não aparece no gráfico da esquerda; Nota: Passageiros informados no PNL contempla somente fluxos intermunicipais e interestaduais, não considera passageiros dentro dos centros urbanos. Fontes: Infra S.A; Ministério dos Transportes; Ministério da Infraestrutura;



Definição dos caminhos potenciais para a redução de emissões nos diferente modais foi estruturada em 4 passos

Discutidos no Workshop de Infraestrutura e Transversalidade

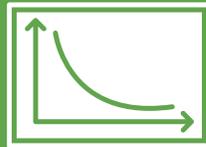
Discutidos nos Workshops de cada modal

1



Definição de um BaU¹ de emissões, **sem** mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

2



Definição de um BaU¹ de emissões, **com** mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

3



Mapeamento das alavancas para redução de emissões aplicáveis ao modo

4

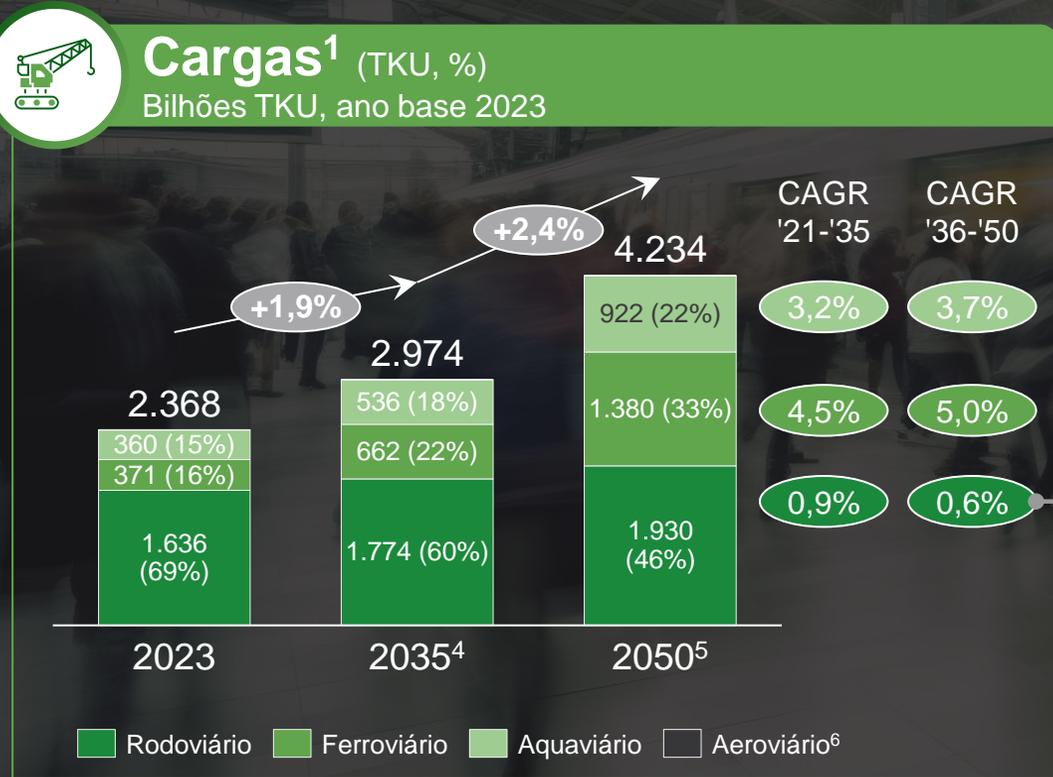


Proposição de possíveis sensibilidades com base nas alavancas mapeadas



2050 | Balanceando a matriz, Ferroviário e Aquaviário aumentam participação enquanto todos modais crescem em TKU

Evolução da matriz para 2050 projetada a partir dos Planos Setoriais de Transportes e PNL 2035



Observações importantes

Mesmo com o desenvolvimento de outros modais, o **transporte rodoviário** projeta um **crescimento da demanda de cargas +18% até 2050** (i.e. ~300 B de TKU adicionais)

CAGR de 0,6% a.a. reflete o **crescimento** da demanda de TKU nos 1,7 bilhões de km existentes da malha rodoviário brasileira

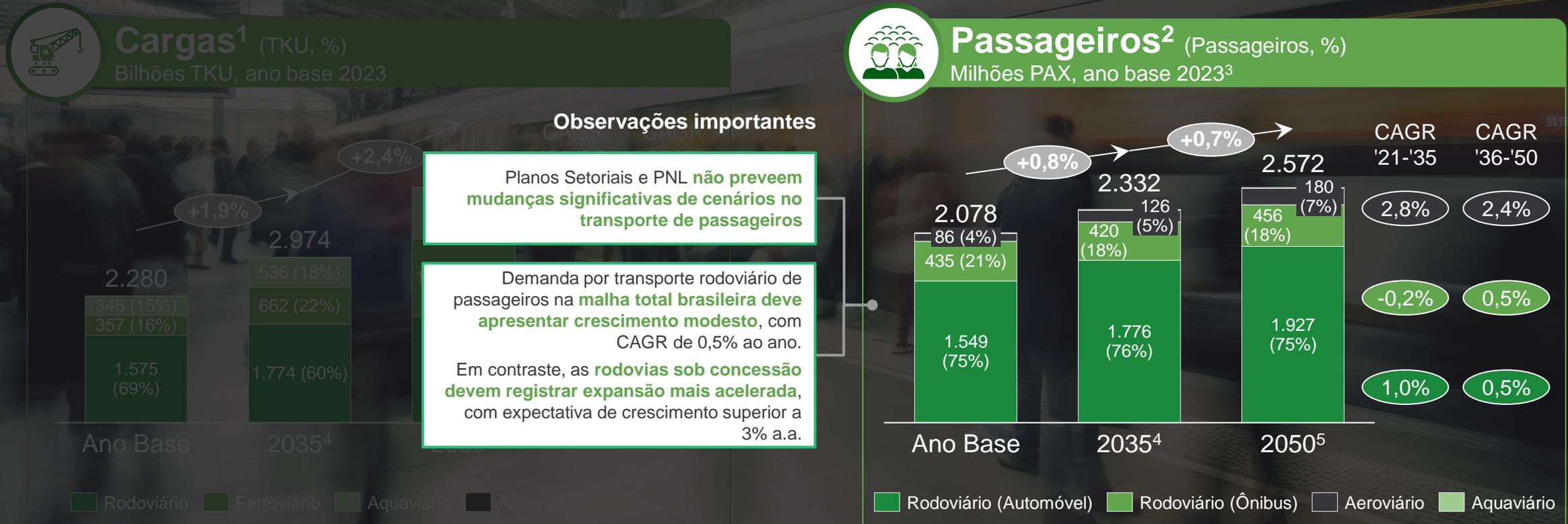
Porém, é esperado que o **crescimento para o setor de concessões** – atualmente, cerca de 30 mil km concedidos – **siga acima, em torno de 3-4% a.a.**

1. Planos Setorial de Transporte Rodoviário (PSTR); Plano Setorial de Transporte Ferroviário (PSTF); 2. PNL 2035 – Plano Nacional de Logística; 3. Ano Base 2017 do PNL projetado ao respectivos CAGRs do Cenário Referencial. 4. Valores de TKU 2035 são referentes ao cenário PSR1 do PSTR e de PAX são oriundos do cenário referencial da matriz de passageiros do PNL 2035. 5. TKU projetado a PIB com share do cenário PSR3 do PSTR e PAX projetado a crescimento população sem mudança de share. 6. Modal aeroviário não é relevante em cargas, por isso não aparece no gráfico da esquerda; Nota: Passageiros informados no PNL contempla somente fluxos intermunicipais e interestaduais, não considera passageiros dentro dos centros urbanos. Fontes: Infra S.A; Ministério dos Transportes; Ministério da Infraestrutura;



2050 | Sem mudanças na matriz de passageiros, Planos Setoriais apontam continuidade do Rodoviário

Evolução da matriz para 2050 projetada a partir dos Planos Setoriais de Transportes e PNL 2035

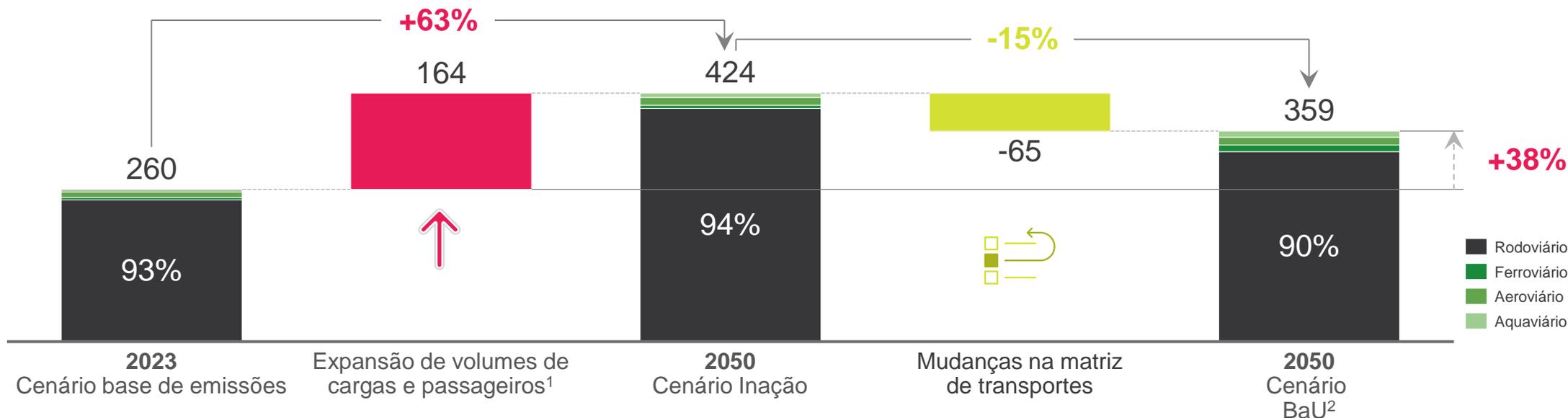


1. Planos Setorial de Transporte Rodoviário (PSTR); Plano Setorial de Transporte Ferrovário (PSTF); 2. PNL 2035 – Plano Nacional de Logística; 3. Ano Base 2017 do PNL projetado ao respectivos CAGRs do Cenário Referencial. 4. Valores de TKU 2035 são referentes ao cenário PSR1 do PSTR e de PAX são oriundos do cenário referencial da matriz de passageiros do PNL 2035. 5. TKU projetado a PIB com share do cenário PSR3 do PSTR e PAX projetado a crescimento população sem mudança de share. 6. Modal aeroviário não é relevante em cargas, por isso não aparece no gráfico da esquerda; Nota: Passageiros informados no PNL contempla somente fluxos intermunicipais e interestaduais, não considera passageiros dentro dos centros urbanos. Fontes: Infra S.A; Ministério dos Transportes; Ministério da Infraestrutura;



Balanceamento na matriz de transportes poderá ser capaz de evitar aumento ~15% no volume esperado de emissões até 2050

Emissões do setor de transporte (Mton CO₂ e % por modal) – Visão poço a roda



TKU (%)

Rodoviário	69%	=	69%	⬇️	46%
Ferroviário	16%	=	16%	⬆️	33%
Aquaviário	15%	=	15%	⬆️	22%
Aeroviário ³	0%	=	0%	=	0%

1. Aumento de emissões devido crescimento esperado da demanda de TKU e passageiros até 2050; 2. Business-as-usual; 3. Modal aeroviário não é relevante em cargas, por isso não aparece no gráfico da esquerda. Fonte: Infra S.A; Ministério dos Transportes; Ministério da Infraestrutura; Análises da Coalizão do Transportes



Próximo capítulo focará no detalhamento das alavancas e sensibilidades para cada modo de transporte

Discutidos no Workshop de Infraestrutura e Transversalidade

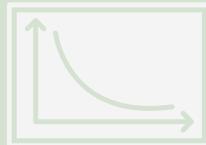
Discutidos nos Workshops de cada modal

1



Definição de um BaU¹ de emissões, sem mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

2



Definição de um BaU¹ de emissões, com mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

3



Mapeamento das alavancas para redução de emissões aplicáveis ao modo

4



Proposição de possíveis sensibilidades com base nas alavancas mapeadas

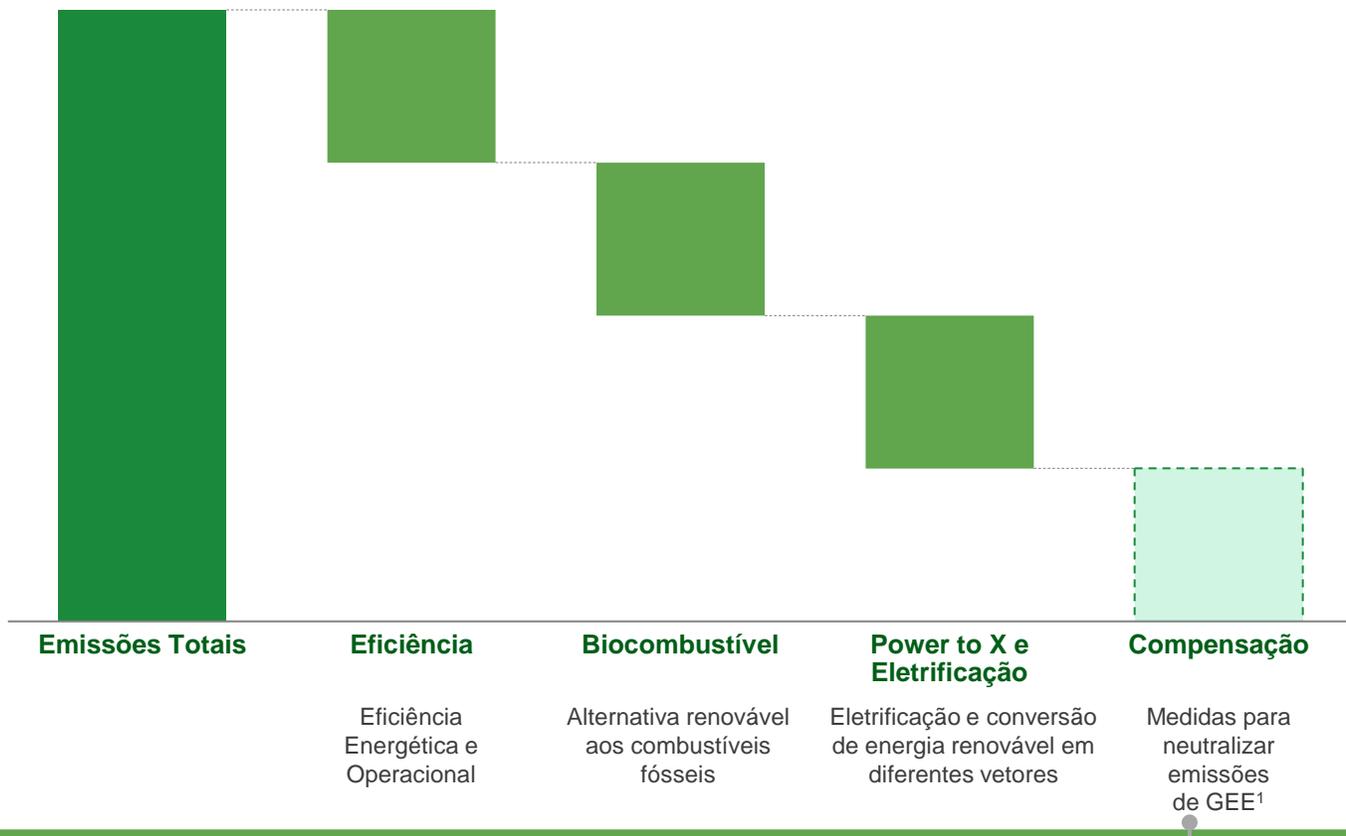


Ilustrativo



Alavancas para redução de emissões no setor de transportes

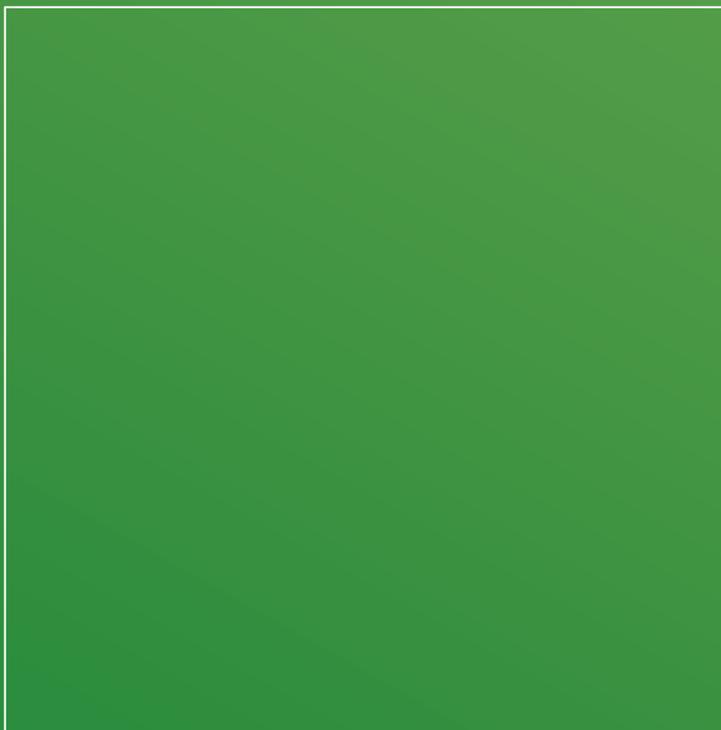
Alavancas típicas para redução de emissões em cada modo foram tratadas em três blocos principais



Este trabalho não tem como objetivo definir a quem deve ser atribuída a responsabilidade pela compensação



1. GEE = Gases de Efeito Estufa



Considerações

Resumo

Abordagem

Detalhamentos por modal

Rodoviário

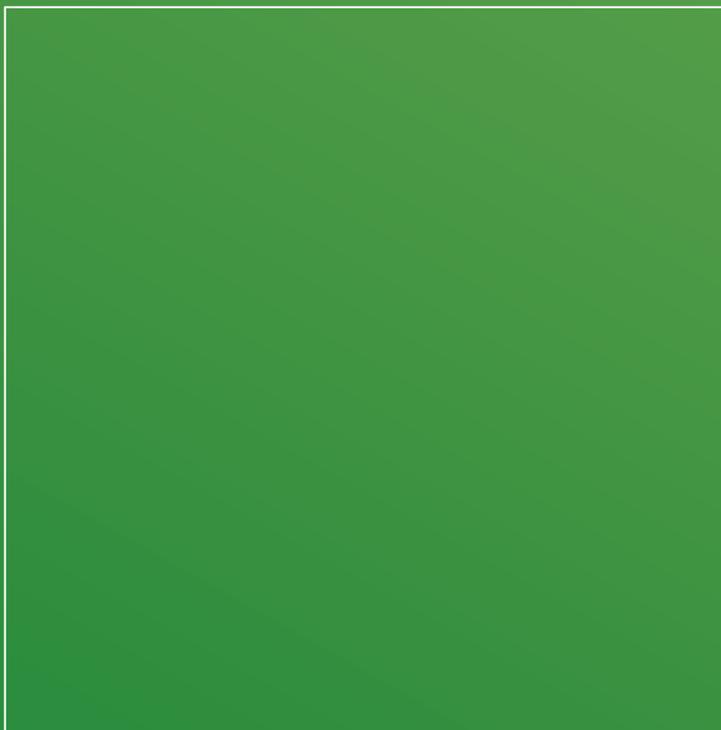
Ferrovário

Aquaviário

Aeroviário

Mobilidade Urbana

Apêndice



Considerações

Resumo

Abordagem

Detalhamentos por modal

Rodoviário

Ferrovário

Aquaviário

Aeroviário

Mobilidade Urbana

Apêndice



Definição dos caminhos potenciais para a redução de emissões no modal Rodoviário foi estruturada em 4 passos

Discutidos no Workshop de Infraestrutura e Transversalidade

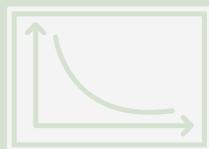
Discutidos no Workshop do modal Rodoviário

1



Definição de um BaU¹ de emissões, sem mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

2



Definição de um BaU¹ de emissões, com mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

3



Mapeamento das alavancas para redução de emissões aplicáveis ao modo

4



Proposição de possíveis sensibilidades com base nas alavancas mapeadas



Eficiência | 7 alavancas mapeadas com potencial de reduzir emissões no médio a longo prazo

	Alavancas	Análise de Viabilidade ¹	Referências
Eficiência Operacional	1 Otimização do comportamento do condutor – Ações de curto prazo (e.g. Maior uso da telemetria nas frotas para orientação/treinamento dos condutores) e longo prazo (e.g. Educação contínua)	<i>Tecnologias existentes capazes de gerar impacto no curto prazo, envolve mudança de comportamento e exige menor investimento relativo a demais alavancas</i>	Viação Cometa Utilização de tecnologia de telemetria e monitoramento auxiliando em orientações como aceleração, tempo com veículo parado ligado, rotação fora da faixa ideal, etc.. que podem contribuir para redução de emissões
	2 Tecnologias de fluidez no tráfego – Reduzir momentos de parada nas rodovias para então reduzir tempo médio das viagens e volume de emissões de CO2 (Free flow, HS-WIM)	<i>Tecnologias existentes, porém demandam investimento para ampliação do uso nas rodovias do país</i>	Motiva Operação do primeiro sistema Free-Flow (i.e cobrança sem a necessidade de praça de pedágio) ECORODOVIAS Operação do primeiro sistema HS-WIM (i.e. pesagem de caminhões em movimento) na BR-365/MG
	3 Otimização inteligente de rotas e frotas – Usar tecnologias como IoT, Big Data, e Inteligência Artificial para melhorar roteirização do transporte de cargas e reduzir emissões	<i>Tecnologias existentes, capaz de gerar benefícios no curto prazo com investimento relativamente baixo</i>	JSL Uso de plataforma interna que auxilia na otimização de rotas e na redução de viagens com cargas vazias, aumentando produtividade e reduzindo emissões de gases de efeito estufa
	4 Conformidade de veículos – Garantir conformidade de emissões - reduzir veículos circulantes com fator de emissão não adequado às normas estabelecidas	<i>Capaz de gerar benefícios imediatos com baixo investimento.</i>	Esforços governamentais (e.g. Proconve ² , PCPV ³ , etc.) e das empresas transportadoras para garantir conformidade e maior fiscalização da frota circulante
	5 Melhoria da pavimentação das rodovias – Ampliação da malha concedida via novos leilões e aumento de investimentos na malha sob gestão pública	<i>Capaz de gerar impacto imediato, porém depende de nível importante de investimento para melhorar e manter qualidade da pavimentação das rodovias</i>	CNT Estudo de impacto da qualidade do pavimento no consumo de combustível/emissões (i.e. Pesquisa CNT de Rodovias 2024 – diferença de qualidade de pavimento para malha concedida e sob gestão)
	6 Eficiência energética dos pneus – Aumentar penetração de pneus com maior eficiência energética, resultando em menor consumo de combustível	<i>Capaz de gerar impacto imediato, porém depende do preço dos pneus para sua ampla utilização por transportadores</i>	Michelin Buscando desenvolver pneus de maior eficiência energética que reduzam emissões e através do PBE⁴ ofereçam visão geral da qualidade e desempenho ambiental do produto aos consumidores
Eficiência de Combustível	7 Modernização e renovação acelerada da frota atual – Substituição de veículos antigos por veículos novos com tecnologias de consumo de combustível e emissões de CO2/L mais eficientes	<i>Capaz de gerar impacto no médio/longo prazo, porém depende do avanço tecnológico dos veículos e de mecanismos/incentivos para aumentar velocidade de renovação</i>	Grupo Rodonaves, JCA, Mahnic Entre 2023 e 2024, diversos players anunciaram a aquisição de veículos pesados com tecnologia Euro 6 , destacando compromisso com a eficiência e sustentabilidade ambiental.

1. Qualitativa, com base em fatores como Facilidade de Implementação, Impacto Esperado em Eficiência e Tempo para Implantação, bem como de inputs do Momento de Escuta com o grupo; 2. Plano de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores; 3. Plano de Controle de Poluição Veicular; 4. Programa Brasileiro de Etiquetagem de pneus

Escala de viabilidade



Biocombustíveis | Lei do Combustível do futuro já está em regime e devem gerar reduções esperadas no volume de emissão



Alavancas	Análise de Viabilidade ¹	Referências
<p>1 Biodiesel – Aumentar mistura do biodiesel ao diesel fóssil – Atualmente é misturado 14%, mistura deve atingir 20% em 2030 e 25% a partir de 2031</p>	<p><i>Exige ajustes na cadeia produtiva e garantia da qualidade do produto, além de análises de viabilidade técnica e econômica</i></p>	<p>Diversos institutos de pesquisa (e.g. AEA, CNT, UFRJ, UnB, Unicamp, etc.) estão promovendo estudos para avaliar viabilidade técnica, mecânica e operacional do Biodiesel no diesel em percentuais superiores a 15%</p>
<p>2 Diesel Verde – Viabilizar alternativa de combustível verde, como HVO mas também outras fontes – Viabilidade e potencial sendo estudado pelo CNPE</p>	<p><i>Requer investimento para superar desafios técnicos – ainda em fase inicial de testes</i></p>	<p>Scania, Volvo Desenvolvimento de motores para veículos pesados projetados para operar com combustíveis alternativos, incluindo o diesel verde</p>
<p>3 Biometano – Aumentar mistura de biometano no gás veicular – meta de 1% entrará em vigor em 2026 podendo chegar até 10%</p>	<p><i>Exige ajustes na infraestrutura para produção/distribuição do biometano</i></p>	<p>IVECO O Stralis Natural Power é o primeiro caminhão a gás para longas distâncias, equipado com um motor de 460 Cv e com autonomia de até 1500 km</p>
<p>4 Etanol – Aumentar mistura do etanol anidro na gasolina A – Atualmente é misturado de 22% a 27%, mistura pode atingir 35%</p>	<p><i>Infraestrutura exigente e adaptação mínima para misturas até 35%</i></p>	<p>FedEx Soluções de logística sustentável, incluindo o uso de biocombustíveis, como parte das estratégias para minimizar o impacto ambiental das operações</p>
<p>5 Preferência na Bomba – Incentivar abastecimento a Etanol – Atualmente 80% da frota é flex, porém preferência por etanol na bomba é menor que 30%</p>	<p><i>Depende de incentivos econômicos</i></p>	<p>UNICA³ Em 2024, lançou uma campanha para esclarecer os benefícios ambientais e econômicos de utilizar o etanol</p>
<p>⚠ Intensificação do uso de biocombustíveis deve ser incentivada desde que: seja constatada viabilidade técnica, mecânica, operacional e laboratorial do referido insumo energético, bem como respeitada a diversidade de matrizes e especificidades regionais</p>		

1. Qualitativa, com base em fatores como Facilidade de Implementação, Impacto Esperado em Eficiência e Tempo para Implantação, bem como de inputs do Momento de Escuta com o grupo; 3. União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia; Nota: a utilização de biodiesel misturado no diesel exige ajustes na cadeia produtiva e garantia da qualidade do produto, além de análises de viabilidade técnica e econômica



Eletrificação e Power to X | Eletrificação deve ganhar espaço para leves, com pesados ainda dependendo de avanços tecnológicos



Alavancas	Análise de Viabilidade ¹	Referências
<p>1 Híbridos – Aumentar eletrificação – reduzir dependência de combustível fóssil através de veículos híbridos (e.g. PHEV, HEV, MHEV)</p> 	<p><i>Tecnologia já é consolidada e amplamente comercializada para leves (ainda em desenvolvimento para pesados)</i></p> 	<p>Scania, Volvo Soluções híbridas com baterias e motores a combustão consolidadas para frotas leves e em testes para pesadas (ex. Scania e Volvo tem testado caminhões híbridos com comutação automática entre modos)</p>
<p>2 100 elétricos (BEV) – Expandir participação de veículos 100% elétricos na frota – fonte de energia limpa para recarga é elemento crítico</p> 	<p><i>Exige ampliação da infraestrutura de carregamento</i></p> 	<p>UPS, Tesla, Nissan, BMW, Shell, BP Diferentes players tem investido desde o desenvolvimento de veículos elétricos, comercialização e infraestrutura de carregamento para expandir a eletrificação</p>
<p>3 Elétrico com célula de combustível (Hidrogênio) – Aumentar solução alternativa de veículos movidos a H2 por meio da eletrólise – levando à produção de energia com menor emissão de CO2;</p> 	<p><i>Exige desenvolvimento tecnológico e de infraestrutura de produção/distribuição do hidrogênio verde</i></p> 	<p>Scania, Hyundai Projetos-piloto de ônibus e caminhões movidos à células de combustível de hidrogênio estão sendo aprimorados para operações interurbanas livres de emissões</p>

1. Qualitativa, com base em fatores como Facilidade de Implementação, Impacto Esperado em Eficiência e Tempo para Implantação, bem como de inputs do Momento de Escuta com o grupo;



Definição dos caminhos potenciais para a redução de emissões no modal Rodoviário foi estruturada em 4 passos

Discutidos no Workshop de Infraestrutura e Interseccionalidade

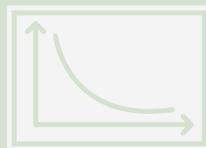
Discutidos no Workshop do modal Rodoviário

1



Definição de um BaU¹ de emissões, sem mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

2



Definição de um BaU¹ de emissões, com mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

3



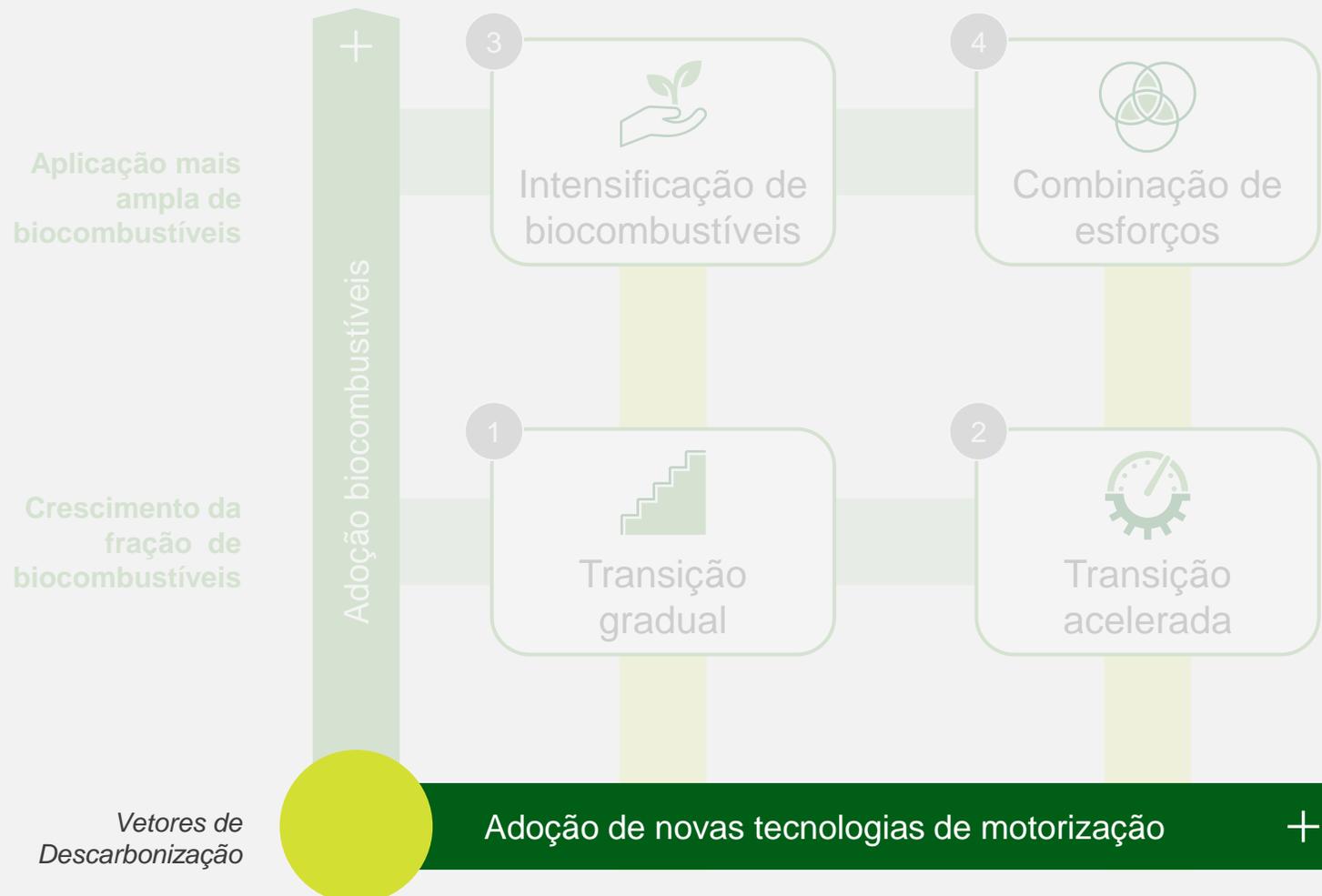
Mapeamento das alavancas para redução de emissões aplicáveis ao modo

4



Proposição de possíveis sensibilidades com base nas alavancas mapeadas

Alavancas consideradas para a proposição de sensibilidades rumo ao Emissões Líquidas Zero no modo de transporte Rodoviário



Avanço de híbridos e gradual evolução de **plug-ins em veículos Leves**; **adoção progressiva em Pesados** via aplicações urbanas e circuitos fechados

Aceleração da adoção de novas tecnologias de motorização em Leves e Pesados, apoiados por maior oferta, incentivos e infraestrutura

Alavancas de eficiência consideradas em todas as sensibilidades



Eletrificação da frota na descarbonização caracterizados em dois cenários: avanços graduais e transição acelerada

Nível de adoção

Gradual

Transição acelerada

Cenários

Crescimento gradual da adoção de novas tecnologias de motorização

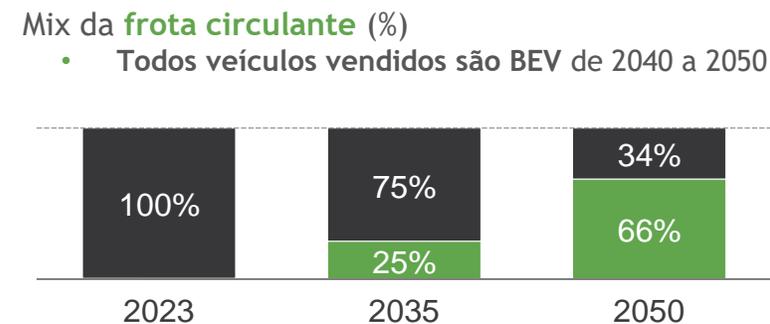
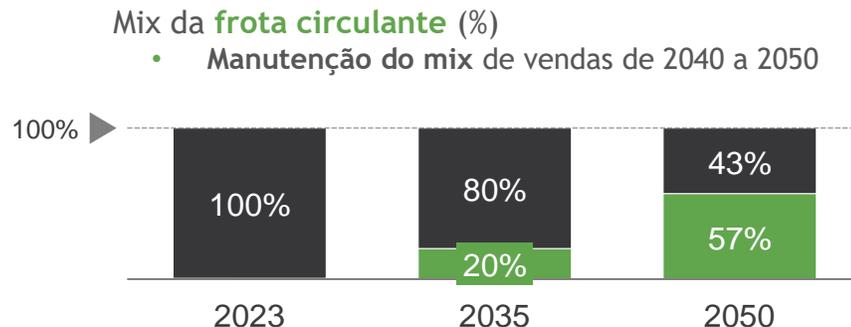
- Manutenção do mix de vendas de 2040 a 2050

Rápida convergência em direção a eletrificação da frota, com BEVs assumindo dominância nas vendas

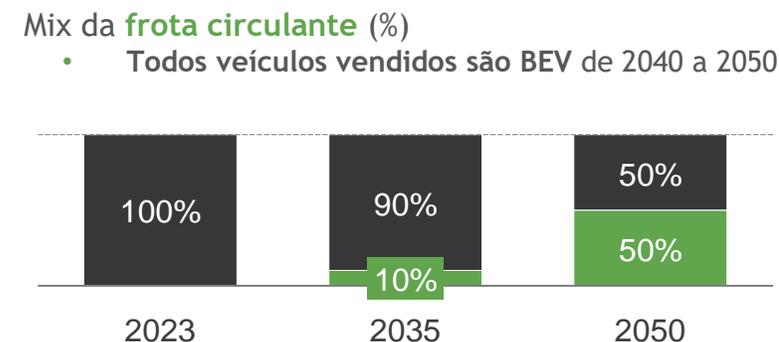
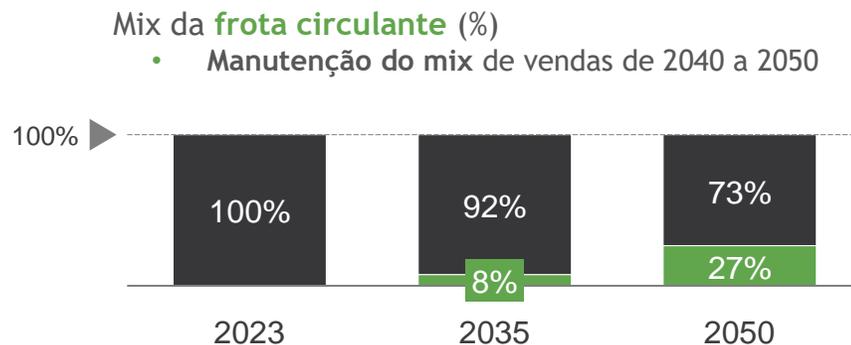
- Todos veículos vendidos são BEV de 2040 a 2050



Veículos Leves



Veículos Pesados



Nota: Crescimento da frota circulante de veículos leves CAGR ('24-'40): -2,5% a.a. e CAGR ('40-'50): -1,0% a.a. - Veículos pesados; CAGR ('23-'40): -1,8% a.a. e CAGR ('40-'50): -0,8% a.a. Fontes: Avançando nos caminhos de descarbonização automotiva no Brasil - Anfavea; Caderno de Demanda de Energia dos Veículos Leves - EPE; Planos Setoriais e PNL; Análises Coalizão dos Transportes

■ ICE ■ NEVs



Alavancas consideradas para a proposição de sensibilidades rumo ao Emissões Líquidas Zero no modo de transporte Rodoviário

Aplicação mais ampla de biocombustíveis

Crescimento da fração de biocombustíveis

Vetores de Descarbonização

+

Adoção biocombustíveis

3



Intensificação de biocombustíveis

4



Combinação de esforços

1



Transição gradual

2



Transição acelerada

Adoção de novas tecnologias de motorização

+

Avanço de híbridos e gradual evolução de plug-ins em veículos Leves; adoção progressiva em Pesados via aplicações urbanas e circuitos fechados

Aceleração da adoção de novas tecnologias de motorização em Leves e Pesados, apoiados por maior oferta, incentivos e infraestrutura

Alavancas de eficiência consideradas em todas as sensibilidades



Papel dos biocombustíveis na descarbonização caracterizados em dois cenários: avanços graduais e intensificação

Nível de adoção

Gradual

Intensificação de biocombustíveis

Cenários

Crescimento da fração de biocombustíveis nos combustíveis atuais

Desenvolvimento de novas tecnologias viabilizando aplicação mais ampla de biocombustíveis

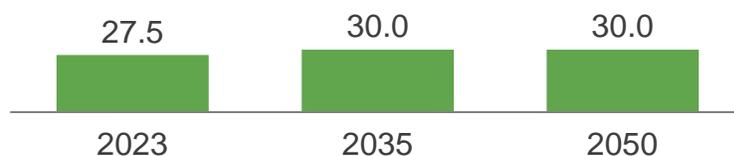


Veículos Leves

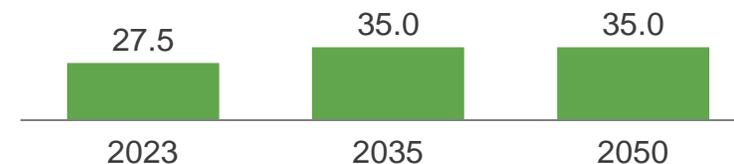
Preferência por etanol na bomba¹ (%)

❖ Retomada para nível de 35% (vs. 26% em 2023)

% de etanol na mistura com Gasolina

Preferência por etanol na bomba¹ (%)❖ Assume que veículos flex abastem sempre a Etanol

% de etanol na mistura com Gasolina



Veículos Pesados

% de biocombustíveis na mistura com Diesel



% de biocombustíveis na mistura com Diesel



% de biometano na mistura de gás veicular



% de biometano na mistura de gás veicular

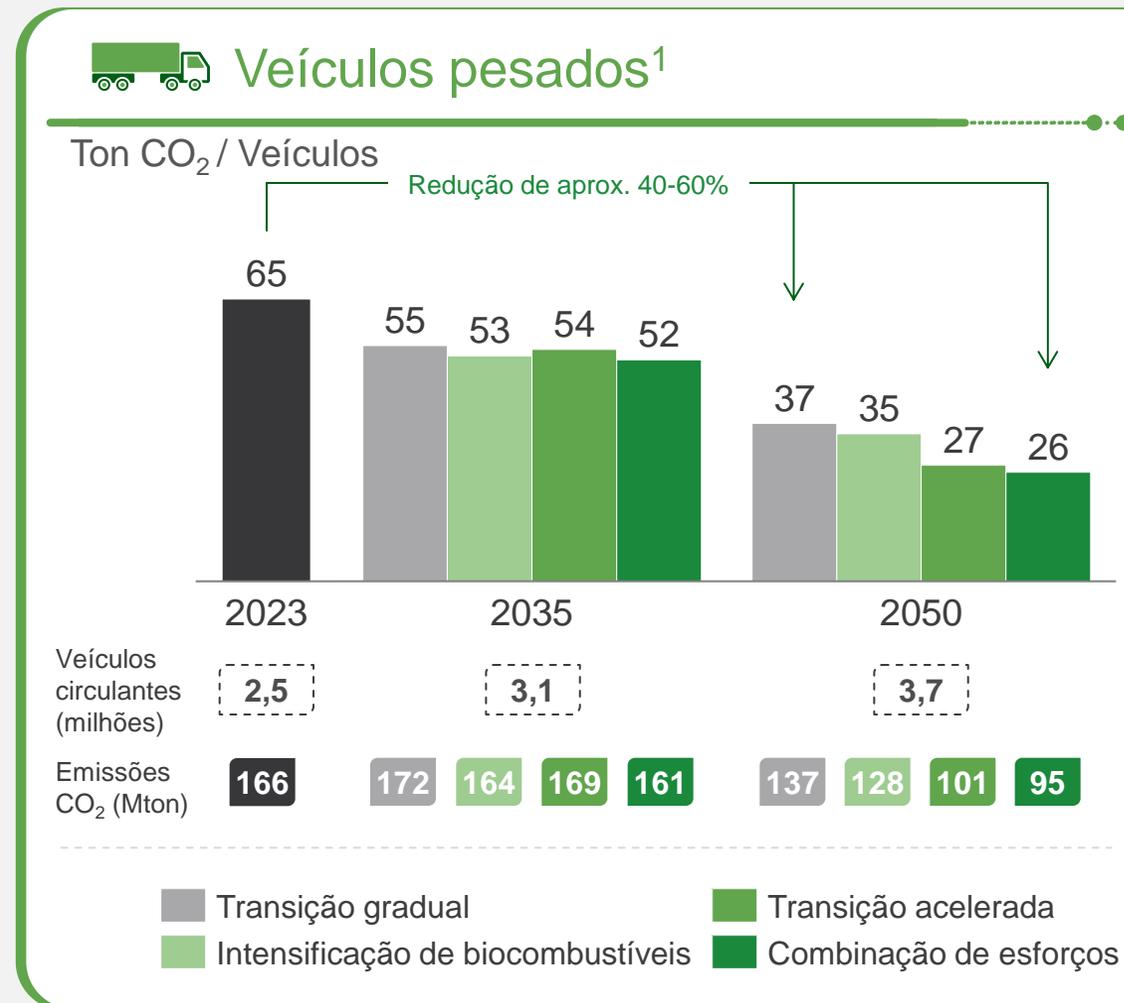
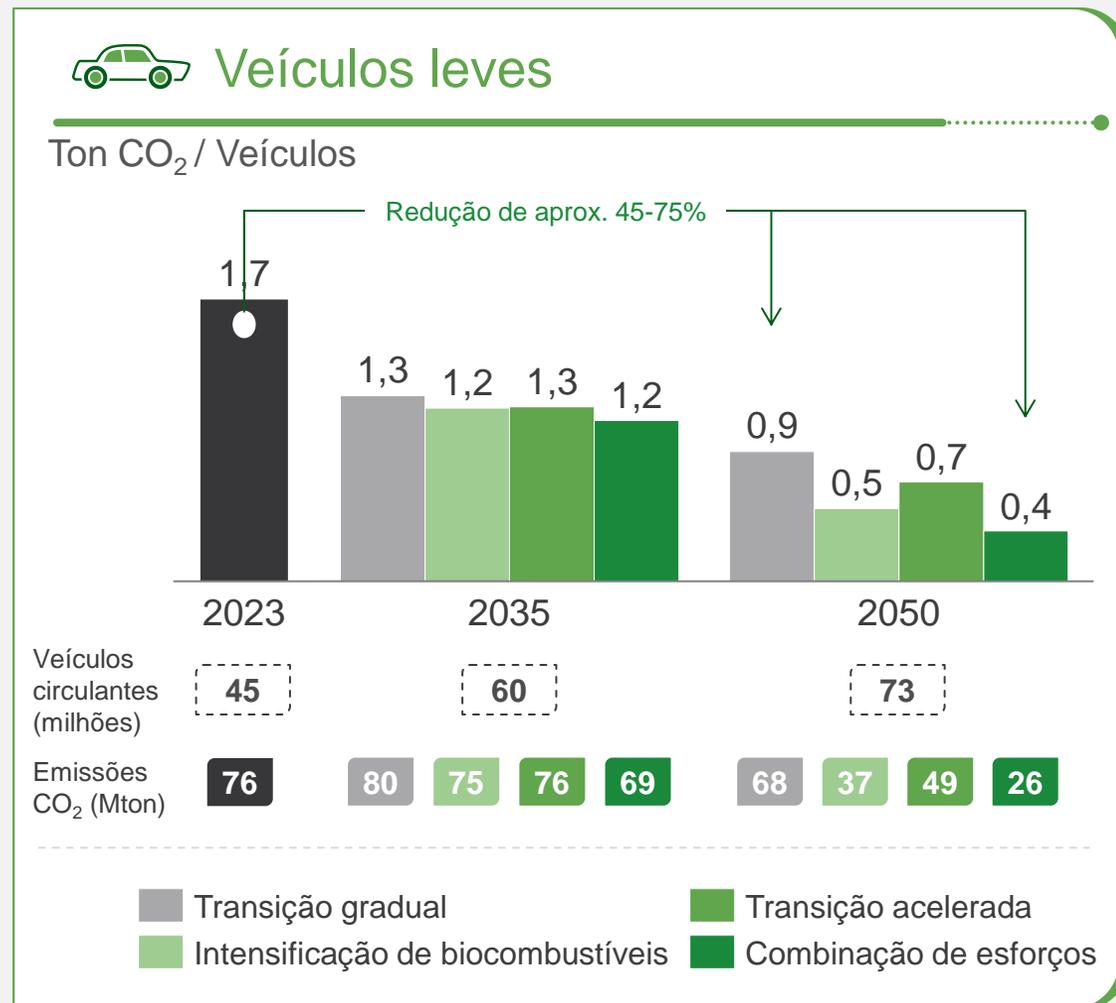


Nota: a utilização de biodiesel misturado no diesel exige ajustes na cadeia produtiva e garantia da qualidade do produto, além de análises de viabilidade técnica e econômica 1. Volume de etanol hidratado (em Litros) em relação a Gasolina C (em litros). Fontes: Avançando nos caminhos de descarbonização automotiva no Brasil - Anfavea; EPE; Planos Setoriais e PNL; Análises Coalizão dos Transportes

■ Etanol ■ Biodiesel ■ Diesel Verde ■ Biometano



Sensibilidades mais otimistas indicam redução de até 75% da emissão unitária em veículos leves e até 60% em pesados



1. Inclui ônibus

Fonte: Relatório Anfavea, Planos Setoriais, PNL, EPE; Análise Coalizão dos Transportes

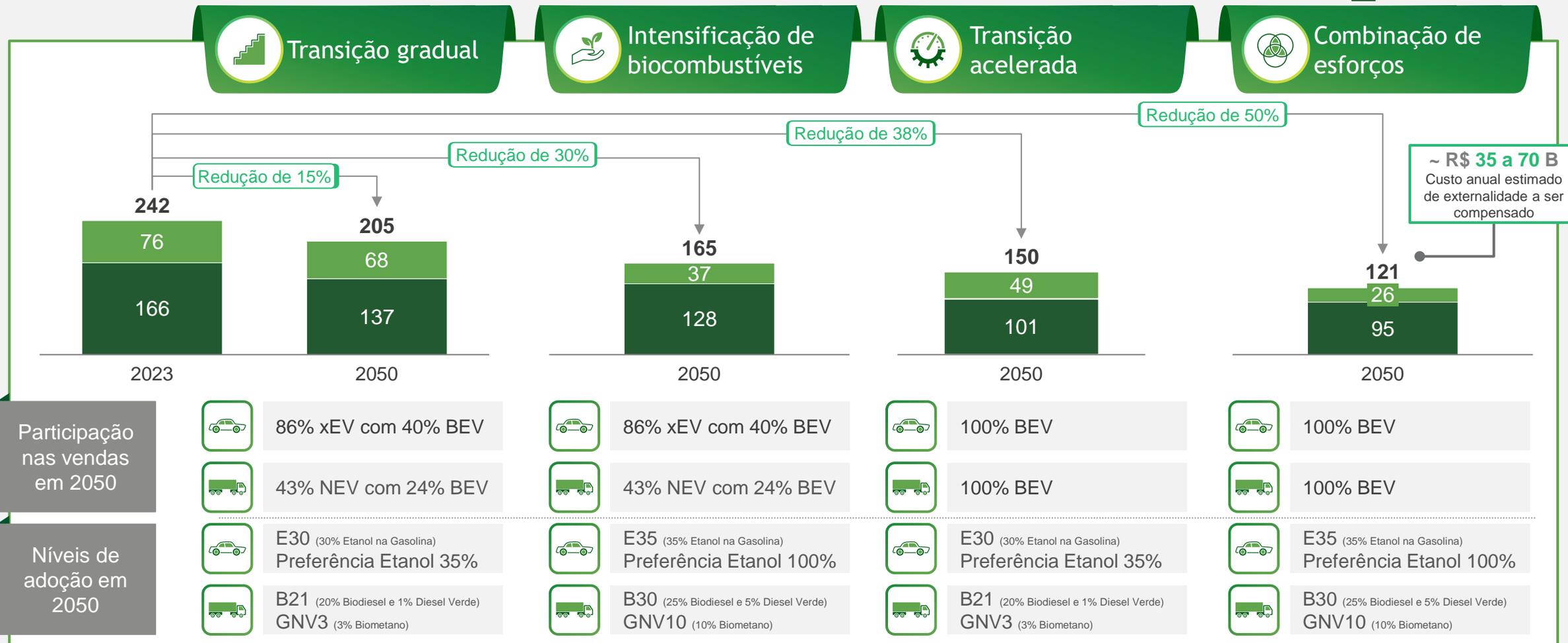


Setor rodoviário tem potencial de reduzir emissões de CO₂ em até 50% (vs. 2023) a depender dos esforços na descarbonização

Emissão de CO₂ (Mton)

Intervalo potencial de emissões

■ Veículos Leves
■ Veículos Pesados



~ R\$ 35 a 70 B
Custo anual estimado de externalidade a ser compensado

Participação nas vendas em 2050

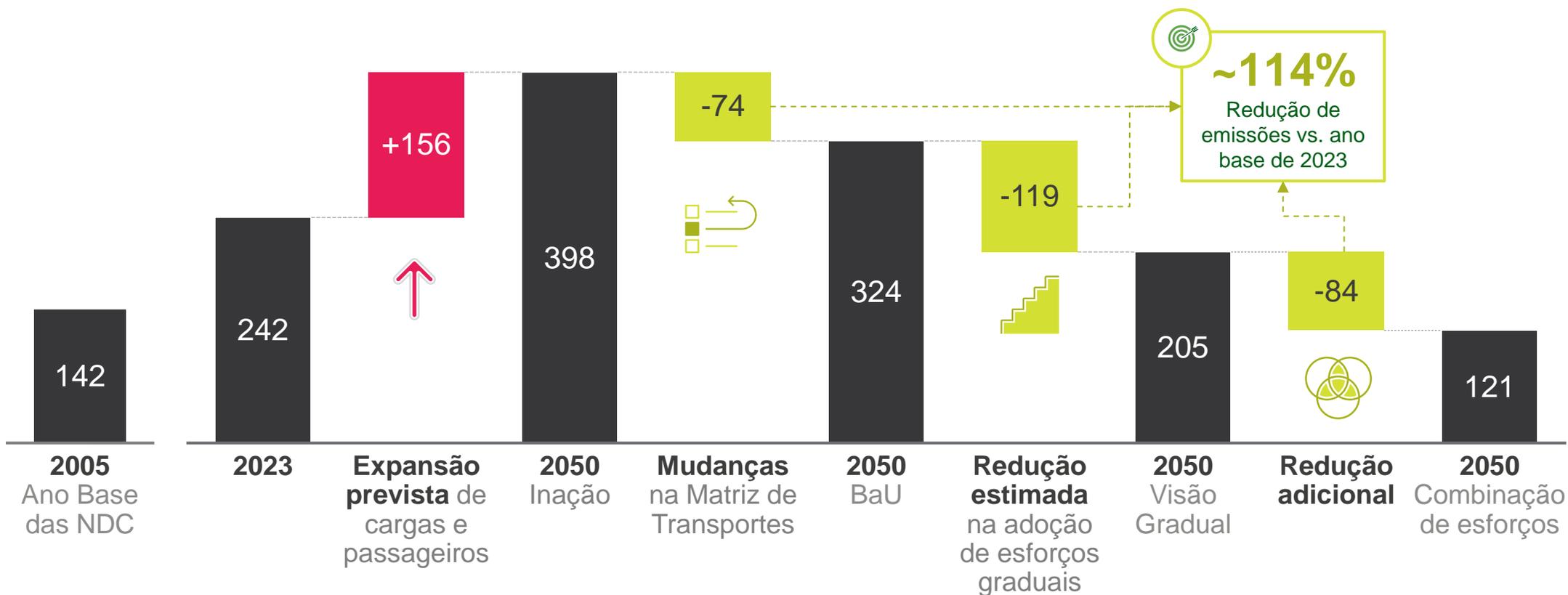
Níveis de adoção em 2050

Fonte: Relatório Anfeava, Planos Setoriais, PNL, EPE: Análise Coalizão dos Transportes; Nota: Nota: BEV – Veículos 100% elétricos a bateria; xEV – Veículos eletrificados (Híbridos e 100% elétricos); NEV – Veículos com motorização de novas fontes de energia; Externalidade estimada considerando custo da tonelada do crédito carbono variando entre US\$ 50 a US\$ 100 a um FX rate de R\$ 6/US\$



Resultados | Alavancas de descarbonização mapeadas tem potencial de reduzir até ~114% das emissões do modo Rodoviário

Emissões do setor de transporte rodoviário (Mton CO₂ e % por modal) – Visão poço a roda





Exemplos recentes ilustram como habilitadores contribuem para viabilizar alavancas de descarbonização do setor (I/II)

Exemplos selecionados

✓ Incentivos públicos e privados para viabilizar redução de emissões na infraestrutura do modal rodoviário

- **Lei das Concessões¹**: Permite que a iniciativa privada opere rodovias realizando investimentos estruturais na modernização e melhoria da pavimentação rodoviária e tecnologias de melhoria de fluidez de tráfego (e.g. Free Flow, HW-WIM), reduzindo emissões 
- **Incentivos a compromissos concretos de sustentabilidade das empresas** | Programa de Sustentabilidade² da ANTT com benefícios regulatórios a empresas, condicionais a iniciativas de sustentabilidade aplicáveis ao modal 
- **Investimentos públicos na modernização da infraestrutura rodoviária** | Compromisso de investir €2,3B por ano até 2030 na modernização e construção de infraestruturas de transportes, incluindo estradas 

✓ Mecanismos públicos e privados para viabilizar a eletrificação

- **Regulação que fomente infraestrutura de eletrificação e disponibilidade de recarga** | Pacotes de regulação e compromissos que impulsionem a eletrificação como Euro VI/VII, EU Green Deal, Fit for 55 e a proibição de ICE³ em 2035 
- **Mecanismos tangíveis para aumento da atratividade da aquisição de veículos elétricos e híbridos** | US\$ 1B em subsídios para fabricantes locais⁴ investirem na produção interna de baterias de EVs⁵ fortalecendo a segurança da cadeia de suprimentos 
- **Movimentos concretos de investimentos do setor privado em prol da eletrificação** | Investimentos privados⁶ em carregadores elétricos no Brasil, contribuindo para prontidão de infraestrutura 

1. Lei nº 8.987/1995; 2. Resolução ANTT 6.057 (2024); 3 Internal Combustion Engine = Veículos movidos à combustão interna. 4. Toyota e Honda; 5. Electric; vehicles = veículos elétricos; 6. Volvo; Fonte: Gov.br; ANTT; European Commission, Epoca Negócios; Volvo Caminhões, Agência Brasil



Exemplos recentes ilustram como habilitadores contribuem para viabilizar alavancas de descarbonização do setor (II/II)

Exemplos selecionados



Mecanismos públicos e privados para viabilizar expansão da produção e uso de biocombustíveis na matriz energética

- **Regulação que incentive expansão da produção/ uso de biocombustíveis, garantindo a qualidade e preservando o desempenho**
 - O Programa Combustível do Futuro e a RenovaBio objetivam ampliar a produção e o uso de biocombustíveis, contribuindo para o aumento de participação de combustíveis mais limpos na matriz 
 - Especificações mais rígidas, como Resolução ANP 920/2023 para o biodiesel, e a realização de testes ambos aliados à mecanismos concretos para garantia de conformidade aos critérios de qualidade (ex. 2BSVS¹ da EU) serão fundamentais para viabilizar o avanço dos biocombustíveis preservando o desempenho dos motores  
- **Mecanismos tangíveis de fomento ao financiamento privado para P&D³** | O Programa MOVER oferece benefícios fiscais a players automotivos que investem acima de 0,5% da receita, por ano, em P&D³ 
- **Movimentos concretos de investimentos do setor privado em prol do desenvolvimento de combustíveis mais limpos** | Acordos para exploração⁴ conjunta da produção, compra e venda de biometano, combustível limpo com aplicabilidade no modal rodoviário 

Nota: a utilização de biodiesel misturado no diesel exige ajustes na cadeia produtiva e garantia da qualidade do produto, além de análises de viabilidade técnica e econômica
 1.. Biomass Biofuels Sustainability voluntary scheme: esquema reconhecido pela UE que garante, por auditorias independentes, a conformidade dos biocombustíveis com os critérios da Diretiva de Energias Renováveis (REDII); 3. Pesquisa e Desenvolvimento; 4. Petrobras e Raízen
 Fonte: Gov.br; ANTT; European Commission website, Agência Brasil, Petrobras.



Ambicionamos um crescimento sustentável para o modo Rodoviário brasileiro

Impacto almejado em 2050



~**280** Mton

de redução nas emissões de CO₂e em 2050 versus cenário de inação

+110%

das emissões atuais¹ do setor do modo Rodoviário

Modo Rodoviário Atual¹ ...



~**1,6 Trilhões de TKU**
Transportados anualmente pelo modo rodoviário no Brasil



~**25 Bi L de Etanol**
Utilizados por veículos leves na forma hidratada e anidro



~**8 Bi L de Diesel Renovável**
Empregados por veículos pesados na forma de Biodiesel³



~**200 mil m³/dia de GNV**
Consumidos como gás veicular para frotas pesadas



<**1% da frota movida a H2**
Operando com soluções de Power-to-X (PtX)



<**1% da frota de xEV**
Em circulação no Brasil, incluindo leves e pesados



~ **200 GWh/ano**
Fornecidos para recarga de 100% elétricos e híbridos plug-in

... Modo Rodoviário Futuro²



~**1,9 Trilhões de TKU**
Transportados, crescimento de +18% vs '23 (0,8% a.a 2024-2050)



+40 Bi L de Etanol
Exigidos para abastecimento de veículos leves com etanol hidratado



+10 Bi L de Diesel Renovável
Necessários para veículos pesados, incluindo Biodiesel³ e Diesel Verde³



~**8 milhões m³/dia de GNV**
Demandados, com 10% de Biometano³ em sua composição



+230 mil ton/ano de H2
Aplicados como solução para a operação de frotas pesadas



+40% da frota de xEVs
Em circulação, com ~40% da frota pesada e +50% da leve eletrificada



+170 mil GWh/ano
Exigidos para recarga de veículos leves e pesados BEV e PHEV

1: 2021 (ano base do PSTF/PNL, além de apresentar parâmetros históricos mais fidedignos); 2: 2050 Transformacional; 3: Intensificação do uso de biocombustíveis deve ser incentivada desde que: seja constatada viabilidade técnica, mecânica, operacional e laboratorial do referido insumo energético, bem como respeitada a diversidade de matrizes e especificidades regionais



Principais mensagens

Atualmente, o modal rodoviário movimenta ~70% do TKU e ~75% dos passageiros do país, emitindo ~240 Mton CO₂e/ano (~90% das emissões de transportes), o que equivale a ~5 toneladas de CO₂ por veículo¹ ao ano.

Em um cenário de inação, no qual a representatividade do modal rodoviário na matriz de transportes de cargas nacional se manteria inalterada (~70% do TKU movimentado), o total de emissões de transportes chegaria a ~424 Mton CO₂e em 2050²; Emissões do modal rodoviário chegariam a ~400 Mton CO₂e.

No entanto, projeções do PSTR³ e do PNL⁴ indicam mudança na matriz logística, reduzindo a participação do modal rodoviário de ~70% para ~45%⁵, alinhando-se a referências internacionais⁶. Ainda assim, a demanda no transporte rodoviário deve crescer 0,6% a.a. até 2050⁷, chegando a 1,9 trilhões de TKU (+18% vs. 2023).

Apesar da redução percentual, alavanca crítica de descarbonização para o setor, o aumento absoluto da demanda por transporte rodoviário deve reforçar a necessidade de novas concessões no futuro, garantindo a atratividade e a relevância do modal rodoviário para o desenvolvimento do país.

A fim de mitigar o crescimento de emissões e contribuir de forma ainda mais ativa para a agenda climática, +10 entidades do Grupo Rodoviário da Coalizão identificaram e analisaram 15 alavancas de descarbonização, sendo as principais:

- **Eletrificação | Expansão de veículos híbridos e elétricos:** Uso de energia limpa para recarga em substituição ao combustível fóssil
- **Biocombustível | Ampliação do uso⁸:** Viabilização de alternativas de biocombustíveis renováveis em substituição aos combustíveis fósseis
- **Eficiência | Renovação da frota:** Substituição de veículos antigos por modelos novos e mais eficientes
- **Eficiência | Melhoria da pavimentação/Infraestrutura rodoviária:** Expansão da malha concedida via novos leilões e novos investimentos na malha pública

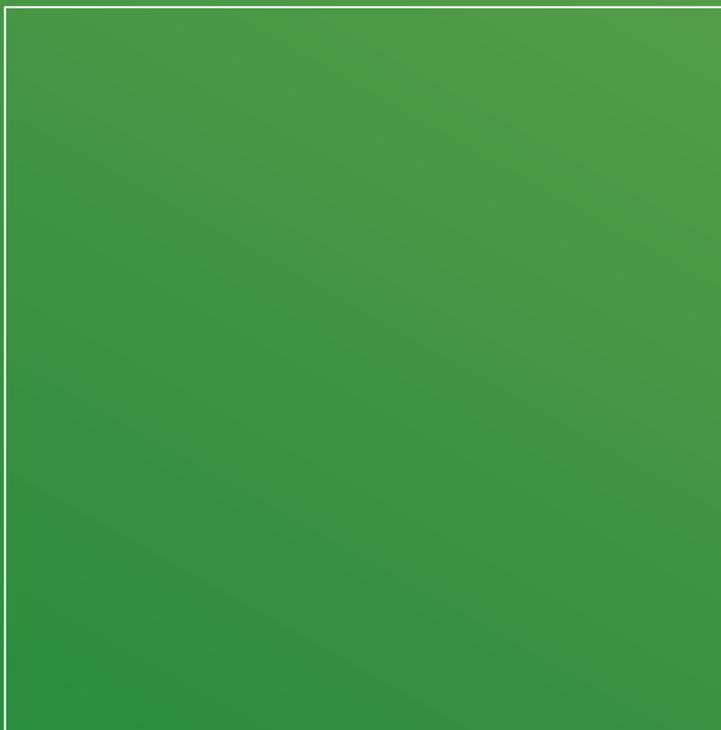
Se implementadas, as 15 alavancas podem reduzir as emissões do modal para ~120 Mton CO₂e (-50% vs. 2023) em sensibilidade transformacional, com uma queda na intensidade relativa de emissões para 1,5 toneladas de CO₂/veículo¹ (-70% vs. 2023).

Para viabilizar a descarbonização, uma série de habilitadores serão necessários. A seguir alguns exemplos concretos que podem contribuir:

- **Regulação | Lei das Concessões⁹:** Permite investimentos privados na modernização de rodovias e implementação de tecnologias de fluidez de tráfego¹⁰
- **Regulação | Lei do Combustível do Futuro:** Estabelece diretrizes para a ampliação do uso de biocombustíveis
- **Incentivos | Programa MOVER:** Oferece incentivos fiscais para a adoção de tecnologias de descarbonização¹¹

Apesar do relevante potencial de redução de ~120 Mton CO₂e (~50% das emissões atuais do modal, mesmo com setor crescendo volume de cargas e passageiros), as emissões residuais ainda serão significativas (~120 Mton CO₂e, 88% das emissões totais de transportes em 2050). Portanto, é essencial que a Coalizão continue engajada em busca de novas soluções para alcançar emissões líquidas zero, minimizando a necessidade de compensação.

1. Inclui veículos leves e pesados; 2. 5. Caso haja manutenção da predominância do modal rodoviário no transporte de cargas (~70% do TKU até 2050); 3. Plano Setorial de Transporte Rodoviário; 4. Plano Nacional de Logística; 5. % do TKU movimentado nacionalmente; 6. Como EUA e Europa; 7. Crescimento em linha com cenário PSR3 do PSTR em 2050; 8. Adoção deve ser precedida de testes que constatem viabilidade técnica, além de respeitar a diversidade de matrizes e considerar as especificidades regionais; 9. Lei nº 8.987/1995; 10. Ex. Free Flow e HS-WIM; 11. Indicadores incluem avanços no consumo energético e fonte de energia dos veículos



Considerações

Resumo

Abordagem

Detalhamentos por modal

Rodoviário

Ferrovário

Aquaviário

Aeroviário

Mobilidade Urbana

Apêndice

Definição dos caminhos potenciais para a redução de emissões no modal Ferroviário foi estruturada em 4 passos

Discutidos no Workshop de Infraestrutura e Transversalidade

Discutidos no Workshop do modal Ferroviário

1



Definição de um BaU¹ de emissões, sem mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

2



Definição de um BaU¹ de emissões, com mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

3



Mapeamento das alavancas para redução de emissões aplicáveis ao modo

4



Proposição de possíveis sensibilidades com base nas alavancas mapeadas



Eficiência | Medidas de eficiência de combustível e operacional são primordiais para a redução de emissões no Ferroviário

Não Exaustivo

Impacto esperado em emissões



Alavancas	Análise de Viabilidade atual ¹	Referências
<p>1 Aprimoramento de design, por meio do uso de materiais mais leves para redução do peso das locomotivas e do aproveitamento de novas soluções de aerodinâmica</p>	<p><i>Inovações disruptivas, com implantação complexa e ganhos incertos</i></p>	<p>Siemens, Alstom e Bombardier² Ajustes aerodinâmicos dos trens (ex. "nariz" alongado e materiais mais leves nas carrocerias), reduzindo o consumo de energia entre 9%-25% e maximizando o espaço interno em até 20%</p>
<p>2 Renovação da frota atual, com a substituição de locomotivas mais antigas por outras mais novas, eficientes e com maior capacidade de carga/vagões</p>	<p><i>Benefícios dependem da escala e do nível de investimento</i></p>	<p>RUMO, MRS, VLI, VALE Modernização de frotas, incorporando novas tecnologias para melhorar a performance, capacidade, eficiência e segurança das operações</p>
<p>3 Otimização de infraestrutura, por meio do uso de tecnologias e sistemas automatizados para otimizar a operação e manutenção da infraestrutura ferroviária</p>	<p><i>Tecnologias viáveis, porém demandam tempo e integração para serem efetivas</i></p>	<p>VLI, VALE Investimento em sensores remotos para monitorar componentes críticos das locomotivas, coletando dados de desempenho em tempo real para prever falhas e otimizar manutenção</p>
<p>4 Otimização Inteligente de rotas e frotas, por meio do uso de tecnologias e sistemas baseados em dados para otimização das operações das locomotivas</p>	<p><i>Capaz de gerar benefícios no curto prazo com um nível de investimento inferior</i></p>	<p>BNSF Utilização de IA³ em instalações intermodais para otimizar hostlers, reduzindo distâncias percorridas (em média 20 milhas/trem) e consumo de combustível</p>
<p>5 Condução ecoeficiente e assistida, por meio da mudança de comportamento dos maquinistas para otimização do consumo de energia, incluindo o uso de tecnologias</p>	<p><i>Capaz de gerar impacto imediato ou no curtíssimo prazo</i></p>	<p>RUMO, VALE Trip Optimizer para ajuste de velocidade e aceleração automáticas e uso de frenagem regenerativa para reaproveitar energia em operações pesadas</p>

Notas: 1. Qualitativa, com base em fatores como Facilidade de Implementação, Impacto Esperado em Eficiência e Tempo para Implantação, bem como de inputs do Momento de Escuta com o grupo; 2. Bombardier adquirida pela Alstom em 2021; 3. IA = Inteligência Artificial; Fontes: Press Search; Sites das companhias

Quanto mais verde, mais viável



Biocombustíveis I A substituição de combustíveis tradicionais é chave para a descarbonização do modo Ferroviário

Não Exaustivo



Alavancas

Análise de Viabilidade atual¹

Referências

1

Mistura de Diesel Verde no Fóssil – Diesel Verde possui **propriedades semelhantes ao Diesel Fóssil**, contudo sua aplicação no modo ferroviário está em fase inicial de desenvolvimento



Propriedades muito semelhantes a do diesel fóssil; Dificuldades atreladas ao alto custo

RUMO, VALE, MRS | Execução de testes e estudos de viabilidade do uso de diesel verde e combustíveis avançados no transporte de carga, incluindo corredores de exportação

2

Etanol – **amplamente utilizado no Brasil**, normalmente adaptado para uso em motores de combustão interna; Aplicação no modo ferroviário ainda em fase embrionária, exigindo **adaptações de infraestrutura e motores**



Limitações de autonomia, necessidade de modificação de motores e menor comprovação técnica o torna uma solução menos viável no curto prazo

BRASIL I A abundância de etanol no país, com **oferta projetada de 48 bilhões de litros até 2034**, aliada à experiência de uso no modo rodoviário, posiciona-o como alternativa, embora exija adaptações técnicas de motores e maiores estudos para viabilização da aplicação

3

Biodiesel como alternativa via mistura com Diesel Fóssil – aumento do **percentual de mistura deve ser feito com cautela**



Necessidade de testes para garantia de viabilidade técnica em percentuais de mistura mais elevados, além de potenciais investimentos na adequação de locomotivas

VALE I Realização de experimentos com o uso de biodiesel B25 na Estrada de Ferro Carajás, para o transporte de minério de ferro

Potencial intensificação de biocombustíveis para redução da pegada de carbono pode ser aplicada desde que seja constatada a viabilidade técnica, mecânica, operacional e laboratorial do referido insumo energético, bem como respeitadas a diversidade de matrizes e especificidades regionais

Impacto esperado em emissões

Quanto mais verde, mais viável



Power to X e Eletrificação | Rotas de Hidrogênio e Híbridização são alavancas essenciais para descarbonizar o modo ferroviário

Não Exaustivo



+

Impacto esperado em emissões

Alavancas	Análise de Viabilidade atual ¹	Referências
<p>1 Locomotivas movidas por rotas de H₂ baixo carbono - produção de energia com menor emissão de CO₂; o H₂ de baixo carbono pode ser transformado em rotas como metanol e outras, para que seja mais viável</p>	<p>Altos investimentos, menor comprovação técnica e riscos operacionais potenciais em algumas rotas devem ser ponderados</p>	<p>CRRC Realização de teste piloto do primeiro trem movido à H₂ do mundo, atingindo 160 km/h</p>
<p>2 Locomotivas elétricas - a energia elétrica é usada como força motriz para os motores de tração das locomotivas elétricas, em substituição aos combustíveis fósseis (tecnologia limitada a curtas distâncias)</p>	<p>Viável para manobras, mas com baixa autonomia para rotas longas; Alto investimento atrelado à eletrificação de ferrovias</p>	<p>VALE Estudos iniciados para locomotivas elétricas de manobra (testes em campo) e de carga BNSF Railway Desenvolvimento de locomotiva elétrica nos EUA que opera 100% movida a baterias</p>
<p>3 Locomotivas híbridas - sistema diesel-elétrico unido a um conjunto de baterias, de tal forma que a fonte energética que alimenta os motores de tração pode vir de ambas as partes</p>	<p>Maior adaptabilidade e menor necessidade de infraestrutura específica; ainda existem desafios pelo maior custo</p>	<p>Deutsche Bahn Compra de 50 locomotivas híbridas anunciada em 2020, como parte da estratégia de sustentabilidade da companhia</p>

Alavancas podem ser aplicadas desde que seja constatada a viabilidade técnica e operacional das respectivas soluções

● Quanto mais verde, mais viável

Fonte: 1. Qualitativa, com base em fatores como Facilidade de Implementação, Impacto Esperado em Eficiência e Tempo para Implantação; Fontes: Press Search; Sites das companhias; Iberdrola – Hidrogênio

Definição dos caminhos potenciais para a redução de emissões no modal Ferroviário foi estruturada em 4 passos

Discutidos no Workshop de Infraestrutura e Transversalidade

Discutidos no Workshop do modal Ferroviário

1



Definição de um BaU¹ de emissões, sem mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

2



Definição de um BaU¹ de emissões, com mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

3



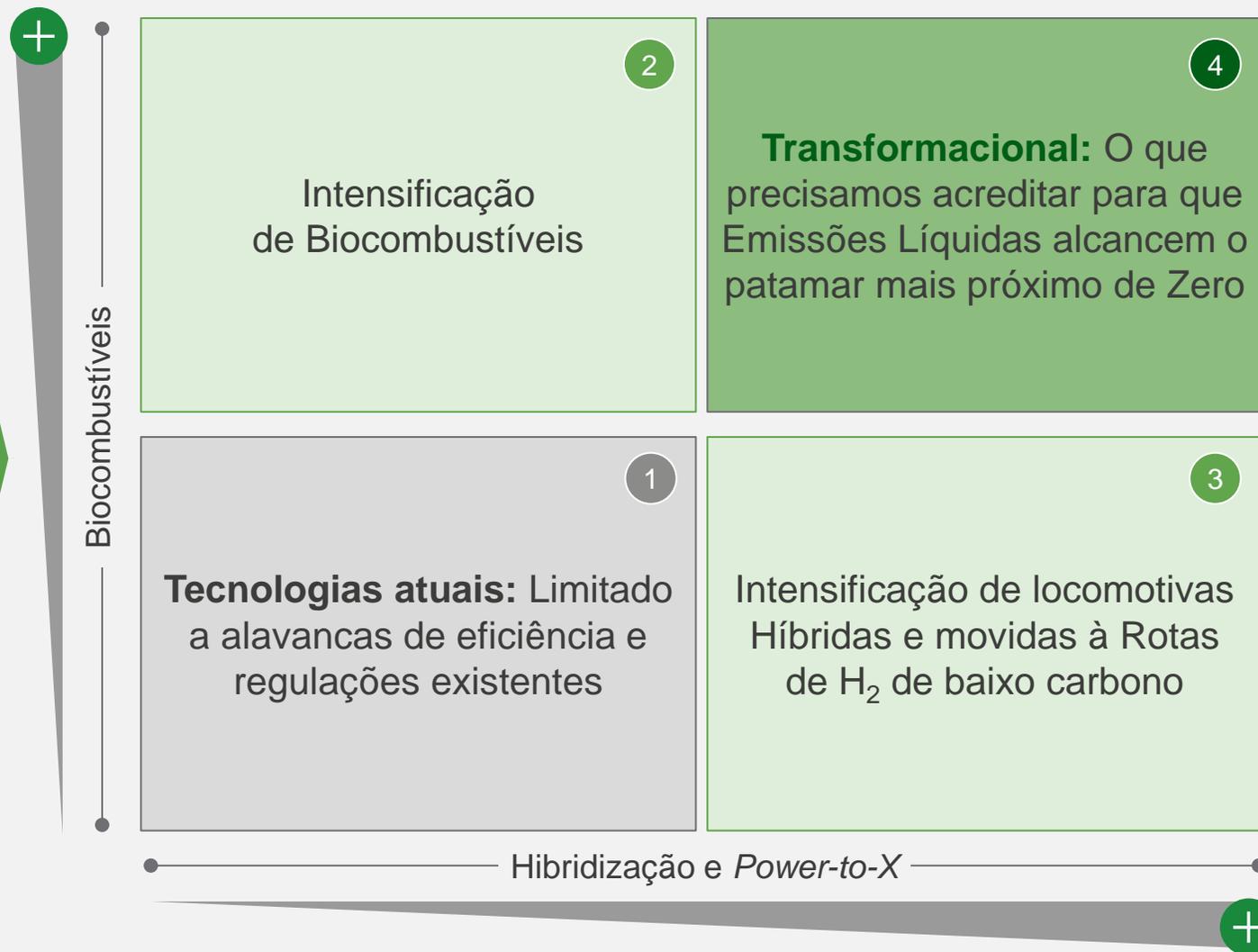
Mapeamento das alavancas para redução de emissões aplicáveis ao modo

4



Proposição de possíveis sensibilidades com base nas alavancas mapeadas

Alavancas viáveis para o caso brasileiro foram consideradas para a proposição de 4 sensibilidades



Alavancas de eficiência consideradas em todas as sensibilidades

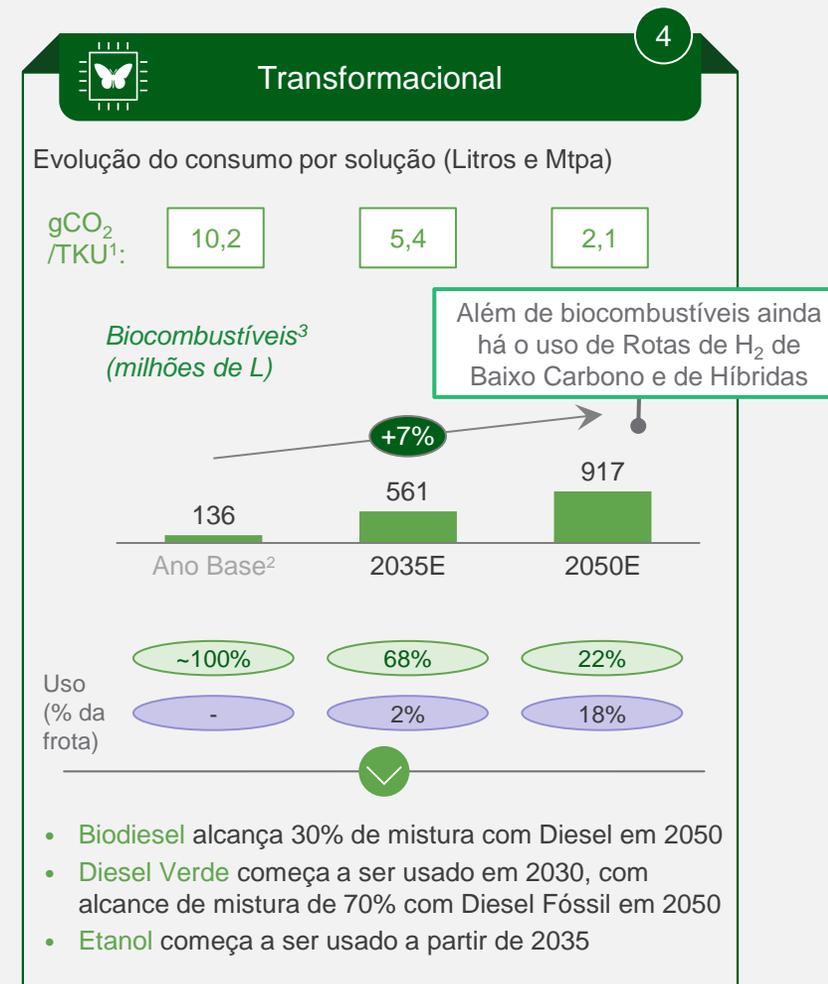
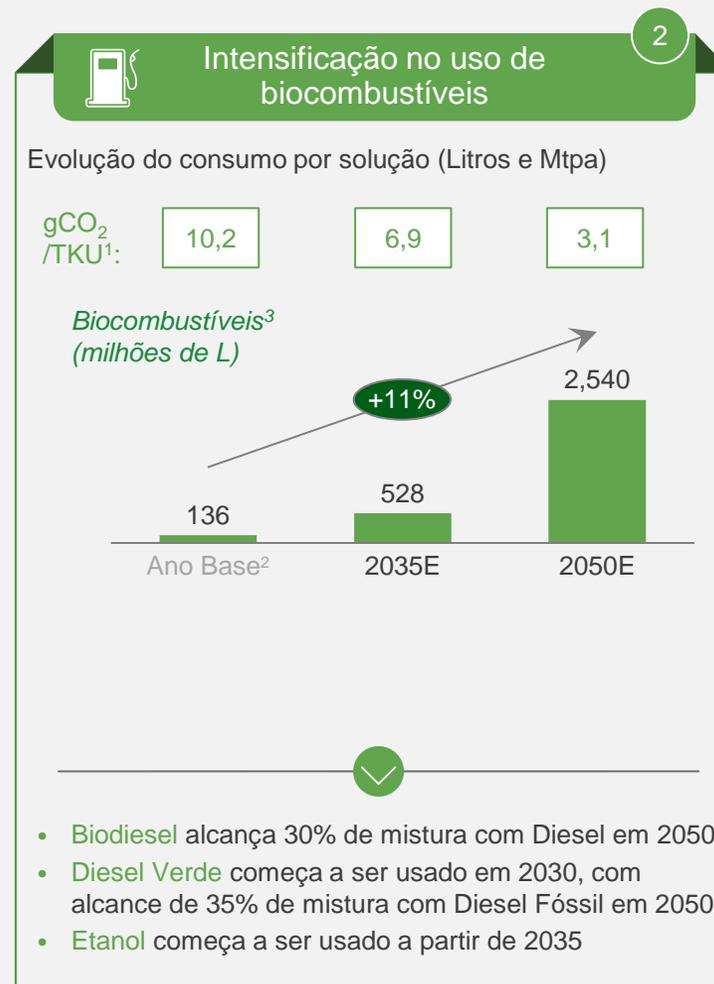
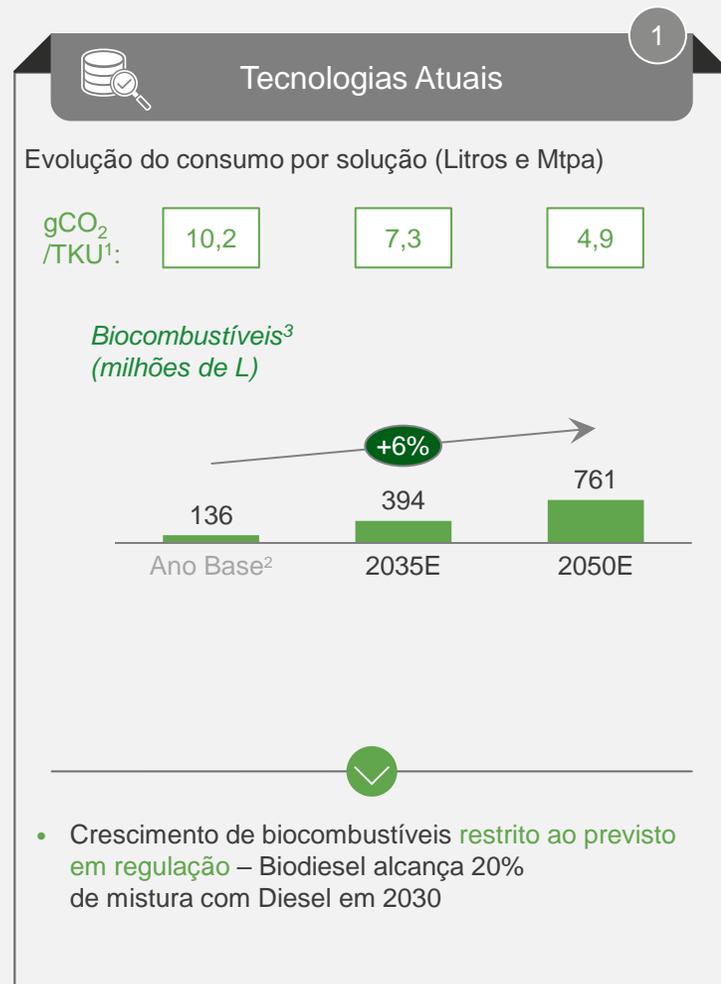
Sensibilidades propostas consideraram diferentes premissas

	1 Tecnologias Atuais	2 Intensificação de Biocombustíveis	3 Intensificação Híbridas e Rotas de H ₂ de BC ¹	4 Transformacional
Eficiência	✓	✓	✓	✓
Biodiesel	20% em 2030	20% em 2030, 30% em 2050	20% em 2030	20% em 2030, 30% em 2050
Diesel Verde	-	35% em 2050, com uso inicial em 2030	-	70% em 2050, com início em 2030
Híbridas	0,2% das novas locomotivas em 2050, com 30% de uso de baterias	0,2% das novas locomotivas em 2050, com 30% de uso de baterias	40% das novas locomotivas, com 50% de uso de baterias em 2050	45% das novas locomotivas, com 50% de uso de baterias em 2035
Rotas de H ₂ de baixo carbono	-	-	15% das novas locomotivas a partir de 2035, via diferentes rotas (ex.: Metanol, outras)	20% das novas locomotivas a partir de 2035, via diferentes rotas (ex.: Metanol, outras)
Etanol	-	Penetração em linha com o que se poderia esperar para o Metanol ¹ , dadas as mesmas necessidades de adaptação	-	Penetração em linha com o que se poderia esperar para o Metanol ¹ , dadas as mesmas necessidades de adaptação

Potencial intensificação de biocombustíveis para redução da pegada de carbono pode ser aplicada desde que seja constatada a viabilidade técnica, mecânica, operacional e laboratorial do referido insumo energético, bem como respeitadas a diversidade de matrizes e especificidades regionais

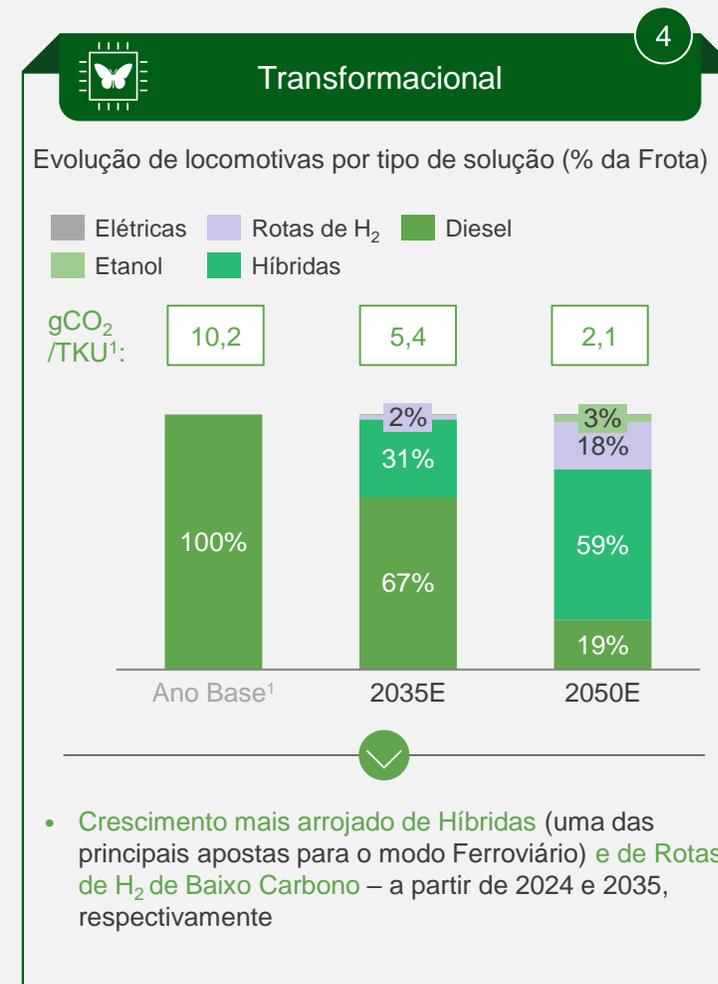
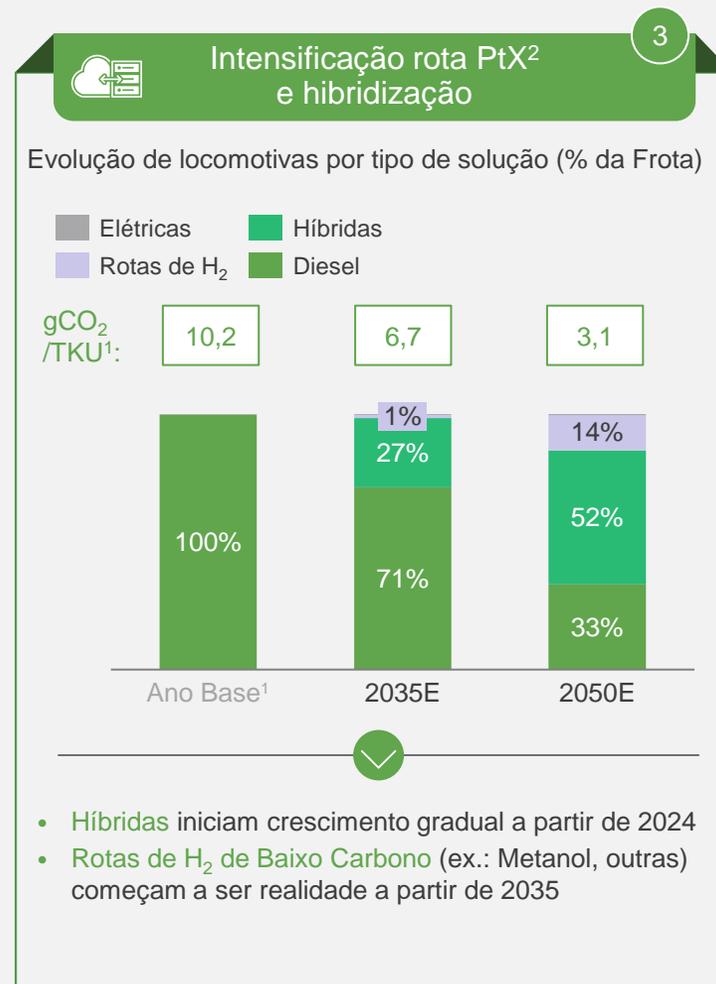
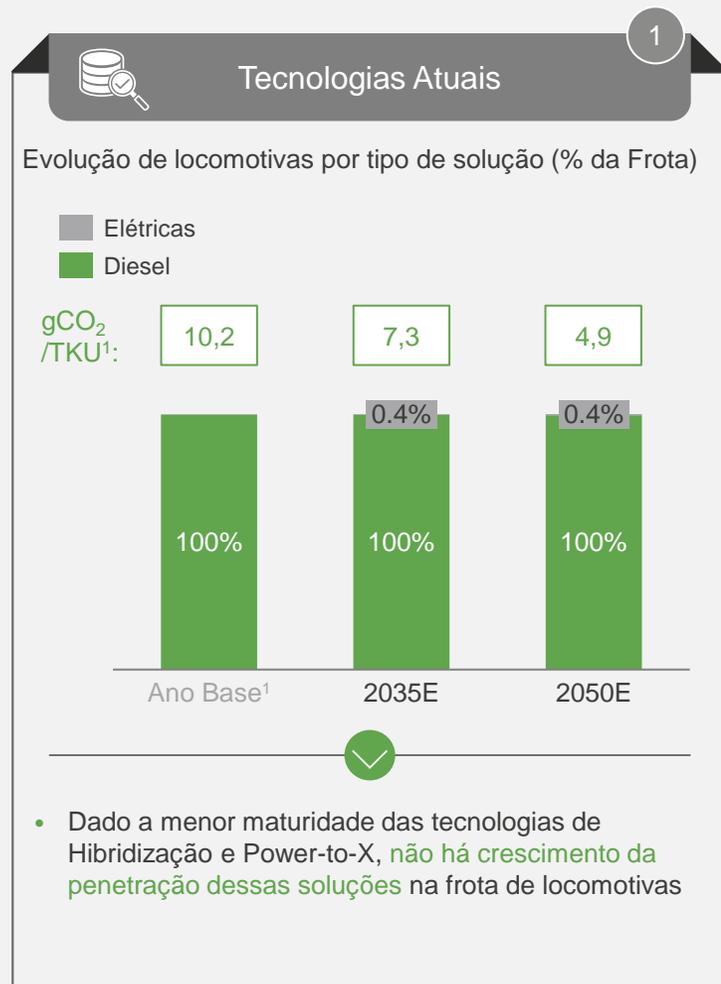
1. Premissas descritas na linha de "Rotas de Hidrogênio de baixo carbono"

Proporções de biocombustíveis e de rotas de H₂ são crescentes em cada sensibilidade, com potencial de redução de fósseis



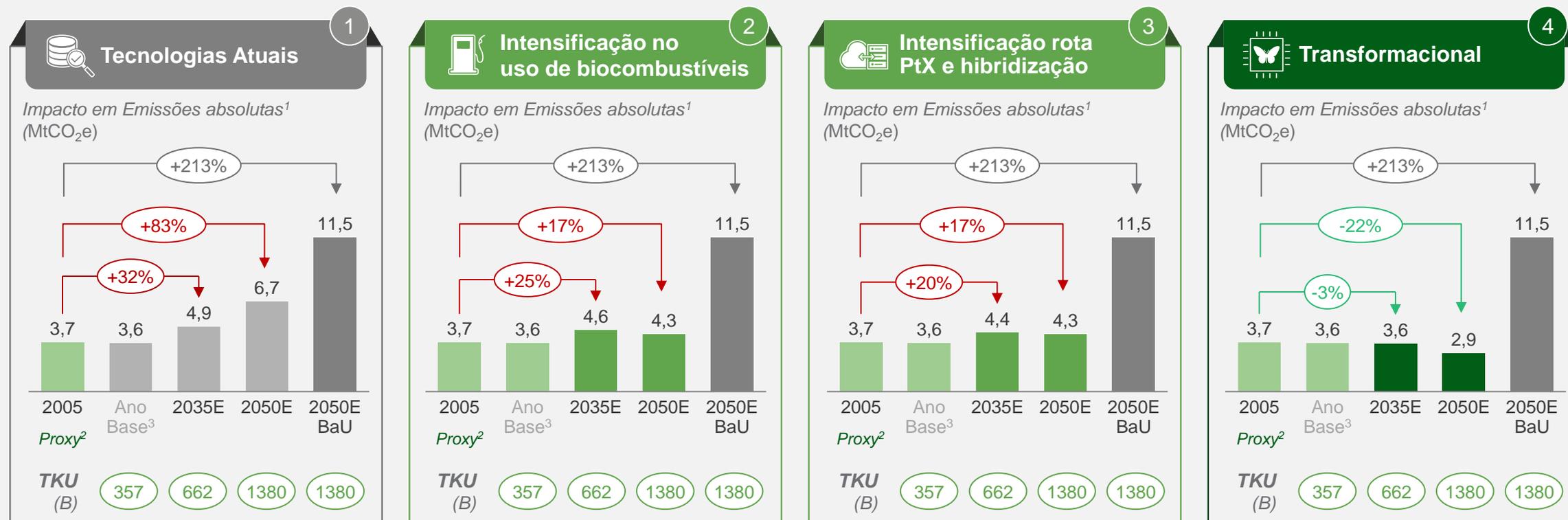
1. Fatores de emissão considerados são poço à roda (WTW, Well-To-Wheel); 2. 2021 foi o ano base do PSTF/PNL, além de apresentar parâmetros históricos mais fidedignos; 3. Biocombustíveis = Biodiesel, Diesel Verde, Etanol; 4. Rotas de H₂ de Baixo Carbono, ex.: Metanol, outras;

Hibridização e rotas de H₂ podem representar ~65–75% da frota de locomotivas do modo Ferroviário em 2050



1. 2021 foi o ano base do PSTF/PNL, além de apresentar parâmetros históricos mais fidedignos; 2. Fatores de emissão considerados são poço à roda (WTW, Well-To-Wheel); 3. Power-to-X = Rota de H₂ de baixo carbono transformada em combustíveis sintéticos, ex.: Metanol, outras)

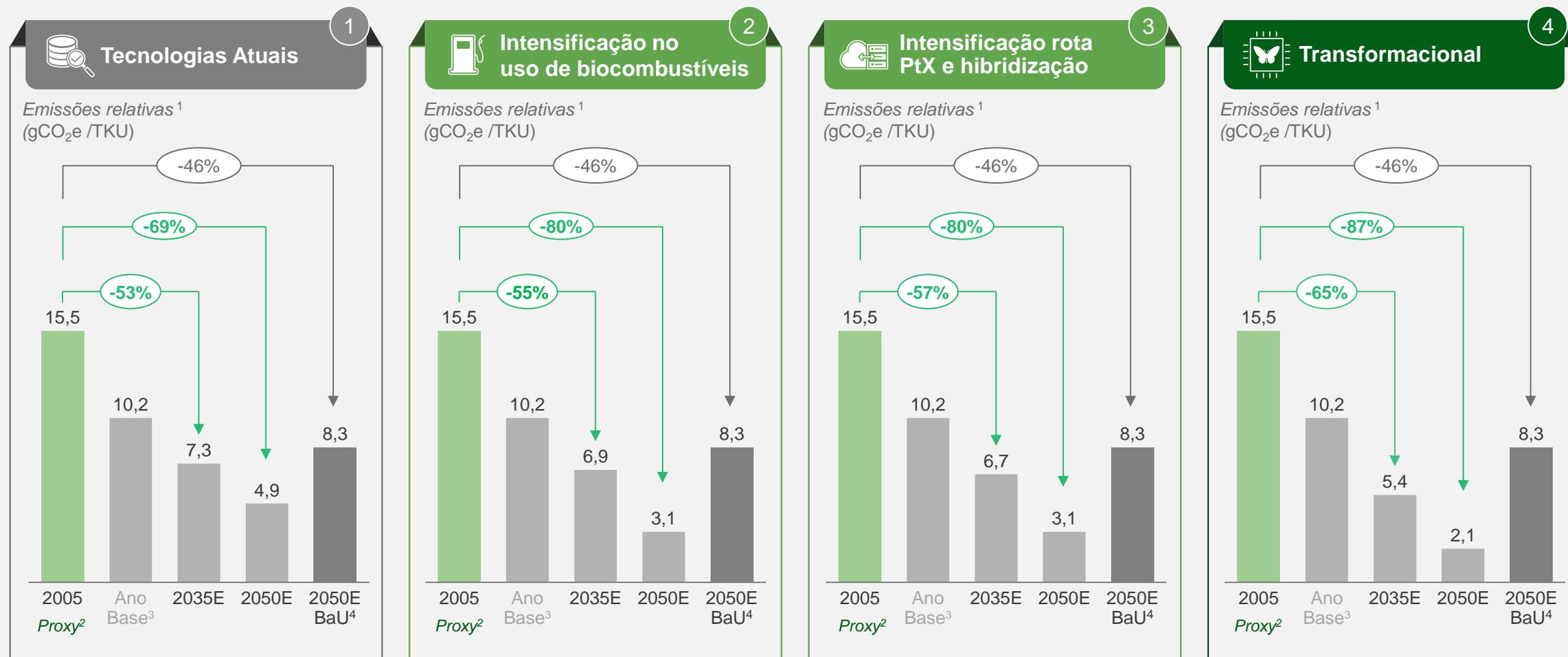
As sensibilidades propostas são capazes de prever diferentes impactos potenciais em nível de emissões



O aumento absoluto de emissões em algumas sensibilidade é proveniente do crescimento do TKU do modo, cujo share mais que duplica até 2050; Contudo, existe queda nos valores de emissões de 2035 e 2050 vs 2005 na sensibilidade 4 e, para as demais, **aumento é menor versus BaU⁴** – crescimento de **+62% 2005-35** e **+213% 2005-50**

1. Fatores de emissão considerados são poço à roda (WTW, Well-To-Wheel); BaU = Business-as-usual ; 2.Proxy para o valor WTW de 2005, baseada nos números do SEEG de tanque à roda (TTW, Tank-To-Wheel); 3. 2021 foi o ano base do PSTF/PNL, além de apresentar parâmetros históricos mais fidedignos; 4. BaU= Business-as-Usual

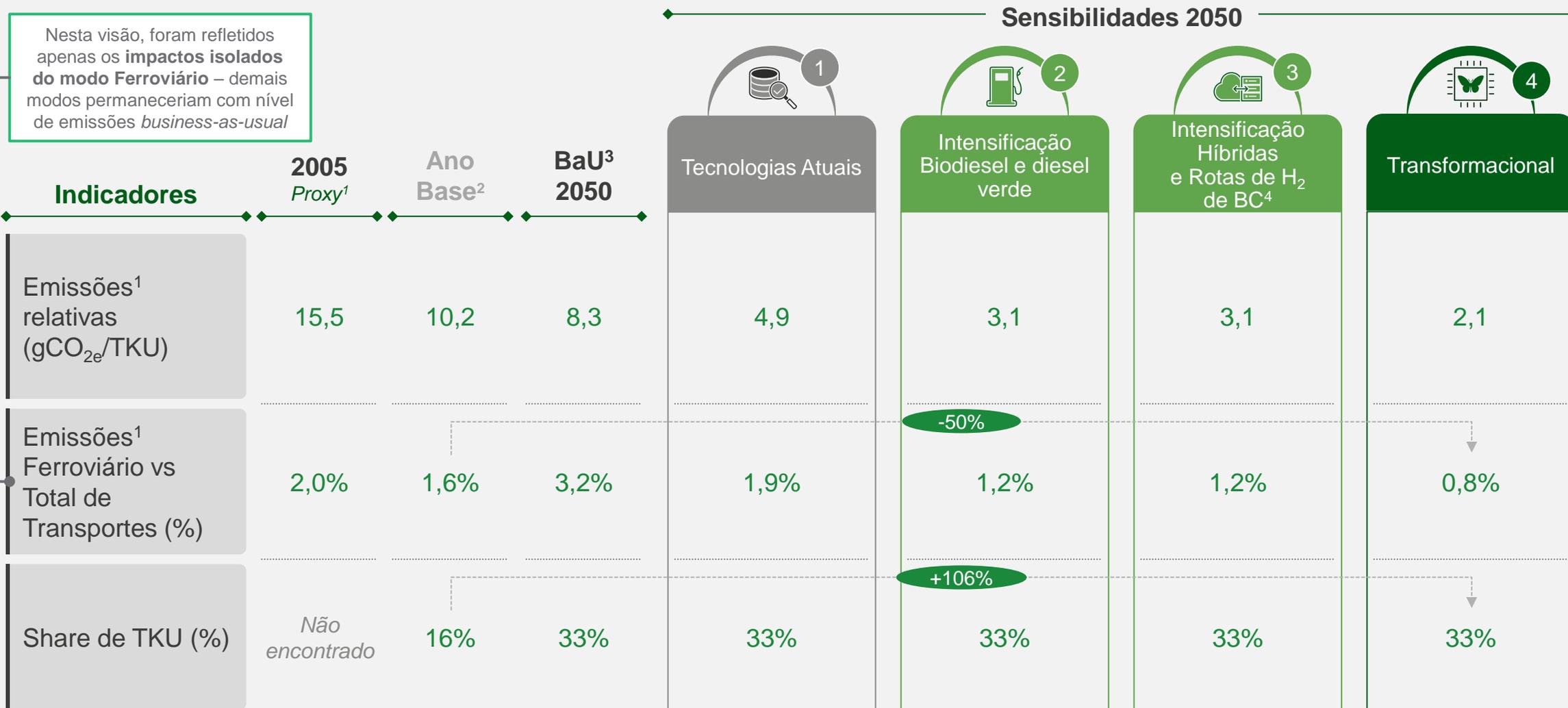
Efeito de melhoria pode ser melhor observado quando analisamos emissões relativas (gCO₂e /TKU)



1. Fatores de emissão considerados são poço à roda (WTW, Well-To-Wheel); BaU = Business-as-usual ; 2.Proxy para o valor WTW de 2005, baseada nos números do SEEG de tanque à roda (TTW, Tank-To-Wheel); 3. 2021 foi o ano base do PSTF/PNL, além de apresentar parâmetros históricos mais fidedignos; 4. BaU= Business-as-Usual; Fontes: SEEG, ANTF, GLEC Framework



Apesar de não alcançar o 0, o share de TKU duplica enquanto o de emissões pode reduzir significativamente em 2050



1. Proxy para o valor WTW de 2005, baseada nos números do SEEG de tanque à roda (TTW, Tank-To Wheel); 2. 2021 foi o ano base do PSTF/PNL, além de apresentar parâmetros históricos mais fidedignos; 3. Business-as-Usual, com mudança de matriz prevista pelos planos setoriais; 4. Hidrogênio de baixo carbono; 5. Fatores de emissão considerados são poço à roda (WTW, Well-To-Wheel); Fontes: SEEG, ANTF, GLEC Framework



Exemplos ilustram como habilitadores contribuem para viabilizar alavancas de descarbonização do setor de transportes

Exemplos selecionados

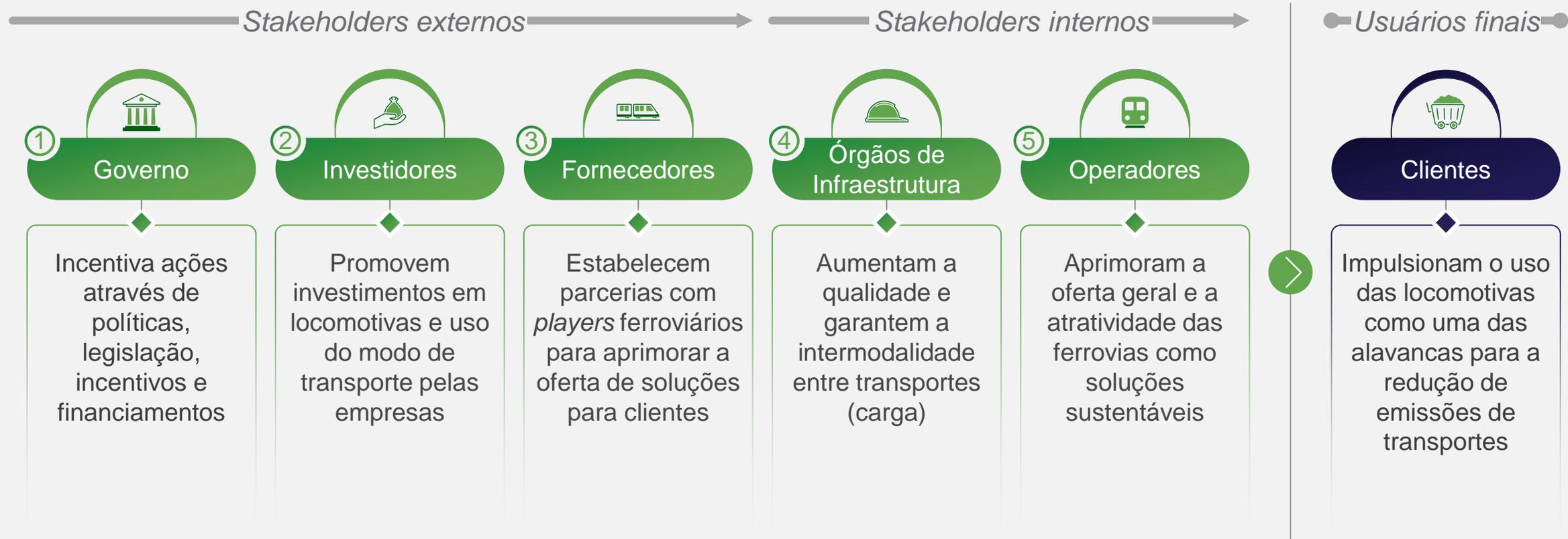
Não exaustivo

- ✓ **Incentivos públicos e privados para viabilizar maior relevância do modo ferroviário na matriz logística do país**
 - **Repactuações¹** | Evolução das repactuações de contratos de concessão, incluindo o advento de investimentos em expansão de malha e o destravamento de investimentos em aumento de capacidade na malha atual
 - **Novo marco legal das Ferrovias²** | Fomento de investimentos via redução regulatória (ex.: incentivo à autorregulação) e viabilização de modelo de outorga mais atrativo para players privados (autorizações), com o objetivo de expandir a capacidade do modo 
 - **Investimentos estruturantes em Ferrovias** | Continuação de investimentos públicos, como na FIOI³, e de investimentos privados, como R\$ 4 bilhões da Rumo para conclusão da Malha Central da FNS⁴, concretizando novo eixo estrutural do modo
- ✓ **Incentivos a compromissos concretos de sustentabilidade das empresas | Programa de Sustentabilidade⁵ (2024)** | Fomento a benefícios regulatórios a empresas (ex. condições diferenciadas para celebração de TACs⁶), condicionais a iniciativas de sustentabilidade 
- ✓ **Mecanismos tangíveis para fomento ao financiamento privado | Etihad Rail** | Facilitação da emissão de títulos verdes e empréstimos sustentáveis, promovendo a captação de recursos para projetos sustentáveis e tecnologias de baixo carbono 
- ✓ **Movimentos concretos do setor privado via parcerias em prol do desenvolvimento de tecnologias mais limpas**
 - **Alstom e Linde** | Desenvolvimento da primeira locomotiva a hidrogênio da Europa, que começou a operar em 2017 
 - **Vale e Wabtec** | Parceria para aquisição de locomotivas elétricas à bateria, menos poluentes 



Agentes para Mudança | Stakeholders também assumem papéis fundamentais na viabilização da descarbonização

Redução de emissões depende das contribuições bem-sucedidas de diferentes stakeholders



Ambicionamos um crescimento sustentável para o modo Ferroviário brasileiro

Impacto almejado em 2050
- Ferroviário



~2,6 Mton
de redução (~50%)
nas emissões de
CO₂e em 2050 versus
cenário de inação

Ferroviário



Modo Ferroviário Atual¹ ...



~16% do TKU nacional
transportado pelo modo ferroviário
(equivalente a ~357 B de TKU)



... Modo Ferroviário Futuro²

~33% do TKU nacional
transportado pelo modo ferroviário
(equivalente a ~1380 B de TKU)



~0,1 B L de biocombustíveis
consumidos



~1,0 B L de biocombustíveis
Consumidos dentre Biodiesel,
Diesel Verde e Etanol



~0% de locomotivas híbridas
compondo a frota nacional



~60% de locomotivas híbridas
compondo a frota nacional



**~0% de locomotivas movidas
por rotas de H₂ de baixo carbono**
compondo a frota nacional



**Expansão de rotas de H₂
de baixo carbono** dada a
materialização da tecnologia



Principais mensagens

O modo Ferroviário¹ **tem natureza menos poluente em comparação aos demais** (~8-10 gCO₂e/TKU vs ~50-65 gCO₂e/TKU no Rodoviário e ~10-15 gCO₂e/TKU no Aquaviário²), representando **16%** das movimentações de carga nacionais e emitindo **~1.6%** do CO₂e de transportes³, o que reforça sua eficiência em emissões.

Em um cenário de inação, o total de emissões de transportes chegaria a **~424 Mton CO₂e em 2050**. Neste contexto, a **representatividade dos modos na matriz de transportes nacional se manteria inalterada** (Ferroviário permaneceria com 16%). Emissões do modo especificamente chegariam a **~5,5 Mton CO₂e**.

No entanto, o PNL⁴ e os Planos Setoriais de transportes propõem uma mudança significativa da matriz logística do país. Tal mudança seria uma alavanca crítica para a descarbonização, levando a uma redução de **~50 Mton CO₂e** nas emissões do setor como um todo. Com isso, **a representatividade do modo na matriz chegaria a 33% das movimentações de cargas em 2050**; Como consequência desse crescimento, as emissões do modo aumentariam para **~11,5 Mton CO₂e em 2050**. O aumento de representatividade do modo significa um enorme desafio, exigindo muitas novas concessões e **investimentos de +R\$270B**.

A fim de mitigar o crescimento de emissões e contribuindo de forma ainda mais ativa para a agenda climática, as **9 entidades**⁵ participantes da vertical Ferroviária da Coalizão se mobilizaram em debates e elencaram **11 alavancas** para descarbonização do modo de transporte. Dentre elas se destacam:

- **Biocombustíveis** | Expansão do uso de **Biocombustíveis** (ex.: Diesel Verde), desde que a adoção seja precedida de testes que constatem a sua viabilidade técnica, mecânica, operacional e laboratorial, respeite a diversidade de matrizes e considere especificidades regionais
- **Hibridização** | Maior adoção de **Locomotivas Híbridas**, que já são adaptadas à infraestrutura ferroviária existente
- **Eficiência** | **Renovação de frota** visando ganho de eficiência de combustível e operacional

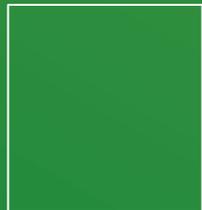
Como consequência da implementação das alavancas mapeadas, as emissões do modo podem **atingir ~2,9 Mton CO₂e absolutas e ~2,1 gCO₂e/TKU relativas na sensibilidade transformacional em 2050**⁶ (até **~50% e ~75% de redução** vs. cenário de inação no mesmo ano, respectivamente).

Dado o tamanho do desafio, uma série de habilitadores serão necessários para materializar tais alavancas. Alguns exemplos concretos a seguir ilustram como habilitadores podem contribuir para o avanço da agenda de descarbonização no modo Ferroviário:

- **Regulação** | **Novo Marco Legal das Ferrovias**⁷ | Fomento de investimentos via simplificação regulatória (ex.: incentivo à autorregulação) e viabilização de modelo de outorga mais atrativo para players privados (autorizações), com objetivo de expandir a capacidade do modo de transporte
- **Incentivos** | **Programa de Sustentabilidade**⁸ | Promoção de benefícios regulatórios a empresas (ex.: condições diferenciadas para celebração de TACs⁹), condicionais ao cumprimento de iniciativas em prol da sustentabilidade

Emissões remanescentes representariam **~2% do total de emissões de transportes do Brasil na sensibilidade transformacional em 2050** (vs ~1,6% no ano base), **reforçando os benefícios gerados pela maior representatividade do modo Ferroviário em detrimento de outros mais poluentes**. As entidades participantes da Coalizão continuarão debates constantes para avanços na direção de emissões líquidas zero até 2050.

1. Restrito a transporte ferroviário de cargas; Trens de passageiros/urbanos foram considerados em Mobilidade Urbana; 2. Baseado em dados da ANTF e SEEG 2022; 3. 2021 foi usado como referência em função dos anos-base dos planos setoriais; 4. Considera como base os planos setoriais de transportes 5. Além das 9 entidades específicas, CEBDS, Motiva, CNT e Observatório de Mobilidade do Insper também coordenaram as discussões de forma transversal às diferentes verticais da coalizão; 6. Fatores de emissão considerados são poço à roda; 7. Lei nº 14.273/2021; 8. Resolução ANTT 6.057 (2024); 9. Termos de Ajustamento de Conduta



Considerações

Resumo

Abordagem

Detalhamentos por modal

Rodoviário

Ferrovário

Aquaviário

Aeroviário

Mobilidade Urbana

Apêndice



Definição dos caminhos potenciais para a redução de emissões no modal Aquaviário foi estruturada em 4 passos

Discutidos no Workshop de Infraestrutura e Transversalidade

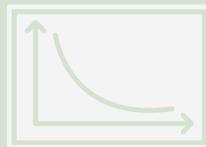
Discutidos no Workshop do modal Aquaviário

1



Definição de um BaU¹ de emissões, sem mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

2



Definição de um BaU¹ de emissões, com mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

3



Mapeamento das alavancas para redução de emissões aplicáveis ao modo

4



Proposição de possíveis sensibilidades com base nas alavancas mapeadas

1. BaU = *Business-as-usual*



Eficiência | A implementação de medidas de ganho de eficiência são primordiais para a redução de emissões nas embarcações

Não Exaustivo



Alavancas – Embarcações (1/2)

Análise de Viabilidade atual¹

Referências

1

Adoção de **materiais e tecnologias inovadoras** na construção e funcionamento das embarcações para **melhorar o design e desempenho hidrodinâmico**



Facilidade de implementação varia por solução, algumas exigindo investimentos mais altos

MAERSK | Foco em aumentar a eficiência energética da frota através da implementação de tecnologias que proporcionam melhor **desempenho hidrodinâmico em navios próprios e fretados** (ex. hélices melhoradas, proas bulbosas e habilitação de energia em terra)

2

Otimização inteligente de rotas e alocação de frota, reduzindo distância média percorrida



Implementação desafiadora devido à dependência de múltiplos stakeholders, mas com potencial de benefícios no curto / médio prazo

Transpetro | Atua na redução do consumo de combustível através da **adoção de algoritmos e softwares para otimização de rota** e apoio a tomada de decisões pelo comandante da frota

3

Reduzir e controlar a velocidade média das embarcações para **reduzir o consumo de combustível e otimizar a eficiência** energética



Impactos no curto prazo, mas com desafios de perda de competitividade do modo

MAERSK | O **slow steaming** é adotado como **estratégia para reduzir a velocidade dos navios em até 20%**, diminuindo o consumo de combustível em até 40% e promovendo eficiência energética e menores emissões de CO₂

4

Utilizar outras **soluções técnicas de apoio** de redução de emissões, como **recuperação do calor residual, sistema de arrefecimento líquido**, entre outros



Implementação varia por solução, mas costumam ser complementos de design de baixa complexidade

NORSUL | Sistema de monitoramento online de **emissões das embarcações**, que armazena e trata os dados dos sensores prevendo o CII² Rating e indicando a eficiência de carbono da frota, resultante das soluções de redução implementadas



Quanto mais verde, mais viável



Eficiência | A implementação de medidas de ganho de eficiência são primordiais para a redução de emissões nas embarcações

Não Exaustivo



Alavancas – Embarcações (2/2)

Análise de Viabilidade atual¹

Referências

5 Integrar tecnologias de **propulsão à vela elétricas (WAPs)** para **complementar a motorização tradicional**

Apesar do potencial de impacto, exige um retrofit e limitadas a rotas/condições específicas

Mitsubishi Corporation e Cargil | Realizaram em 2023 a viagem de estreia do Pyxis Ocean ao Brasil; o navio é o primeiro a ser equipado com dois WindWings, reduzindo as emissões em até 30%

6 **Aumento do tamanho das embarcações e/ou composições, diminuindo o número de viagens** necessárias

Captura no longo prazo dado dependência da renovação da frota

Hapag-Lloyd | Aumentou sua capacidade em 19% em 2024, incorporando novas embarcações e **adquirindo 9 navios neo-Panamax, que passaram por retrofit para ampliar sua capacidade de ~13.000 TEUs³ para 15.440 TEUs³**

7 **Maximizar a capacidade de uso das jornadas** (Stowage Factor), reduzindo o número de viagens e **melhorando o aproveitamento da frota**

Incremento extra ao atual muitas vezes depende de questões externas, como calado

Maersk, CMA CGM e Hapag-Lloyd | Utilizam ferramentas avançadas de **planejamento de cargas que otimizam a distribuição e o uso do espaço nos navios** (ex. Octopus), aumentando a eficiência operacional e aproveitamento da capacidade das embarcações

● Quanto mais verde, mais viável

Notas: 1. Qualitativa, com base em fatores como Facilidade de Implementação, Impacto Esperado em Eficiência e Tempo para Implantação, bem como de inputs do Momento de Escuta com o grupo; 3. Twenty-foot Equivalent Unit. Fonte: EPE; IMO; Trafigura; O globo



Eficiência | Assim como para as emissões da infraestrutura portuária brasileira

Primeiras alavancas consideram impacto / viabilização da redução de emissões por parte das embarcações

Não Exaustivo



Alavancas – Infraestrutura de Portos (1/2)	Análise de Viabilidade atual ¹	Referências
<p>1 Viabilização da infraestrutura e facilitação de acesso, reduzindo o tempo médio de espera e atracação dada a construção de mais terminais/berços ou terminais/berços maiores</p>	<p>Alto potencial de impacto, mas atrelado a grandes investimentos em CAPEX</p>	<p>Porto de Santos O governo leiloará o terminal STS10 em 2025, com expansão de quatro berços, ampliando em 50% a capacidade e reduzindo o tempo de espera para atracação</p>
<p>2 Implementação de medidas de facilitação do comércio, diminuindo o tempo de permanência das cargas nos portos</p>	<p>Implementação desafiadora devido à dependência de múltiplos stakeholders, mas com potencial de benefícios no curto prazo</p>	<p>Porto de Roterdã O Port Community System (PCS) é uma plataforma que conecta operadores portuários, alfândega e empresas de logística, integrando informações para agilizar processos e reduzir o tempo de permanência de cargas</p>
<p>3 Construção e oferecimento de estruturas de OPS (on-shore power supply) às embarcações²</p>	<p>Alto potencial de impacto, contudo, com necessidade de investimentos em infraestrutura e evolução tecnológica</p>	<p>Porto de Hamburgo Terminais adaptados para fornecimento de energia elétrica para embarcações atracadas (OPS³) a partir de 2025</p>
<p>4 Otimização da gestão de atracação das embarcações através da utilização de ferramentas de inteligência de dados</p>	<p>Implementação relativamente fácil, com potencial no curto/médio prazo</p>	<p>Porto de Roterdã Sistema de rastreamento de chegada de navios, evitando retenções desnecessárias nos terminais</p>

● Quanto mais verde, mais viável

Notas: 1. Qualitativa, com base em fatores como Facilidade de Implementação, Impacto Esperado em Eficiência e Tempo para Implantação, bem como de inputs do Momento de Escuta com o grupo; 2. OPS = fornecimento de energia em terra que permite que os motores auxiliares das embarcações sejam desligados enquanto eles estão atracados. Fonte: Maersk; EPA; Website Portos; ANTAQ; MPor



Eficiência I Assim como para as emissões da infraestrutura portuária brasileira

Não Exaustivo



Alavancas – Infraestrutura de Portos (2/2)

Análise de Viabilidade atual¹

Referências

5

Implementação de **estratégias de otimização dos sistemas de apoio**, como **iluminação automatizada e gestão de água e resíduos**



Implementação simples e de relativo baixo custo, com potencial de retorno no curto prazo

Porto de Hamburgo | Sistema de **iluminação inteligente**, com instalação de sensores que reconhecem o tráfego e realizam ajustes de nível de iluminação com sua intensidade

6

Renovação da frota de apoio (veículos e maquinário) por modelos mais novos e eficientes em consumo energético



Captura no médio/longo prazo dado dependência da renovação da frota

PSA² | Investiu em **veículos autônomos e elétricos para movimentação de contêineres**, além de guindastes automatizados com consumo energético otimizado, aumentando a produtividade com menor impacto ambiental

● Quanto mais verde, mais viável

Notas: 1. Qualitativa, com base em fatores como Facilidade de Implementação, Impacto Esperado em Eficiência e Tempo para Implantação, bem como de inputs do Momento de Escuta com o grupo; 2. Port Singapore Authority. Fonte: Maersk; EPA; Website Portos; ANTAQ; MPor



Biocombustíveis | GNL e Biometanol já possuem estudos no modo; seu uso pode ser ampliado, assim como outras soluções

Potencial intensificação de biocombustíveis para redução da pegada de carbono pode ser aplicada desde que seja constatada a viabilidade técnica, mecânica, operacional e laboratorial do referido insumo energético, bem como respeitada a diversidade de matrizes e especificidades regionais

Não Exaustivo



Alavancas – Embarcações

Análise de Viabilidade atual¹

Referências

1

Intensificação do uso de Biodiesel (FAME) como alternativa ao diesel fóssil ou bunker ou como **componente de mistura**



Exige ajustes na cadeia produtiva e garantia da qualidade do produto, além de análises de viabilidade técnica e econômica

COSCO | Projeto piloto de biodiesel em navios inclui testes Venus (B24) e o Sagittarius (B20); no Brasil, a ANP autorizou a Petrobras a comercializar bunker com 24% de biodiesel e a realizar testes com misturas maiores no transporte fluvial

2

Utilização de **Biogás Natural Liquefeito (Bio-GNL)** como **fonte energética** das embarcações



Disponível no curto prazo como uma boa solução de transição, contudo exige adaptações nos motores atuais²

MAERSK | Investimento em novas embarcações com tecnologia de duplo combustível, incl. capacidade de operar com Bio-GNL e, em paralelo, firmando acordos de fornecimento do combustível para garantir redução de emissões

3

Uso de outros biocombustíveis – como **etanol, biometanol e HVO** – como fontes energéticas alternativas à matriz atual



Exige investimento no retrofit ou troca de motores² e disponibilidade de combustíveis dado demandas intrasetoriais

MAERSK | O Laura Mærsk é o primeiro navio porta-contentores do mundo capaz de funcionar com metanol verde. A empresa assinou acordo com a Goldwind, assegurando 500k toneladas de metanol verde por ano a partir de 2026

4

Substituição do uso de **bunker HFO** por **bunker LFO** ou **uso de Amônia** (menor pegada de carbono versus opções atualmente usadas) e **GNL** (gás natural liquefeito)



Implementação depende da solução, mas gera ganhos rápidos no curto prazo

CMA CGM | Operação do CMA CGM Jacques Saadé, porta-contêineres movido a GNL com capacidade de 23.000 TEUs³, que promete reduzir ~99% das emissões de enxofre, ~85% de óxidos de nitrogênio e 20% de CO₂

● Quanto mais verde, mais viável



Biocombustíveis | Biodiesel e GNL podem ser boas opções para a redução de emissões da frota de apoio portuária

Não Exaustivo



Alavancas – Infraestrutura de Portos

Análise de Viabilidade atual¹

Referências

1

Uso de combustíveis limpos na frota e no maquinário de apoio (e.g. caminhões à base de GNL ou biodiesel)



Captura no médio/longo prazo dado dependência da renovação da frota

PSA | Encomendou 200 caminhões de apoio portuário a base de GNL – esse tipo de frota deverá representar 15% da frota de apoio em terra

2

Oferecimento de opções de abastecimento de combustíveis limpos às embarcações, como **tanques criogênicos para GNL**, estruturas de abastecimento de biodiesel, entre outras



Viabilizador central a descarbonização do modal como um todo, mas exige altos investimentos em CAPEX e alinhamento intrasetorial (e.g. fornecedores dos combustíveis)

Porto de Santos | Implementou tanques criogênicos para abastecimento de GNL em embarcações de cabotagem e exportação
Além disso, está **ampliando sua oferta de combustíveis limpos (como biodiesel)** por meio de parcerias estratégicas com empresas privadas

Considera impacto / viabilização da redução de emissões por parte das embarcações

Potencial intensificação de biocombustíveis para redução da pegada de carbono pode ser aplicada desde que seja constatada a viabilidade técnica, mecânica, operacional e laboratorial do referido insumo energético, bem como respeitada a diversidade de matrizes e especificidades regionais



Quanto mais verde, mais viável



PtX e Uso de baterias | Apesar de ainda imaturas, soluções podem ser alternativa para embarcações no médio/longo prazo

Não Exaustivo



Alavancas – Embarcações	Análise de Viabilidade atual ¹	Referências
<p>1 Utilização de combustíveis sintéticos (PtX: PtL e PtG²), como e-metano, e-metanol e e-amônia, produzidos a partir de hidrogênio verde, eletricidade renovável e CO₂ capturado</p>	<p><i>Exige investimentos em testes dado imaturidade da tecnologia, mas tem alto potencial de abatimento de emissões</i></p>	<p>CMA CGM Firmou acordos com MASDAR, COSCO SHIPPING e SIPG para abastecer 24 novos navios de sua frota com e-metanol</p>
<p>2 Utilização de modelos híbridos (ou elétricos) para pequenas embarcações ou embarcações de baixa distância, em substituição aos combustíveis fósseis e com menor emissão de CO₂</p>	<p><i>Limitada a embarcações pequenas e de curta distância atualmente, escala depende de evoluções tecnológicas</i></p>	<p>Equinor e CBO Operação de barcos offshore (PSVs⁴) híbridos, combinando baterias elétricas e motores a diesel, iniciadas no Brasil em 2023</p> <p>Hidroviás do Brasil Primeiros empurradores de manobra híbridos do mundo em início de operação</p>
<p>3 A utilização direta de hidrogênio verde em células de combustível oferece uma alternativa carbono zero e eficiente</p>	<p><i>Alto custo da tecnologia e menor comprovação técnica torna a solução menos viável mesmo no médio prazo</i></p>	<p>Flagships Project Projeto piloto para integrar células de combustível de hidrogênio em embarcações comerciais na Europa, incluindo navios fluviais como o H2 Barge 2</p>

● Quanto mais verde, mais viável

Notas: 1. Qualitativa, com base em fatores como Facilidade de Implementação, Impacto Esperado em Eficiência e Tempo para Implantação, bem como de inputs do Momento de Escuta com o grupo; 2. PtX: Power-to-X, PtL: Power-to-Liquid e PtG: Power-to-Gas; 3. PSV: Platform Supply Vessels 4. Platform Supply Vessels. Fonte: EPE; IMO; CBO; CNN; RMI; Flagships Project



PtX e Uso de baterias | Eletrificação, energia limpa e infra. são alavancas essenciais para descarbonizar operações portuárias

Não Exaustivo



Alavancas – Infraestrutura de Portos

Análise de Viabilidade atual¹

Referências

1

Uso de **energia renovável nas operações portuárias e administrativas** dos grupos (e.g. uso de energia solar/eólica nos escritórios, para iluminação do porto etc.)



Implementação depende da viabilidade de oferta da energia renovável e ganho de competitividade de preço

Porto de Rotterdam I Integra soluções de apoio portuário com **energia renovável**

2

Hibridização ou eletrificação da frota de veículos e maquinário de apoio portuário (e.g., caminhões e guindastes de pátio e de cais 100% elétricos)



Captura no médio/longo prazo dado dependência da renovação da frota e maquinário

PSA I Desenvolvimento do *Tuas Mega Port* – maior terminal automatizado o mundo, com mais de mil **veículos movidos a bateria**

Santos Brasil I **Substituição de todos os guindastes RTGs² a diesel por modelos elétricos** no Terminal de Santos até 2031

Definição dos caminhos potenciais para a redução de emissões no modal Aquaviário foi estruturada em 4 passos

Discutidos no Workshop de Infraestrutura e Transversalidade

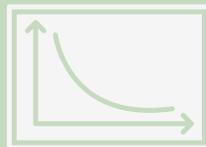
Discutidos no Workshop do modal Aquaviário

1



Definição de um BaU¹ de emissões, sem mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

2



Definição de um BaU¹ de emissões, com mudanças de matriz além das previstas pelos planos setoriais

3



Mapeamento das alavancas para redução de emissões aplicáveis ao modo

4

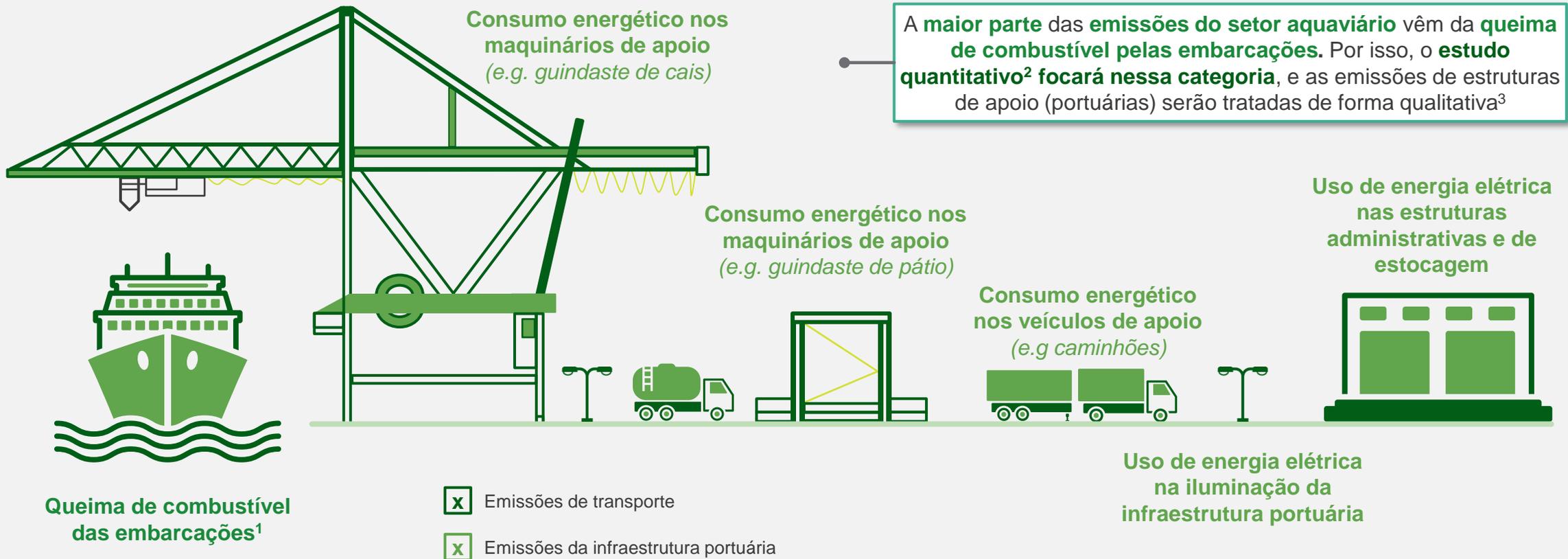


Proposição de possíveis sensibilidades com base nas alavancas mapeadas



As emissões do ecossistema aquaviário são dominadas pelo transporte, com menor contribuição da infraestrutura portuária

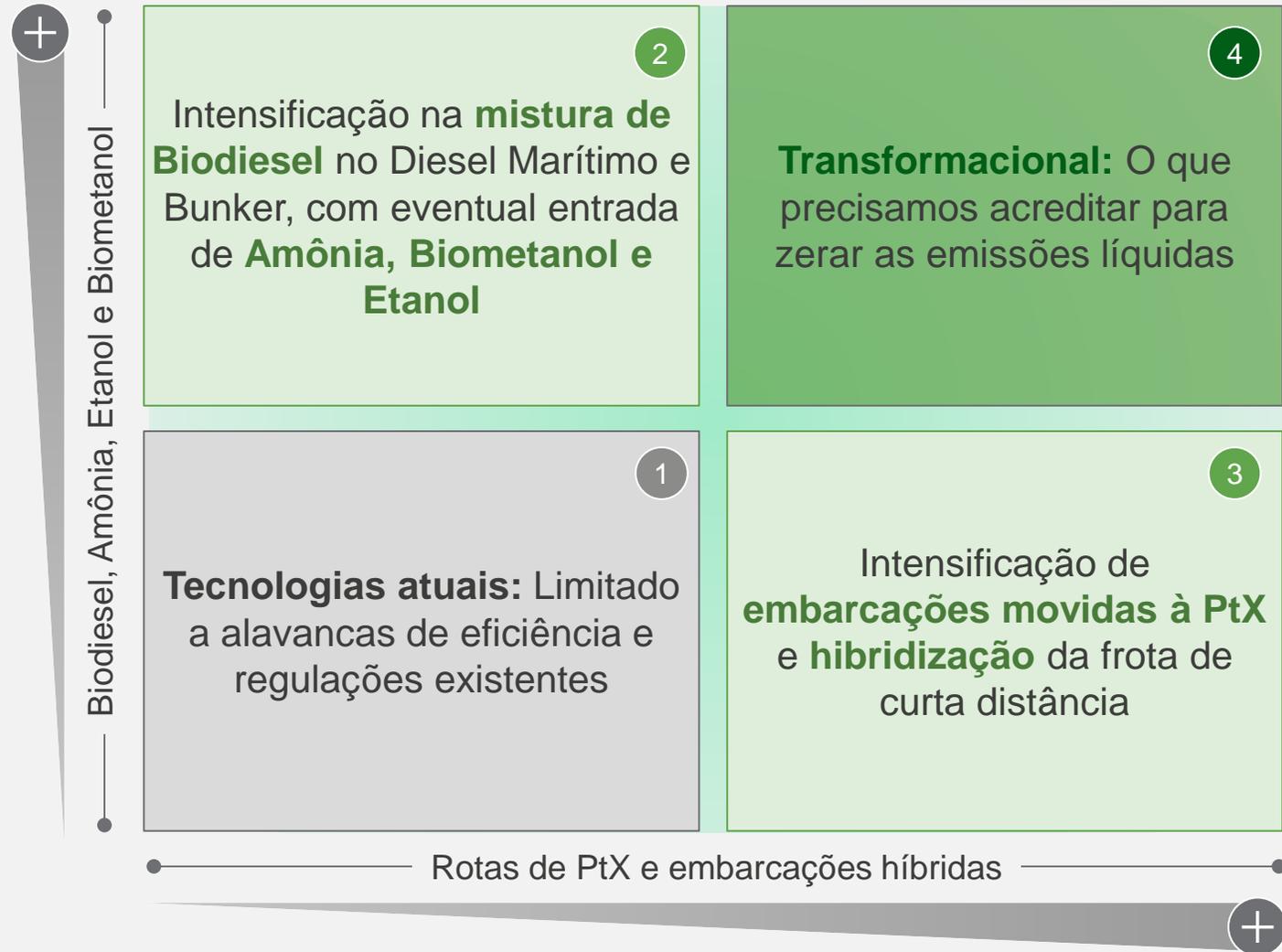
Não Exaustivo



1. Embarcações de transporte e de apoio portuário e marítimo; 2. A aplicação das alavancas considerou a diversidade do setor, abrangendo diferentes tipos de embarcações e empresas, levando em conta suas distintas realidades em termos de porte, recursos e capacidade de absorção das alavancas identificadas; 3. Globalmente, as emissões de portos representam <5% do total de emissões do setor aquaviário e marítimo. Fonte: PNL 2035, ANTF, ANTT, SEEG, OECD



Alavancas viáveis para o caso brasileiro foram consideradas para a proposição de 4 sensibilidades rumo a zerar as emissões líquidas no modo de transporte Aquaviário



Alavancas de eficiência consideradas em todas as sensibilidades



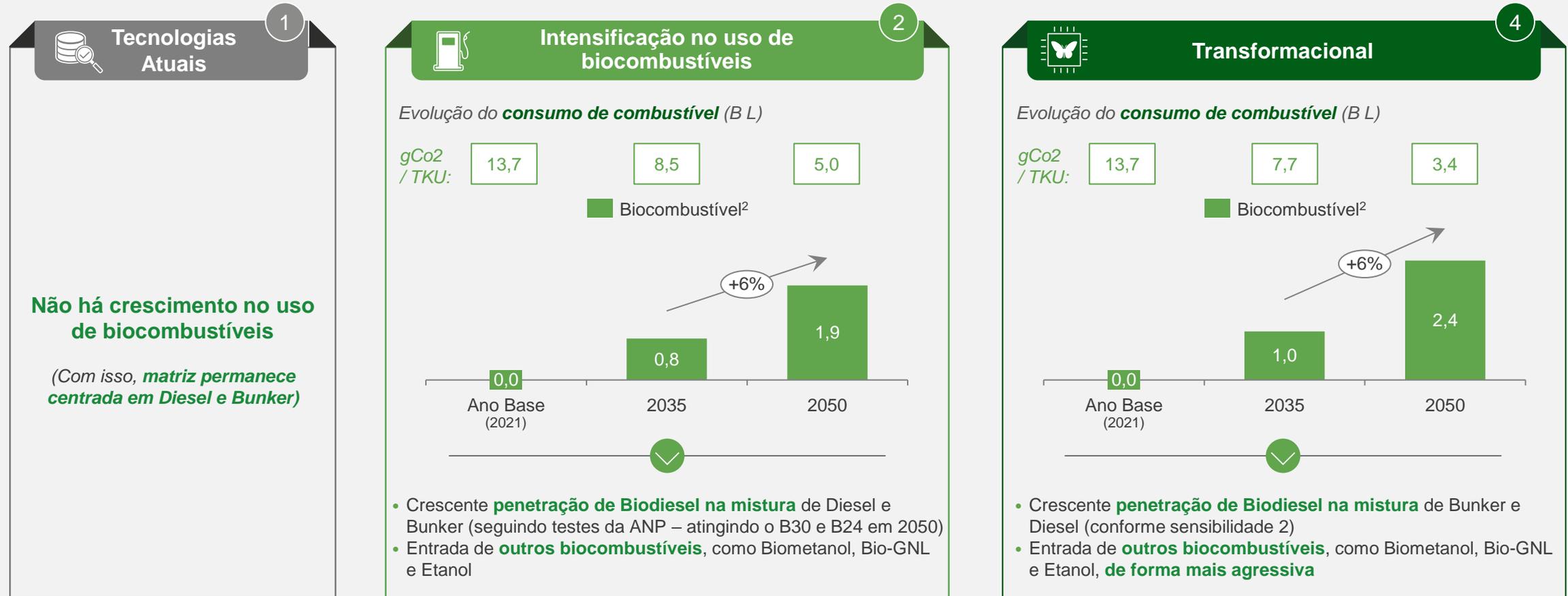
Sensibilidades propostas consideraram diferentes premissas...

		1	2	3	4	
		Tecnologias Atuais	Intensificação no uso de biocombustíveis	Intensificação rota PtX e hibridização	Transformacional	
Alavancas de Eficiência	A	Eficiência em Portos ✓ Eficiência em Transporte¹ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	
	Alavancas de Biocombustíveis ³	B	Uso de Biodiesel - Uso de GNL e Bio-GNL - Substituição do bunker HFO pelo LFO • Igual ao baseline – substituição gradual, com LFO atingindo 50% do bunker em 2050 Outros combustíveis com menor pegada de carbono -	• Uso do B20 no Diesel a partir de 2030, atingindo B24 em 2040 • Uso do B24 no Bunker a partir de 2030 • Atinge 13% da matriz em 2050 • Inicia penetração através do GNL, com posterior substituição pelo Bio-GNL • Atinge 8% da matriz em 2050 • Igual ao baseline – substituição gradual, com LFO atingindo 70% do bunker em 2050 • Entrada gradual de Amônia, Biometanol e Etanol da matriz (8%, 9% e 9% da matriz em 2050, respectivamente)	- - • Igual ao baseline – substituição gradual, com LFO atingindo 50% do bunker em 2050 -	• Uso do B20 no Diesel a partir de 2030, atingindo B24 em 2040 • Uso do B24 no Bunker a partir de 2030 • Atinge 7% da matriz em 2050 • Combustível de transição entre atuais e biocombustíveis e PtX • Representa 4% da matriz em 2050 • Substituição mais acelerada, COM LFO atingindo 100% do bunker em 2050 • Entrada gradual de Amônia (6%), Biometanol (18%), Etanol (15%) na matriz • Amônia abrindo espaço para soluções PtX a partir de 2040
Alavancas de PtX e Etrificação		C	Soluções de PtX¹ - Uso de soluções à bateria (híbridos) -	- -	• Entrada gradual de soluções de PtX (e-amônia e e-metanol) • Atinge 16% da matriz energética (MJ) em 2050 • Foco em embarcações híbridas de apoio marítimo e portuário • 8% da frota de apoio híbrida em 2050 (195 embarcações)	• Entrada gradual de soluções de PtX (e-amônia e e-metanol) • Atinge 20% da matriz energética (MJ) em 2050 • Foco em embarcações de apoio e empurradores híbridos • 7% da frota de apoio e interior híbrida em 2050 (214 embarcações)

1. Apenas as alavancas para as quais foram encontradas referências numéricas foram quantificadas; 2. Matriz = matriz energética (MJ), não considera o consumo proveniente de eletricidade; 3. Potencial intensificação de biocombustíveis para redução da pegada de carbono pode ser aplicada desde que seja constatada a viabilidade técnica, mecânica, operacional e laboratorial do referido insumo energético, bem como respeitada a diversidade de matrizes e especificidades regionais. Fontes: EPE; Entrevistas com experts setoriais; Clarkson; ANTAQ; DVN; RMI; Mpor.



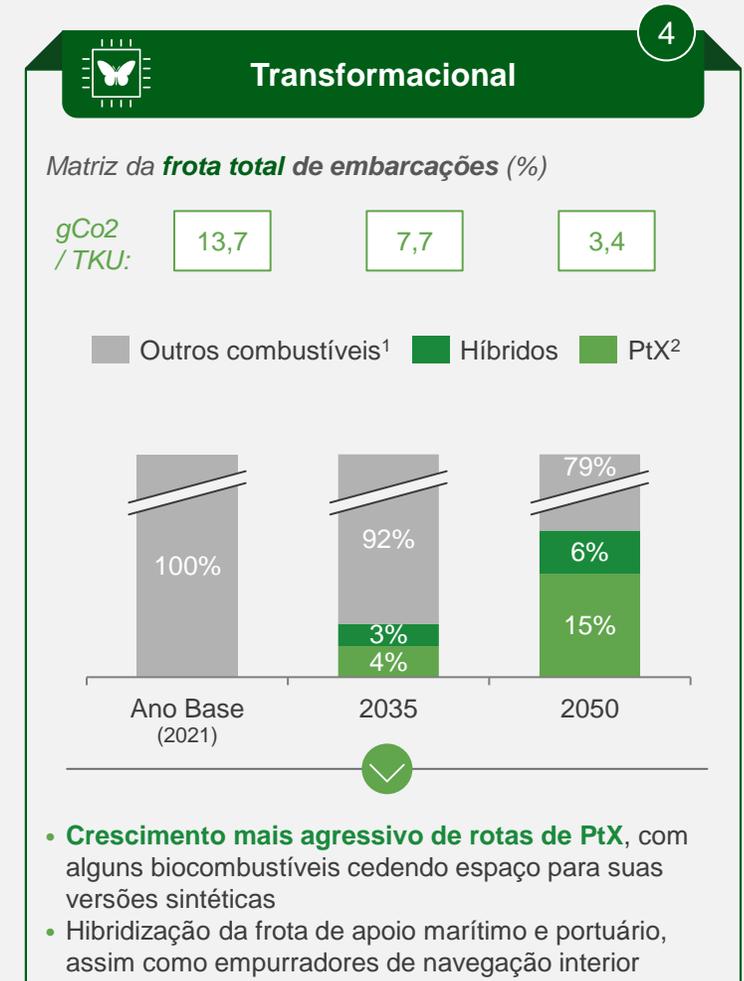
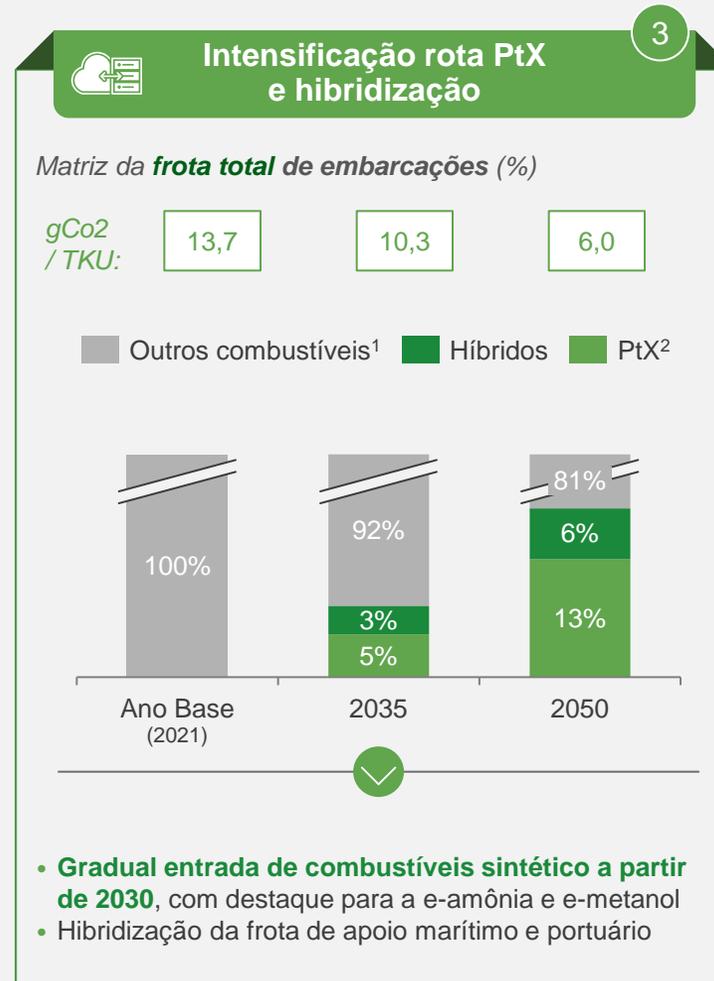
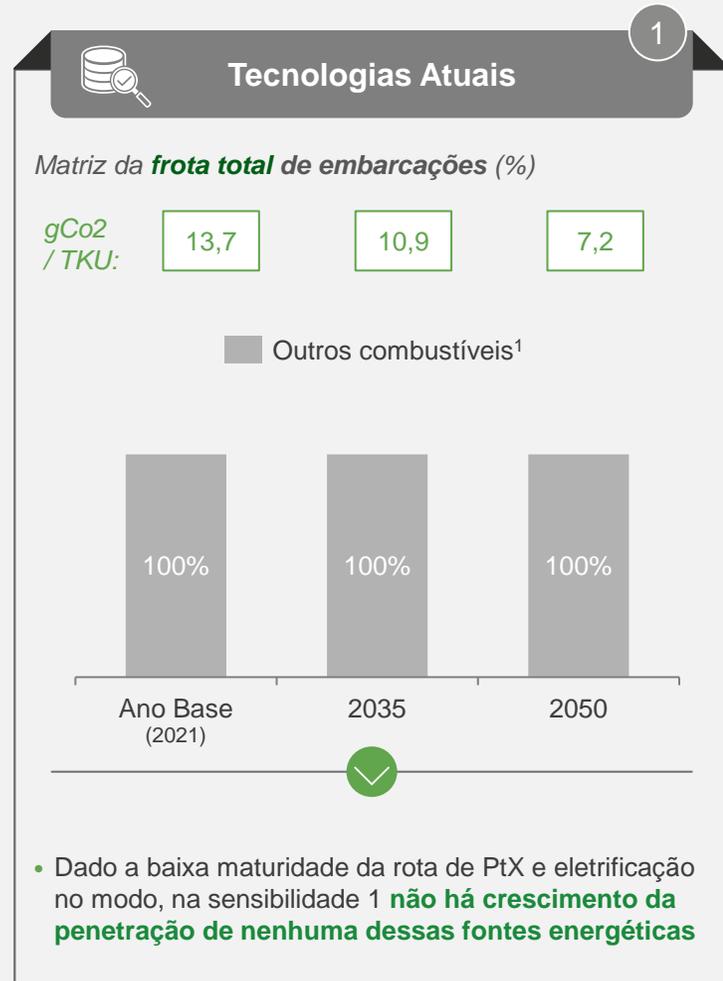
O uso de biocombustíveis cresce nas sensibilidades voltadas à troca de matriz energética, reduzindo o consumo de fósseis



Potencial intensificação de biocombustíveis para redução da pegada de carbono pode ser aplicada desde que seja constatada a viabilidade técnica, mecânica, operacional e laboratorial do referido insumo energético, bem como respeitada a diversidade de matrizes e especificidades regionais



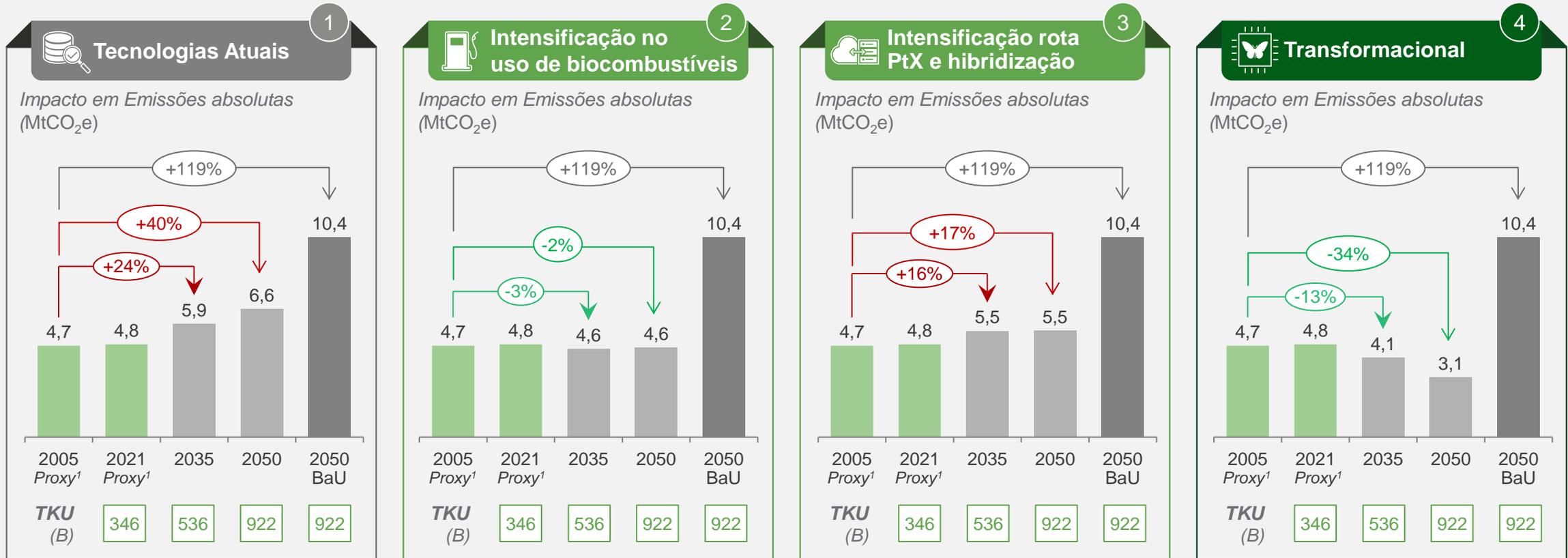
A entrada de rotas de PtX e híbridos devem intensificar a partir de 2035, chegando a representar ~20% da frota total



1. Inclui combustíveis fósseis e biocombustíveis; 2; PtX = Power-to-X (rota de hidrogênio verde transformada em combustíveis sintéticos, como e-amônia e e-metanol). Fonte: EPE; Entrevistas com experts setoriais; Clarkson; ANTAQ; DVN; RMI; Mpor.



As sensibilidades propostas são capazes de prever diferentes impactos potenciais em nível de emissões

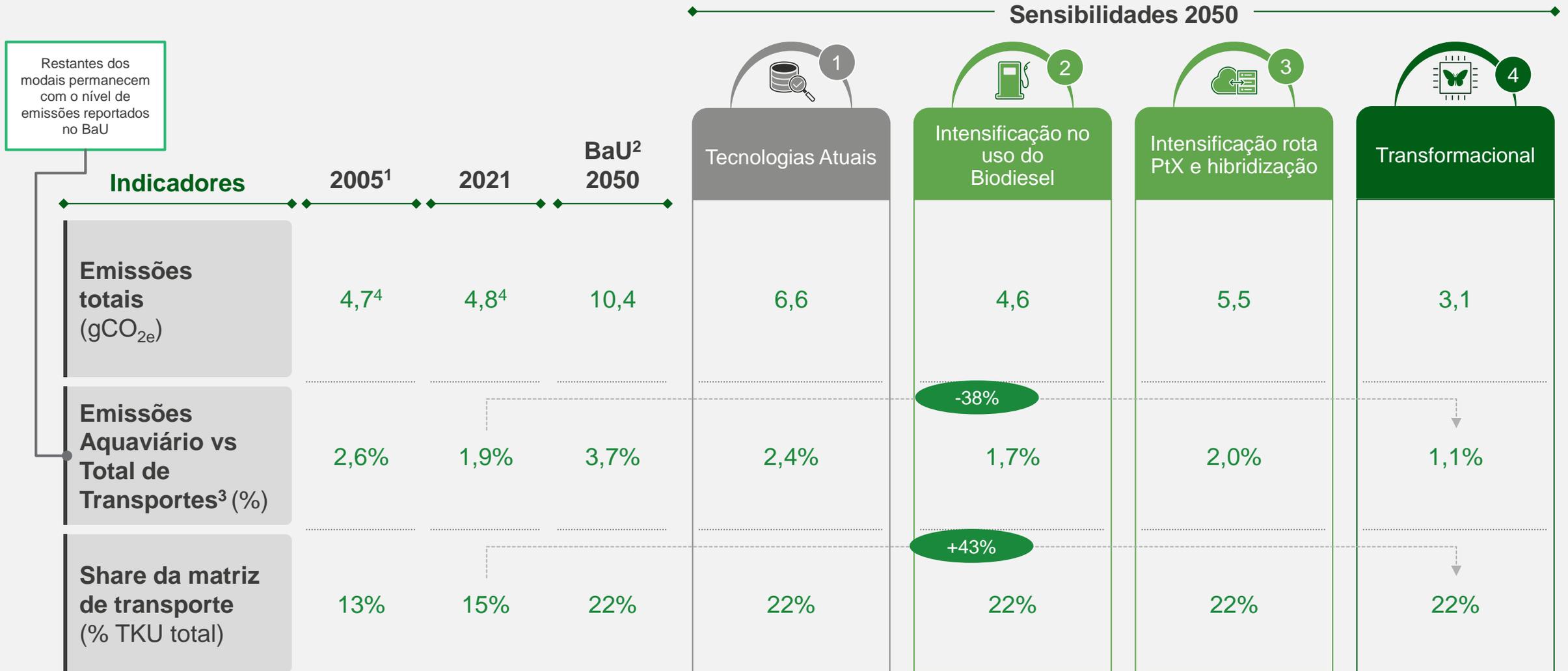


O aumento de emissões é proveniente do crescimento do TKU do modo; Contudo, o aumento é menor versus BaU – crescimento de **+55% 2005-35 e +119% 2005-50**

1. A emissão SEEG foi ajustada por um fator de emissões do poço ao tanque (WTT) / emissões do tanque à roda (TTW) do modo, sendo que os valores de 2005 e 2021 refletem os números reportados pelo SEEG (e não aqueles modelados através do PnL). Fonte: EPE; Entrevistas com experts setoriais; Clarkson; ANTAQ; DVN; RMI; Mpor ¹⁰⁴



Apesar de não zerar as emissões, o share de emissões pode crescer a um ritmo menos acelerado versus aumento do TKU



1. Ano base para NDCs; 2. Business-as-Usual; 3. Restantes dos modais permanecem com o nível de emissões reportados no BaU; 4. A emissão SEEG foi ajustada por um fator de emissões do poço ao tanque (WTT) / emissões do tanque à roda (TTW) do modo. Fontes: SEEG, ANTAQ, PNL, ANTT



Exemplos recentes ilustram como habilitadores contribuem para viabilizar alavancas de descarbonização

Ilustrativo

É estratégico garantir o contínuo alinhamento da metodologia de cálculo de emissões do Brasil às diretrizes da IMO para garantir convergência e consistência internacional

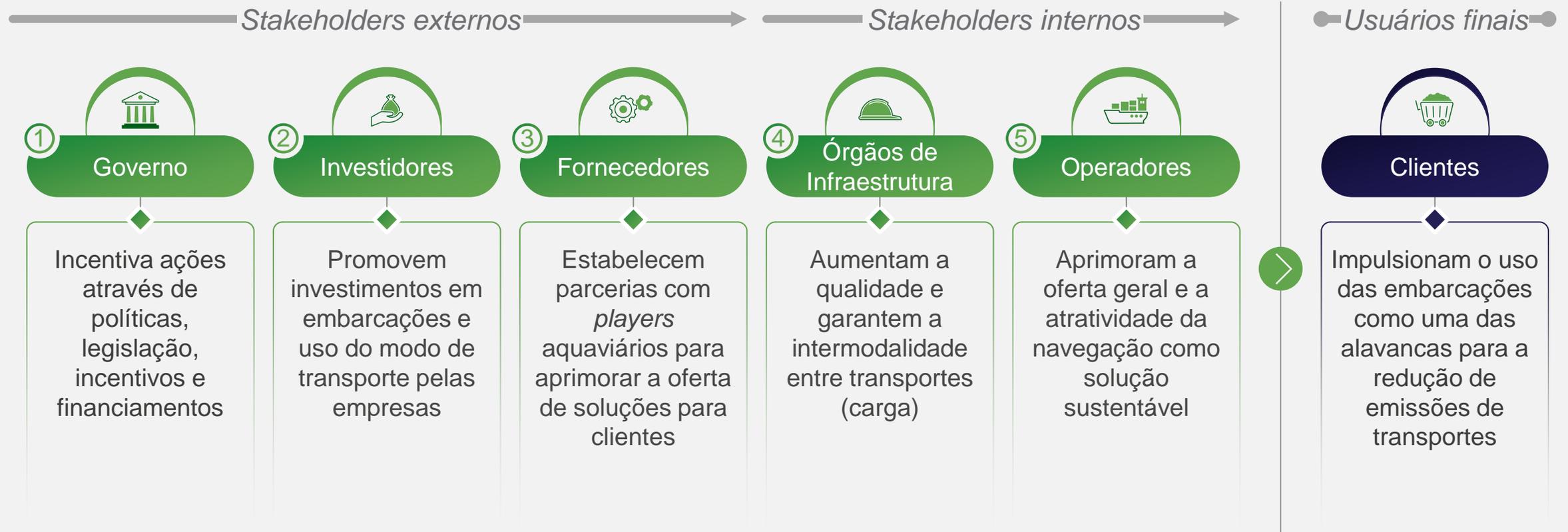
Exemplos selecionados

- ✓ **Implementação de mecanismos de monitoramento de performance de sustentabilidade I IMO** | Exigência de reporte de Índice de Eficiência Energética (EEXI), que avalia design dos navios, e o Indicador de Intensidade de Carbono (CII), que monitora a intensidade de carbono operacional 
- ✓ **Investimento público para viabilizar expansão do modo aquaviário I Novo PAC** | R\$ 60M para construção do Terminal Hidroviário de Macapá, com objetivo de potencializar o transporte de cargas e passageiros, que por si só tem natureza mais sustentável 
- ✓ **Expansão de terminais privados** | O número crescente de terminais privatizados, aumento de ~44% nos últimos 13 anos⁴, fomenta tendência de crescimento de um modo mais sustentável, contribuindo para a matriz de transportes mais limpa 
- ✓ **Regulação que incentive investimentos públicos e privados na matriz de cabotagem e transporte aquaviário interior I BR do Mar e BR dos Rios¹** | Por meio da simplificação de regras e do aumento das possibilidades de contratação do transporte aquaviário, busca-se ampliar a oferta, fomentar a competitividade e estimular investimentos em operações e infraestrutura 
- ✓ **Mecanismos tangíveis para fomento ao financiamento privado I Green Shipping Fund** | Fundo de €420M que oferece empréstimos a operadores para substituição ou modernização de embarcações que usam combustíveis verdes³ 
- ✓ **Estímulo a investimentos públicos em desenvolvimento tecnológico I Fundo da Marinha Mercante** | R\$ 12 bilhões aprovados para modernização do setor, incluindo o primeiro projeto de conversão de motores de embarcações de apoio marítimo para uso de etanol brasileiro 
- ✓ **Ferramentas concretas de financiamento para fomento à P&D² pelo setor privado | The Mærsk Mc-Kinney Møller Center** | Parceria entre Maersk, universidades e o governo para P&D² de H2 verde e amônia 



Agentes para Mudança | Stakeholders assumem diferentes papéis fundamentais na viabilização das sensibilidades

Redução de emissões depende das contribuições bem-sucedidas de diferentes stakeholders





Ambicionamos um crescimento sustentável para o modo Aquaviário brasileiro

Impacto almejado em 2050 - Aquaviário



O que pode representar ~7,3 Mton de redução de CO₂e vs BaU com mudança de matriz prevista pelos planos setoriais

Modo Aquaviário Atual¹ ...



~16% do TKU nacional transportado pelo modo aquaviário (equivalente a ~368 B de TKU)



~0 B L de biocombustíveis consumidos, com a matriz focada no uso de opções fósseis



<1% de embarcações híbridas compoendo a frota, com poucas exceções recém implementadas



~0% da frota utilizando PtX⁴ ou outras soluções H₂ de baixo carbono

... Modo Aquaviário Futuro²



~22% do TKU nacional transportado pelo modo (equivalente a ~922 B de TKU)



~1,0 B L de biocombustíveis Consumidos dentre Biodiesel, Diesel Verde e Etanol



~6% de embarcações híbridas compoendo a frota, como foco em navegação interior e apoio³



15% das embarcações usando **combustíveis sintéticos (PtX)**

1: 2023; 2. 2050 Transformacional; 3. Apoio Marítimo e Portuário; 4. Power-to-x. Fonte: Infra SA 2021; EPE; Entrevistas com experts setoriais; Clarkson; ANTAQ; DVN; RMI; Mpor.



Sumário Executivo | Aquaviário

O modal Aquaviário **tem natureza menos poluente se comparado ao modal Rodoviário** (~10-15 gCO₂e/TKU vs ~50-64 gCO₂e/TKU¹), representando **16%²** das movimentações de carga nacionais e emitindo ~4,6 Mton CO₂e^{2,3} (~1,8%^{2,3} do total de emissões de CO₂e do setor de transportes).

Em um cenário de inação, o total de emissões de transportes chegaria a **~424 Mton CO₂e em 2050**; Neste contexto, a **representatividade dos modais na matriz de transportes de carga se manteria inalterada** (Aquaviário permaneceria com 15%); Emissões do modal chegariam a **~7,3 Mton CO₂e** (+60% vs. 2023)

No entanto, o PNL⁴ e os Planos Setoriais de transportes propõem uma mudança significativa da matriz logística do país. Tal mudança seria uma alavanca crítica para a descarbonização, levando a uma redução de **~15M ton CO₂e** nas emissões do setor como um todo; Com isso, **a representatividade do modal na matriz chegaria a 22% das movimentações de cargas em 2050**; Como consequência desse crescimento, as emissões do modal aumentariam para **~10,4 MtCO₂e em 2050** (+127% vs. 2023); Porém, o aumento de participação previsto para o modal representa um grande desafio, e exige investimentos robustos na expansão e adequação da infraestrutura aquaviária⁵.

Para mitigar o crescimento das emissões e fortalecer a agenda climática, as **14 entidades⁶** da vertical Aquaviária da Coalizão identificaram e analisaram o potencial de descarbonização de **24 alavancas**. Entre as principais estão:

- **Biocombustível | Expansão do uso:** Adoção de combustíveis alternativos (ex.: Bio-GNL, Biometanol) – devem ser precedidos de testes técnicos e operacionais que comprovem viabilidade, respeitando a diversidade de matrizes e especificidades regionais;
- **Power-to-X | Adoção granular de soluções:** Viabilização do uso de combustíveis sintéticos⁷ no médio/longo prazo;
- **Eficiência | Viabilização da infraestrutura e facilitação de acesso dos portos:** Redução do tempo médio de espera e atracação nos portos.

Como consequência da implementação das 24 alavancas mapeadas, as emissões absolutas do setor podem **ser reduzidas até ~3,1 Mton CO₂e³** (-32% vs. 2023) **na sensibilidade transformacional em 2050**.

Dado o tamanho do desafio, uma série de habilitadores serão necessários para materializar tais alavancas. Alguns exemplos concretos a seguir ilustram como habilitadores podem contribuir para o avanço da agenda de descarbonização no modal Aquaviário:

- **Regulação I Ex: BR do Mar e BR dos Rios⁸** | Incentivo à investimentos públicos e privados na matriz de cabotagem e transporte aquaviário através de iniciativas que visam ampliar a oferta, fomentar a competitividade e estimular investimentos em operações e infraestrutura;
- **Regulação I Ex: Novo Marco Regulatório dos Portos⁹** | Melhoria da competitividade do modal através da modernização do setor portuário por meio da ampliação da participação privada, unificação das regras para terminais públicos e privados e fortalecimento da governança regulatória.

Emissões remanescentes representariam **~2%³ do total de emissões de transportes do Brasil na sensibilidade transformacional em 2050** (3,1 Mton CO₂e³), **reforçando os benefícios gerados pela maior representatividade do modal em detrimento de outros mais poluentes; Porém, dado volume residual existente de emissões**, entidades participantes da Coalizão **devem continuar debates** para avanços na direção de emissões líquidas zero até 2050.

1. Calculado com base em dados da ANTF e SEEG 2022; 2. 2023; 3. Considera ajustes poço à roda (WTW, Well-To-Wheel), mesmo para valores realizados (2023); 4. Considera como base os planos setoriais de transportes; 5. Informações disponibilizadas nos planos setoriais ainda não são granulares o suficiente para permitir uma quantificação do investimento necessário; 6. Além das 9 entidades específicas, CEBDS, Motiva, CNT e Observatório de Mobilidade do Insper também coordenaram as discussões de forma transversal às diferentes verticais da coalizão; 7. e.g.: e-metanol e e-amônia, por exemplo; 8. Ainda pendente aprovação; 9. Lei nº 12.815/2013



Considerações

Resumo

Abordagem

Detalhamentos por modal

Rodoviário

Ferrovário

Aquaviário

Aeroviário

Mobilidade Urbana

Apêndice





Definição dos caminhos potenciais para a redução de emissões no modal **Aeroviário** foi estruturada em 3 passos

1



Definição de um cenário BaU¹ de emissões, com mudanças na participação dos diferentes modos de transportes

2



Mapeamento das alavancas para redução de emissão aplicáveis ao modo aeroviário

3



Proposição de possíveis sensibilidades com base nas alavancas mapeadas

1. BaU = *Business-as-usual*



O aumento da representatividade de SAF na matriz de combustível não vem sem seus desafios

Principais desafios no uso escalável de SAF

Não Exaustivo



Custos Elevados

- O SAF atualmente é **significativamente mais caro** que o combustível convencional (QAV)
- **Em média, o custo é de 2 a 5 vezes maior**



Escassez de Matérias-Primas

- A **disponibilidade de matérias-primas** para a **produção de SAF¹** já é **limitada**, principalmente dado **concorrência com outros usos** (e.g. outros biocomb.)



Capacidade de Produção

- As **plantas de produção** ainda são **poucas e produzem volumes insuficientes**, sendo que a **construção de novas instalações** requer **investimentos significativos e tempo**



Infraestrutura e Logística

- **Garantir a disponibilidade** de SAF em **todos os pontos de abastecimento** (aeroportos) pode ser **logisticamente desafiador**, assim como o transporte de matéria prima aos pontos de produção



Regulação e Padrões

- Apesar de esforços para padronização, **ainda há diferenças regulatórias entre países e regiões³**
- Ademais, cada tipo de SAF **precisa ser certificado individualmente** para atender às especificações

Os **projetos atualmente anunciados de SAF (Brasil)** devem ter uma **capacidade adicionada de 1.100 mil m³/ano²** (ainda não operacionais)

Setor tem demanda atual de ~+4.000 mil m³/ano de QAV (2023)

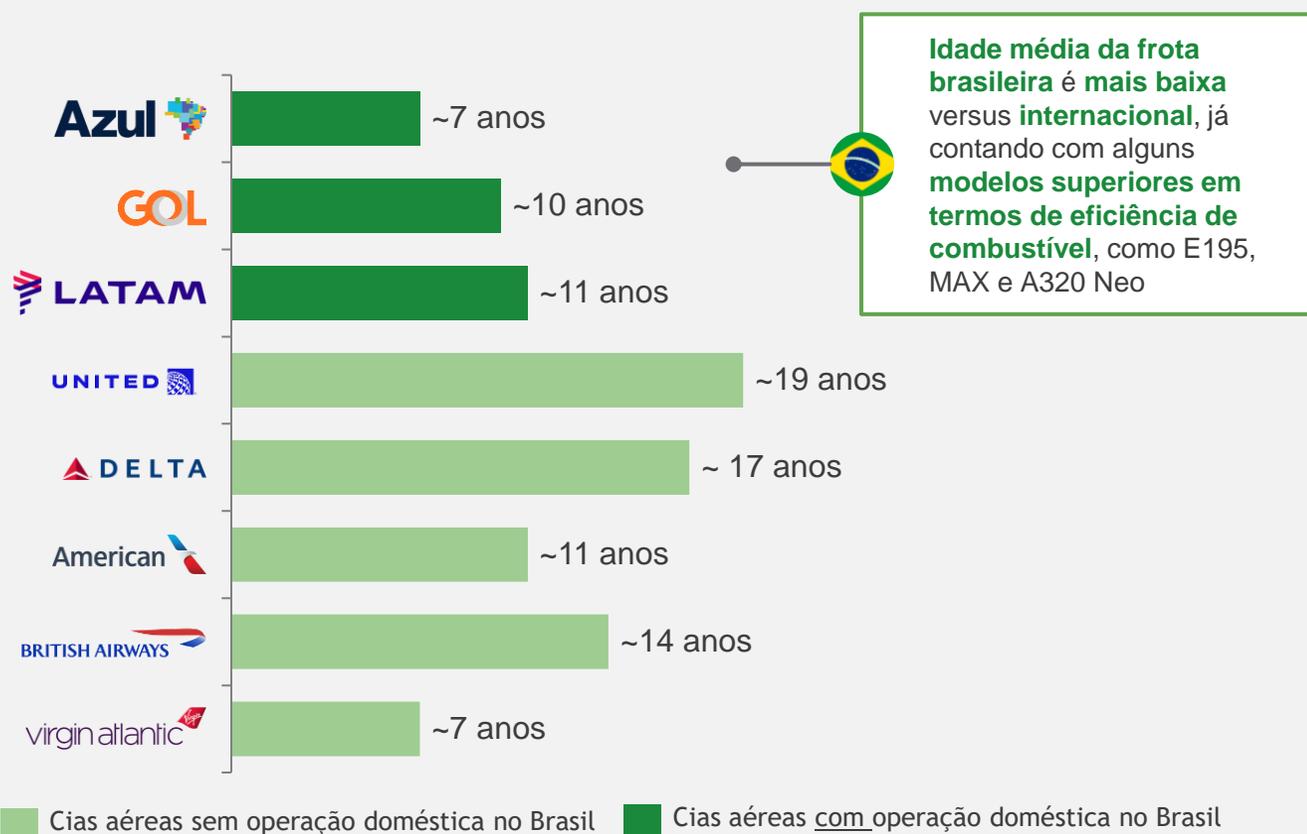
Notas: 1. Biomassa, resíduos agrícolas, óleos usados, gorduras animais e outras fontes renováveis; 2. Último projeto deve se tornar operacional somente a partir de 2028, necessitando de certo tempo até estar produzindo a capacidade máxima projetada considerada na conta de 1.100 mil m³/ano; 3. É importante observar certo grau de compatibilidade entre padrões nacionais (e.g. Renova Bio) e outras leis/padrões internacionais (e.g. Corsia). Fonte: Argus; ANAC; EPE; FAPESP; ICS; PRO QR; World Economic Forum, Folha de São Paulo.



Cias brasileiras possuem uma frota relativamente nova e destacam-se na implementação de iniciativas de eficiência

Não Exaustivo

Idade média frota (em # de anos, valores arredondados)



- **Outras iniciativas de eficiência operacional já vem sendo testadas** por partes das empresas brasileiras:

- **LATAM** iniciou um **programa de atualização da sua frota A320 com a função de DPO¹** – aprimoramento da economia de combustível no momento de pouso - a partir de 2021
- A **Gol** divulgou em 2024 o **uso de ferramentas de IA para serviços de roteirização inteligente** e rastreabilidade automatizada em tempo real
- A **Azul** vem desenvolvendo em conjunto com os aeroportos o **programa APU Zero**, buscando **substituir os APUs por fontes externa de energia elétrica** no momento de embarca e desembarque, evitando o consumo de QAV



Exemplos completos nas alavancas no anexo deste documento



Alguns aeroportos brasileiros também já vem implementando uma série de medidas para a descarbonização

Não Exaustivo

Exemplo de medidas de descarbonização sendo implementadas por aeroportos brasileiros



Aeroporto de Congonhas

- Investimento de **R\$ 2,4 bilhões** em sua modernização que inclui a instalação de uma **nova subestação elétrica** e 10 ônibus 100% elétricos
- Início de **teste de um novo biocombustível** - BeVant, um combustível desenvolvido a partir do biodiesel – em suas operações internas



Iniciativas de Eficiência

- **Projeto Circula¹**: transformação do modelo econômico linear tradicional nas construções, processos e operações aeroportuárias considerando os **princípios da economia circular²**
- Meta de **migrar toda a frota de veículos leves para biocombustíveis** até o ano de 2025



Aeroporto Francisco Sá Carneiro

- PRIO & Beyond Fuels assinaram um **protocolo para a utilização de biocombustíveis** nas viaturas pesadas

Manaus Airport

- Meta de **redução de 5% do consumo de energia elétrica até 2030**, além de priorizar o uso de **energias limpas**



Iniciativas de Eficiência

- Substituição de **110 luminárias no sistema de orientação de uma de suas pistas por LEDs**, reduzindo consumo em 85%, melhorando segurança e ampliando vida útil para 50 mil horas
- A meta de **redução de consumo de energia elétrica é de 5% por passageiro** até 2037



Eficiência | Medidas de eficiência operacional e no consumo de combustível são primordiais para a redução de emissões

Não Exaustivo

Impacto esperado em emissões



Alavancas – Aeronaves (momento de voo)	Análise de Viabilidade atual ¹	Referências
<p>1 Renovação acelerada da frota atual, com a substituição mais rápida de aeronaves mais antigas por modelos mais eficientes (e.g. modelos Max e Neo) e com melhor design</p>	<p><i>Exige investimentos robustos em Capex e maior prazo de implementação dado idade da frota brasileira, mas oferece alto benefício potencial</i></p>	<p>GOL Frota de 52 unidades do Boeing 737 MAX 8, aeronaves 15% mais eficientes em termos de consumo de combustível e emissões</p>
<p>2 Otimização inteligente de rotas e alocação de frota ao modernizar o sistema de operação de tráfego aéreo, reduzindo distância média e outros efeitos</p>	<p><i>Implementação desafiadora devido à dependência de múltiplos stakeholders, mas com potencial de benefícios no curto / médio prazo</i></p>	<p>ABEAR, IATA e DECEA Estudo de 300 rotas aéreas otimizadas analisando o período de 2020 até início de 2023, é possível ter uma economia de 740 mil km e evitar 196 milhões kg de CO₂</p>
<p>3 Agir sobre o comportamento dos motores e dos pilotos através de programas de Condução Ecoeficiente e Assistida para otimizar a alta dispersão do consumo de energia entre os diferentes voos</p>	<p><i>Relativamente simples de implementar, com investimento dependente da solução (tecnologia ou treinamento)</i></p>	<p>LATAM Uso do DPO² em algumas frotas, software que permite descidas mais eficientes com os motores em marcha lenta, reduzindo mais de 300 toneladas de CO₂/ano por aeronave</p>
<p>4 Melhor aproveitamento das aeronaves, com foco na elevação do load factor</p>	<p><i>Cias. aéreas já operam com alto nível de ocupação, incrementos adicionais tem benefícios marginais</i></p>	<p>Voa Brasil Programa de incentivo adicional à compra de passagens aéreas para novos segmentos da população, estimulando a demanda no setor</p>

● Quanto mais verde, mais viável

Notas: 1. Qualitativa, com base em fatores como Facilidade de Implementação, Impacto Esperado em Eficiência e Tempo para Implantação, bem como de inputs do Momento de Escuta com o grupo; 2. Descent Profile Optimisation. Fonte: Skypower Reports; EPE; The Economist; ProQR; FAPESP



Eficiência | Eficiência no consumo energético e aprimoramento da gestão dos aeroportos são viabilizadores centrais

Primeiras duas alavancas consideram impacto / viabilização da redução de emissões por parte das aeronaves

Não Exaustivo

Impacto esperado em emissões



Alavancas – Aeroportos e emissões em solo	Análise de Viabilidade atual ¹	Referências
<p>1 Aprimoramento da gestão operacional² (e.g. <i>ground ops., ground control, flight control</i> etc.) e trajetórias de pouso e decolagem por meio da modernização de sistemas e fortalecimento da infraestrutura aeroportuária</p>	<p><i>Viabilizador central, mas implementação complexa em termos operacionais e de gestão de stakeholders</i></p>	<p>DXB⁴ Sistema de orientação de pistas 'Follow the Greens' otimiza as rotas de taxiamento das aeronaves</p>
<p>2 Suporte ao aumento de eficiência do consumo energético da aeronave no solo (e.g. uso de rebocadores elétricos, utilização de GPUs elétricos - e.g. 400Hz - em vez de APUs etc.)</p>	<p><i>Implementação depende da solução, com opções de rebocadores elétricos dependentes de infraestrutura atual do aeroporto</i></p>	<p>Schiphol Taxibot - Veículo rebocador com motorização híbrido que pode conduzir os aviões com motores desligados até a cabeceira da pista</p>
<p>3 Implementação de estratégias de ganho de eficiência no consumo de eletricidade, gases refrigerantes, resíduos e água (e.g. lâmpadas LED, uso de ventilação natural etc.)</p>	<p><i>Implementação geralmente de baixa complexidade e mais rápida implementação, com alto potencial de impacto</i></p>	<p>BSB³ Substituição de 110 luminárias no sistema de orientação de uma de suas pistas por LEDs, reduzindo consumo em 85%, melhorando segurança e ampliando vida útil para 50 mil horas</p>
<p>4 Renovação acelerada da frota e maquinário de apoio atual, com a substituição por modelos mais eficientes</p>	<p><i>Benefício pode ser relevante, mas depende da escala e temporalidade da implementação</i></p>	<p>Embraer Impulsiona plano de inovação com financiamento de R\$ 500 mi do BNDES buscando aumentar a eficiência energética e fortalecer cadeia de fornecedores nacionais</p>

● Quanto mais verde, mais viável

Notas: 1. Qualitativa, com base em fatores como Facilidade de Implementação, Impacto Esperado em Eficiência e Tempo para Implantação, bem como de inputs do Momento de Escuta com o grupo; 2. Considera decisões de pista/pátio e de gestão de pouso/decolagem; 3. Aeroporto Internacional de Brasília Presidente Juscelino Kubitschek; 4. Dubai International Airport; Fonte: ICAO; NLR; FAPESP; ACI



Biocombustíveis | O uso de SAF pode ganhar espaço relevante na matriz de combustíveis do setor

Não Exaustivo



Alavancas – Aeronaves (momento de voo)

Análise de Viabilidade atual¹

Referências

1 Intensificação do uso de **bio-SAF** de forma direta como alternativa ao QAV e à gasolina de aviação

Uso ainda requer testes e investimentos na cadeia de suprimentos, mas apresenta benefícios potenciais já no curto / médio prazo

Latam | Compromisso de incorporar 5% de SAF em suas operações até 2030

Air France KLM | Acordo com a **TotalEnergies** para o fornecimento de até 1,5 milhão de toneladas de SAF ao longo de 10 anos, até 2035

British Airways | Acordo plurianual com a Phillips 66 Ltda. para o fornecimento de SAF produzido na Refinaria Humber

2 Utilização de práticas de **Book & Claim²**, através da aquisição de **créditos de SAF**

Relativa facilidade de implementação, apesar de atrelado a um incremento de Opex

Gol | Anunciada em 2023, a empresa firmou uma parceria com a VIBRA e a plataforma RBS para um programa piloto de compensação de SAF por meio do sistema Book & Claim

Corte de emissões relativa ao SAF em outra etapa da cadeia pode não acontecer dentro do escopo de emissões domésticas brasileiras³

Potencial intensificação de biocombustíveis para redução da pegada de carbono pode ser aplicada desde que seja constatada a viabilidade técnica, mecânica, operacional e laboratorial do referido insumo energético, bem como respeitada a diversidade de matrizes e especificidades regionais

Notas: 1. Qualitativa, com base em fatores como Facilidade de Implementação, Impacto Esperado em Eficiência e Tempo para Implantação, bem como de inputs do Momento de Escuta com o grupo; 2. Prática em que determinada cia aérea compra os créditos correspondentes ao SAF produzido, mas usa combustível convencional em seus voos, outra parte do sistema consome o SAF físico e a cia compradora recebe créditos de carbono; 3. Apesar de poder ser contabilizado no CORSIA. Fonte: Skypower Reports; EPE; The Economist; ProQR; FAPESP; Gol

 Quanto mais verde, mais viável



Biocombustíveis | A substituição de combustíveis tradicionais é chave para a descarbonização dos aeroportos

Não Exaustivo



Impacto esperado em emissões

Alavancas – Aeroportos e emissões em solo

Análise de Viabilidade atual¹

Referências

1

Uso de **combustível limpo no maquinário de apoio**, como nos **APU** (*Auxiliary Power Unit*) e/ou **GPU** (*Ground Power Unit*)



Baixa complexidade de implementação, mas capaz de gerar benefícios no curto prazo

VINCI Airports | PRIO & Beyond Fuels assinaram um protocolo para a utilização de biocombustíveis nas viaturas pesadas do Aeroporto Francisco Sá Carneiro

2

Uso de **combustíveis limpos** na **frota de apoio** (e.g. ônibus internos e tratores de bagagem à base de GNC ou etanol)



Benefício pode ser relevante, mas depende da escala e temporalidade da implementação

Motivaiva | Meta de migrar toda a frota de **veículos leves para biocombustíveis** até o ano de 2025

3

Apoio ao **oferecimento de combustíveis limpos** às aeronaves (e.g. infraestrutura, facilitação etc.)



Viabilizador central da descarbonização do setor, contudo, certas ações são de maior complexidade de implementação

Schiphol & NESTE | Parceria para o fornecimento de mais de **2 milhões de galões de SAF integrados ao sistema** de abastecimento em 2024

Potencial intensificação de biocombustíveis para redução da pegada de carbono pode ser aplicada desde que seja constatada a viabilidade técnica, mecânica, operacional e laboratorial do referido insumo energético, bem como respeitada a diversidade de matrizes e especificidades regionais

Quanto mais verde, mais viável

Notas: 1. Qualitativa, com base em fatores como Facilidade de Implementação, Impacto Esperado em Eficiência e Tempo para Implantação, bem como de inputs do Momento de Escuta com o grupo; Fonte: ICAO; NLR; FAPESP; ACI



PtX e Eletrificação | Apesar de ainda imaturas no modo, soluções podem ganhar força principalmente na aviação regional

Não Exaustivo



Alavancas – Aeronaves (momento de voo)

Análise de Viabilidade atual¹

Referências

1 **Utilização** de soluções de **Power-to-Liquid** (PtL: e-SAF²) como fonte de energia

Tecnologia ainda é imatura e depende de testes e tempo para se tornar viável em escala

United | Investimento da UAV³ + acordo comercial com a **Dimensional Energy**, comprometendo-se a adquirir pelo menos 300 milhões de galões de **PtL SAF** ao longo de 20 anos

2 Uso de **soluções de hidrogênio como fonte energética direta** (através de combustão direta ou célula de combustível)

Tecnologia ainda é extremamente imatura e depende de testes para analisar a viabilidade em escala para aviação comercial

Airbus | Através de uma joint-venture com a ElringKlinger AG, a Airbus está conduzindo **testes para o desenvolvimento de aeronaves comerciais que utilizam célula de combustível de H₂**

Outras iniciativas que são **potenciais alavancas para aeronaves menores e de curta distância**, como **eletrificação/hibridização**, não foram analisadas em detalhes dada a **limitação da solução e tempo de implementação**

Impacto esperado em emissões

Notas: 1. Qualitativa, com base em fatores como Facilidade de Implementação, Impacto Esperado em Eficiência e Tempo para Implantação, bem como de inputs do Momento de Escuta com o grupo; 2. Combustíveis sintéticos produzidos a partir de hidrogênio verde, eletricidade renovável e CO₂ capturado - o gás sintético precisa passar por um processo de conversão (Fischer-Tropsch) para produzir produtos líquidos que podem ser refinados para combustíveis; 3. United Airlines Ventures; Fonte: Skypower Reports; EPE; The Economist; ProQR; FAPESP

Quanto mais verde, mais viável



PtX e Eletrificação | Eletrificação, energia limpa e infra. são alavancas centrais para descarbonizar operações aeroportuárias

Não Exaustivo

Impacto esperado em emissões



Alavancas – Aeroportos e emissões em solo	Análise de Viabilidade atual ¹	Referências
<p>1 Utilização de energia renovável (e.g. matriz fotovoltaica) nas operações (terminais, pátio e administrativas)</p>	<p>Exige infraestrutura geral de acesso de mais complexa implementação, mas apresenta potencial de benefícios no médio prazo</p>	<p>Motiva Aeroportos Instaladas fazendas solares em sete aeroportos administrados com capacidade para gerar, no total, 40 milhões kWh por ano. 750 mil m² de terreno</p>
<p>2 Eletrificação (ou uso de baterias híbridas) da frota (e.g. ônibus e tratores de bagagem) e maquinário (e.g. GPU) de apoio</p>	<p>Benefício pode ser relevante, mas depende da escala e temporalidade da implementação</p>	<p>SFO² Zero Emissions Vehicle Readiness Roadmap – Eletrificação de 38% frota leve, 50% frota de ônibus e 45% dos eq. de apoio em solo + 300 estações de carregamento</p>
<p>3 Uso de matriz energética limpa nos sistemas e maquinários de apoio elétricos/híbridos (e.g. GPU)</p>	<p>Exige infraestrutura geral de acesso de mais complexa implementação, mas apresenta potencial de benefícios no médio prazo</p>	<p>Zurich Airport Brasil³ Implantação de sistema que fornece energia elétrica fornecida pelo aeroporto de fontes renováveis para as aeronaves em solo</p>
<p>4 Aprimoramento da infraestrutura do aeroporto, permitindo a eletrificação (e.g. infraestrutura de tomadas, rede elétrica de transmissão adaptada etc.)</p>	<p>Viabilizador essencial para a descarbonização do setor, porém com alta complexidade e necessidade de investimentos significativos</p>	<p>Aeroporto de Congonhas Aena⁴ investe R\$ 2,4 bilhões em sua modernização que inclui a instalação de uma nova subestação elétrica e 10 ônibus 100% elétricos</p>

● Quanto mais verde, mais viável

Notas: 1. Qualitativa, com base em fatores como Facilidade de Implementação, Impacto Esperado em Eficiência e Tempo para Implantação, bem como de inputs do Momento de Escuta com o grupo; 2. San Francisco International Airport; 3. Aeroportos de Florianópolis e Vitória; ; 4. Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea; Fonte: ICAO; NLR; FAPESP; ACI



Definição dos caminhos potenciais para a redução de emissões no modal Aeroviário foi estruturada em 3 passos

1



Definição de um cenário BaU¹ de emissões, com mudanças na participação dos diferentes modos de transportes

2



Mapeamento das alavancas para redução de emissão aplicáveis ao modo aeroviário

3



Proposição de possíveis sensibilidades com base nas alavancas mapeadas



As emissões do ecossistema aéreo vêm principalmente do transporte, com menor impacto da infraestrutura aeroviária

Ilustrativo

Ecossistema de emissões do modo aeroviário (transporte)

Queima de combustível das aeronaves regionais¹ durante o voo



Queima de combustível das aeronaves comerciais durante o voo



85-90% das emissões do setor aéreo vêm da queima de combustível pelas aeronaves durante voos. Por isso, o estudo focará nessa categoria, e as emissões de estruturas de apoio (aeroportos) serão tratadas de forma qualitativa²

Consumo energético na locomoção até o aeroporto



Consumo de energia elétrica nos terminais e torre de controle



Consumo energético nos veículos de solo (e.g. transporte terrestre de bagagens e passageiros)



Consumo energético das aeronaves no solo



Uso de energia elétrica e queima de combustível em estruturas de apoio e manutenção

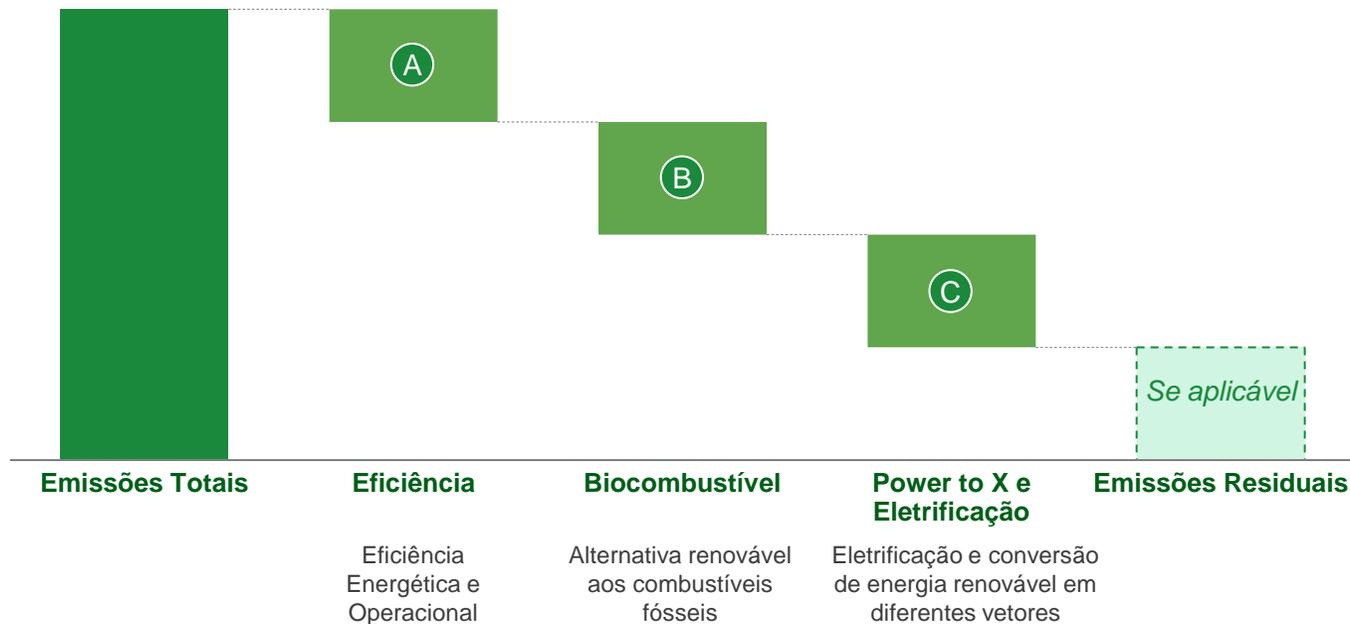
Emissões de transporte

Emissões da infraestrutura de aeroportos

Notas: 1. Aeronaves regionais incluem todas as categorias não comerciais; 2. Estima-se que as emissões de aeroportos representam de 10-15% do total de emissões do setor aéreo globalmente. Fonte: SEEG; entrevistas com especialistas do setor



Alavancas para redução de emissões no modo Aeroviário



Quantificação de como cada alavanca impacta o nível de emissões, considerando quatro possíveis combinações entre elas:



Tecnologias Atuais



Intensificação no uso de bio-SAF



Intensificação da rota de e-SAF



Transformacional

As alavancas foram quantificadas em diferentes sensibilidades

1. Emissões de aeroportos não quantificadas; 2. Não esta prevista a utilização em escala de tecnologias limitadas à distância ou muito imaturas, como eletrificação ou eVTOL

As sensibilidades propostas consideraram diferentes premissas...

Aeroviário



Assim como no BaU¹, o aumento da penetração de SAF não impacta matriz de passageiros em nenhuma sensibilidade

Alavancas de Eficiência

Alavancas de Biocombustíveis⁴

Alavancas de PtX e Eletrificação

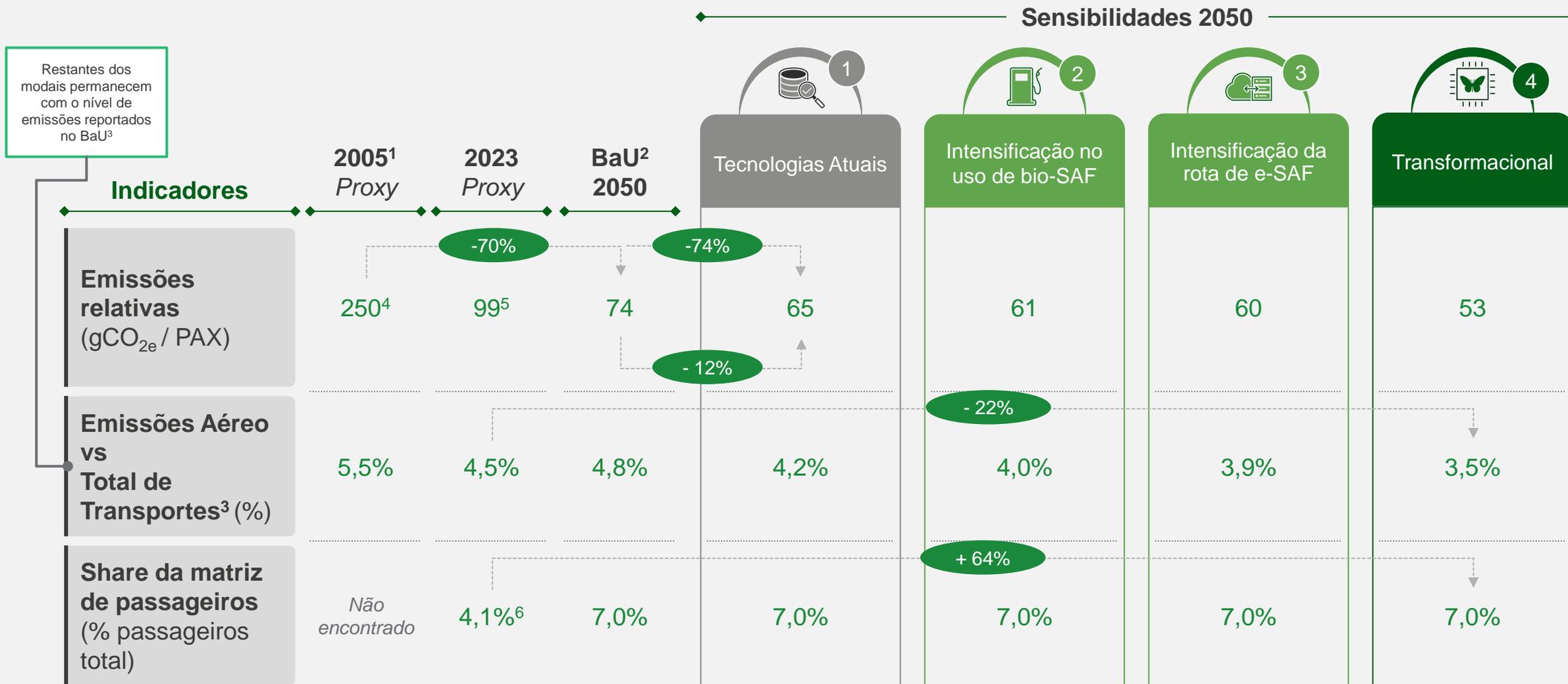
	1 Tecnologias Atuais	2 Intensificação no uso de bio-SAF	3 Intensificação da rota de e-SAF	4 Transformacional
A Eficiência em Aeroportos	✓	✓	✓	✓
A Eficiência em Transporte (aeronaves)	Modelos novos até 25% mais eficiente em consumo de combustível versus antigos, com encomendas desses entrando antes da data prevista ³	Modelos novos até 25% mais eficiente em consumo de combustível versus antigos, com encomendas desses entrando antes da data prevista ³	Modelos novos até 25% mais eficiente em consumo de combustível versus antigos, com encomendas desses entrando antes da data prevista ³	Modelos novos até 25% mais eficiente em consumo de combustível versus antigos, com encomendas desses entrando antes da data prevista ³
B Uso de SAF (biocombustível)	Segue penetração do BaU ¹ , com bio-SAF atingindo 11% da matriz de combustível total em 2050	Cenário mais agressivo na rota de biocombustível, com foco na expansão do uso de bio-SAF que atinge a penetração de 22% em 2050	Penetração do bio-SAF atinge 16% da matriz em 2050	Cenário mais otimista, com bio-SAF atingindo a penetração de 22% em 2050
C Rota PtL (e-fuels / e-SAF) ²	-	-	Cenário com entrada da rota PtL a partir de 2035, com foco na expansão do uso de e-SAF que atinge a penetração de 6% em 2050	A rota de PtL (e-SAF) atinge 11% da matriz total em 2050

Não está prevista a utilização em escala de aeronaves de novos perfis de emissão (e.g. híbridas/elétricas, eVTOL)²

1. BaU – *business-as-usual* (baseline de emissões); 2. Dado foco em aviação comercial de grande porte e imaturidade das respectivas soluções para o modo, a eletrificação, eVTOL e uso de hidrogênio puro não estão sendo considerados no modelo; 3. Frota total é, em média, 30% mais eficiente em 2050 versus ano base; 4. Potencial intensificação de biocombustíveis para redução da pegada de carbono pode ser aplicada desde que seja constatada a viabilidade técnica, mecânica, operacional e laboratorial do referido insumo energético, bem como respeitada a diversidade de matrizes e especificidades regionais. Fontes: AviationWeek; IATA; relatório de sustentabilidade das cias aéreas brasileiras; legislação ReFuelEU; Departamento de Energia dos EUA; S&P; EPE; ICAO; Argus; Entrevistas com experts setoriais



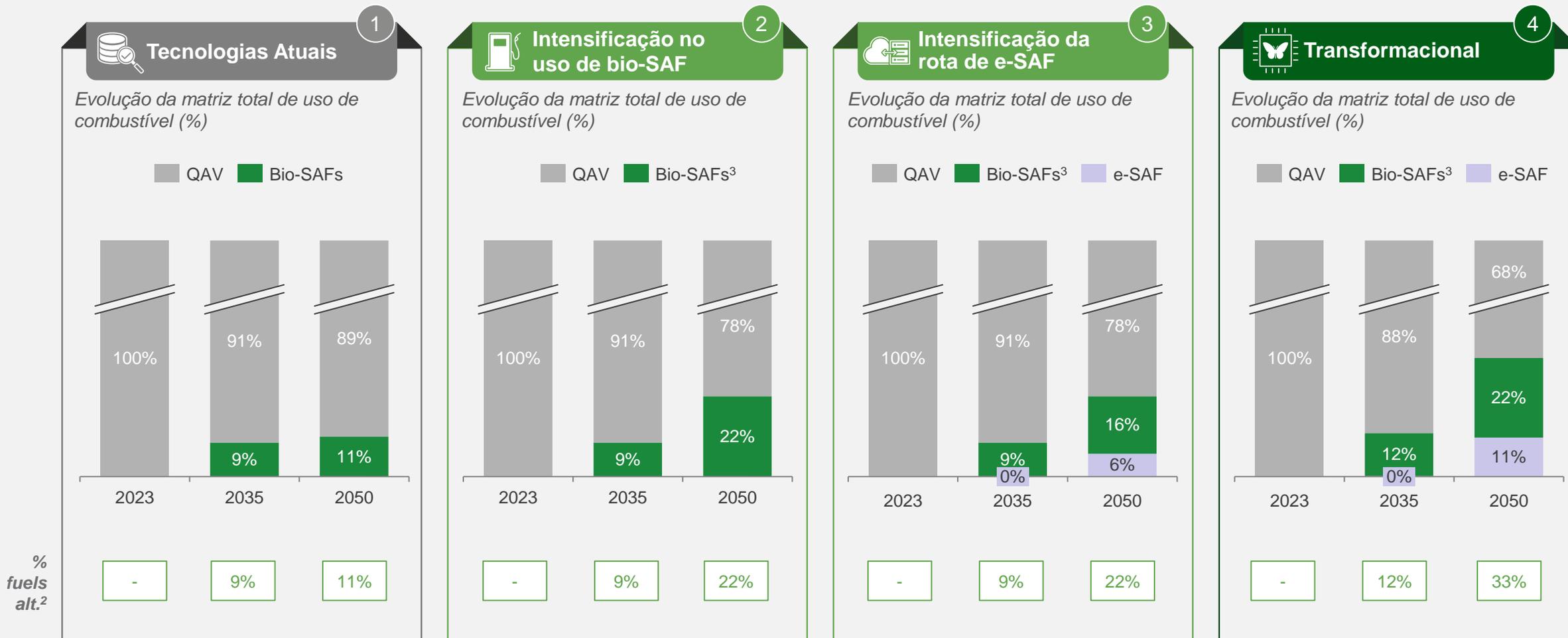
Apesar de não zerar as emissões, o *share* de passageiros cresce enquanto o de emissões pode reduzir até em 2050



1. Ano base para NDCs; 2. Business-as-Usual; 3. O nível de emissão dos outros modais após alavancas será trabalhado no WS#3 de Infra e Transv.; 4. A emissão SEEG foi ajustada por um fator de emissões do poço ao tanque (WTT) / emissões do tanque à roda (TTW) do modo; 5. Proxy emissões (GLEC); 6. 2023 – ano base. Fontes: SEEG, ANAC, outras



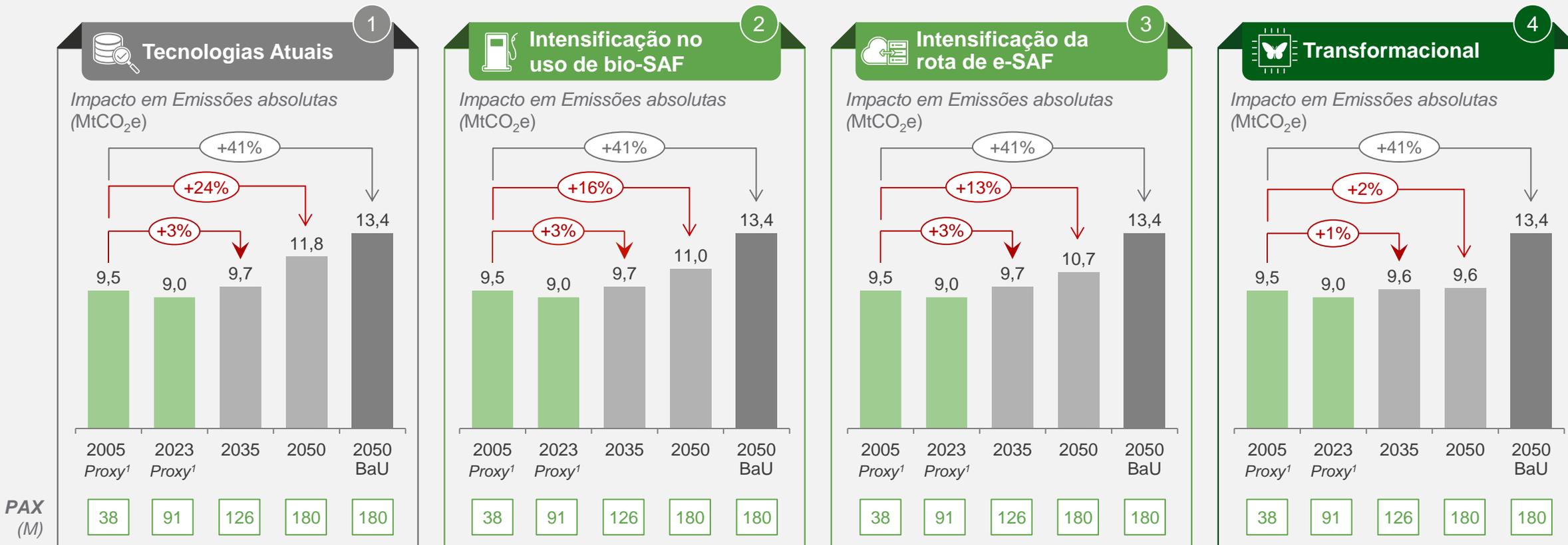
... que se refletem em matrizes de uso de combustível distintas



1. Bio-SAFs são aqueles das rotas HEFA, AtJ e FT/GFT; 2. % fuels alt. = % da matriz de combustível proveniente de bio-SAF e de e-SAF; 3. Potencial intensificação de biocombustíveis para redução da pegada de carbono pode ser aplicada desde que seja constatada a viabilidade técnica, mecânica, operacional e laboratorial do referido insumo energético, bem como respeitada a diversidade de matrizes e especificidades regionais. Fontes: AviationWeek; IATA; relatório de sustentabilidade das cias aéreas brasileiras; legislação ReFuelEU; Departamento de Energia dos EUA; S&P; EPE; ICAO; Argus; entrevistas com experts setoriais



... e diferentes impactos potenciais em nível de emissões

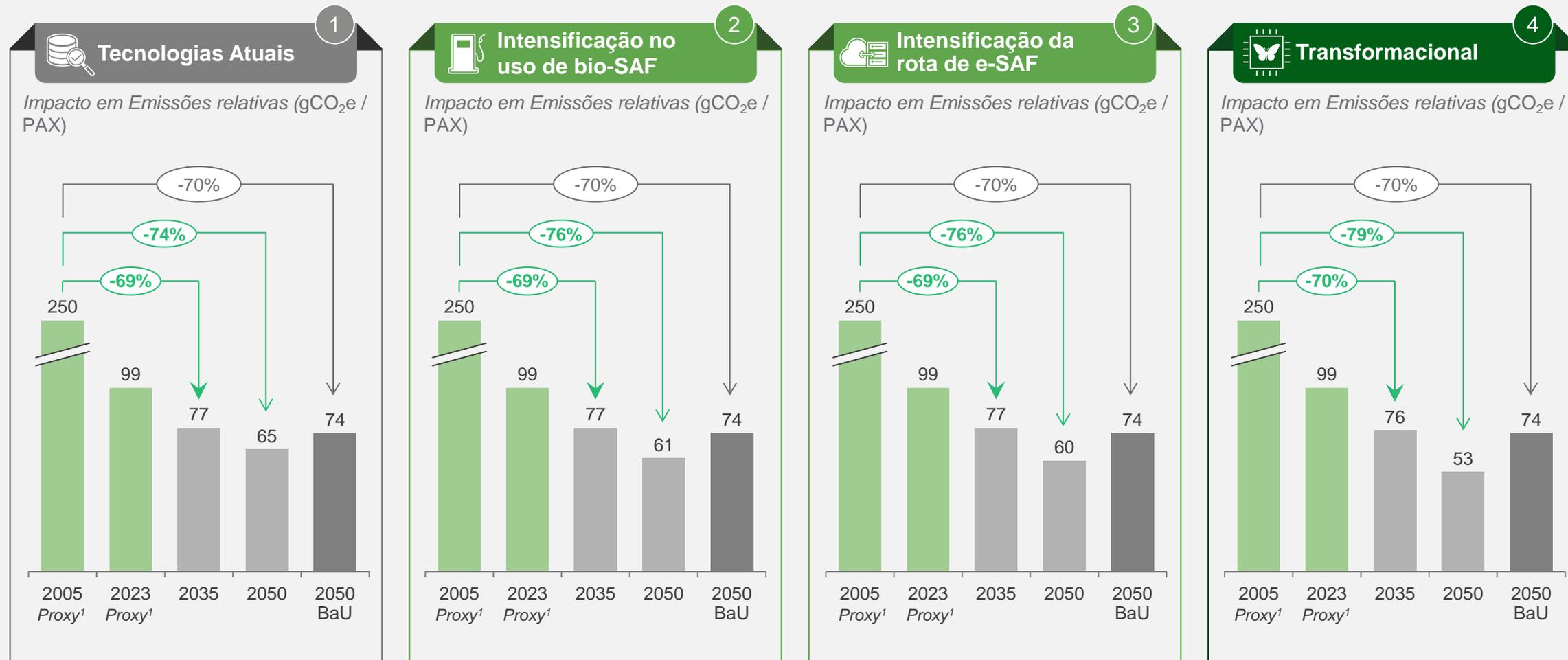


O aumento de emissões nas três primeiras sensibilidade é proveniente do crescimento do n° de passageiros do modo; Contudo, o aumento é menor versus BaU – crescimento de +5% 2005-35 e +41% 2005-50

Nota: 1. As emissões SEEG 2005/2023 (2023: proxy por fator de emissão GLEC) foram ajustadas por um fator de emissões do poço ao tanque (WTT) / emissões do tanque à roda (TTW) do modo. Fonte: SEEG; AviationWeek; IATA; relatório de sustentabilidade das cias aéreas; legislação ReFuelEU; Departamento de Energia dos EUA; S&P; EPE; ICAO; Argus; entrevistas com experts setoriais



Esse efeito pode ser melhor observado quando analisamos emissões relativas (gCO₂e / PAX)



Nota: 1. As emissões SEEG 2005/2023 (2023: proxy por fator de emissão GLEC) foram ajustadas por um fator de emissões do poço ao tanque (WTT) / emissões do tanque à roda (TTW) do modo. Fonte: SEEG; AviationWeek; IATA; relatório de sustentabilidade das cias aéreas; legislação ReFuelEU; Departamento de Energia dos EUA; S&P; EPE; ICAO; Argus; entrevistas com experts setoriais



Exemplos recentes ilustram como habilitadores contribuem para viabilizar alavancas de descarbonização

Não exaustivo

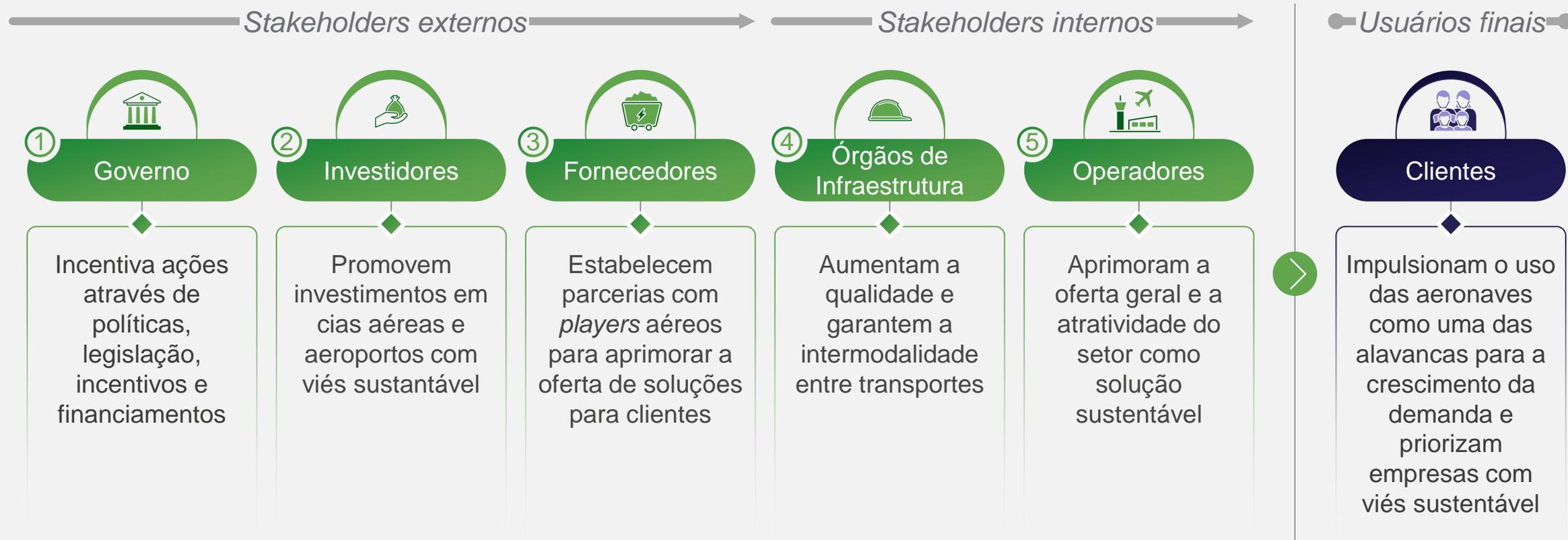
Exemplos selecionados

- ✓ **Diretrizes e incentivos públicos para viabilizar redução de emissões do modo aéreo | CORSIA** | Regulação que estabelece metas obrigatórias para compensação e redução de emissões de carbono na aviação internacional, impactando a aviação doméstica 
- ✓ **Mecanismos de coordenação multisetorial que fomentem a infraestrutura e disponibilidade de SAF** | O Aeroporto Internacional Sea-Tac¹, em colaboração com 13 aéreas², está ajustando sua infraestrutura para abastecer 10% dos voos com SAF até 2028 
- ✓ **Regulação que incentive investimentos públicos e privados em combustíveis mais limpos | Lei Combustível do Futuro** | O ProBioQAV promove pesquisa, produção e uso de SAF para descarbonizar o transporte aéreo doméstico 
- ✓ **Mecanismos tangíveis para fomento ao financiamento privado | Sustainable Flight Fund** | +20 parceiros globais e brasileiros (e.g. Embraer) comprometidos em financiar mais de U\$200M em projetos voltados à descarbonização do transporte aéreo 
- ✓ **Contabilização de emissões com Book-and-Claim | ICAO** | O CORSIA reconhece e sistematiza o modelo Book-and-Claim, permitindo o uso desses créditos para contabilizar redução de emissões e aliviar a escassez de SAF em países com menor disponibilidade 
- ✓ **Passos concretos para o Brasil se tornar protagonista na cadeia global de SAF** | Em 2024, a Raízen realizou o primeiro embarque de etanol de cana-de-açúcar do Brasil para os Estados Unidos, destinado à conversão em SAF em uma usina na Geórgia 



Agentes para Mudança | Stakeholders assumem diferentes papéis fundamentais na viabilização das sensibilidades

Redução de emissões depende das contribuições bem-sucedidas de diferentes stakeholders



Ambicionamos um crescimento sustentável para o modo Aeroviário brasileiro

Impacto almejado em 2050
- Aeroviário



Representando uma redução de ~30%, mesmo com ganho de representatividade do modal

Aeroviário



Modo Aeroviário Atual¹ ...



~4% dos passageiros transportados pelo modo aeroviário (equivalente a ~91 M de PAX³)



~7% dos passageiros transportados pelo modo (~180M), crescimento de +2,5% a.a



~0 B L de biocombustíveis consumidos, com a matriz focada no uso de opções fósseis⁴



~1,1 B L de bio-SAF consumidos, representando 22% da matriz de combustíveis do modo



~0% da matriz de combustível proveniente de soluções de PtX⁵ ou hidrogênio



~11% das aeronaves usando **combustíveis sintéticos (PtX - eSAF)**

Não está prevista a utilização em escala de aeronaves de novos perfis de emissão, como modelos híbridos/elétricas ou eVTOL⁶

1. 2023 Proxy; 2. 2050 Transformacional; 3. Passageiros; 4. Querosene ou gasolina de aviação; 5. Power-to-X; 6. Dado foco em aviação comercial de grande porte e imaturidade das respectivas soluções para o modo, a eletrificação, eVTOL e uso de hidrogênio puro não estão sendo considerados. Fonte: SEEG; AviationWeek; IATA; ReFuelEU; Departamento de Energia dos EUA; S&P; EPE; ICAO; Argus; entrevistas com experts setoriais



Sumário Executivo | Aeroviário

O modal Aeroviário atualmente compõe **~4% da matriz de passageiros** nacionais¹ (~91 milhões de PAX²), emitindo **~9,0 Mton CO₂e^{1,3,4}** em emissões absolutas (cerca de **3,5%^{1,3,4}** do total de emissões do setor transportes) e **99 gCO₂e/PAX^{1,3,4}** em emissões relativas.

Segundo projeções do PNL e dos Planos Setoriais de transportes⁵, o **modal Aeroviário passará a compor 7,0% da matriz de passageiros do Brasil em 2050**, com ~180 milhões de PAX transportados (+2,5% a.a. até 2050); Em um cenário de inação, as **emissões devem chegar a 13,4⁴ Mton CO₂e nesse mesmo ano⁵** (+49% vs 2023).

A fim de mitigar o crescimento de emissões e contribuir de forma ainda mais ativa para a agenda climática, as **12 entidades⁶** participantes da vertical Aeroviária da Coalizão se mobilizaram em debates ativos para avaliar o potencial de descarbonização de **19 alavancas** do modal. Dentre elas se destacam:

- **Biocombustíveis | Expansão** do uso de combustíveis alternativos, como o **Bio-SAF**;
- **Eficiência | Renovação da frota**, integrando modelos de aeronaves com melhor design e mais eficientes em consumo de combustível;
- **Eficiência | Aprimoramento da gestão operacional aeroportuária** através da modernização de sistemas e fortalecimento da infraestrutura.

Devido crescimento esperado do volume de passageiros, as **emissões do setor podem alcançar 9,6 Mton CO₂e^{3,4} absolutos** (+7% vs. 2023) na sensibilidade transformacional em 2050. **Porém**, como consequência da implementação das **19 alavancas mapeadas**, emissões absolutas **representariam redução de 28% vs. Cenário de inação**, alcançando 53 gCO₂e/PAX^{3,4} (-46% vs. 2023 e -28% vs. Inação) de emissões relativas.

Importante mencionar que a **ampliação do uso de SAF enfrenta desafios como alto custo frente ao QAV⁷, escassez de matéria-prima e baixa capacidade produtiva** – fatores que **precisam ser superados para viabilizar sua implementação** como alavanca-chave da descarbonização.

Dado o tamanho do desafio de implementação do uso de SAF e das demais alavancas, uma série de **habilitadores serão necessários para materializá-las**. **Alguns exemplos concretos a seguir ilustram como habilitadores podem contribuir** para o avanço da agenda descarbonização no modal Aeroviário:

- **Regulação | Lei do Combustível do Futuro |** O programa ProBioQAV promove a pesquisa, produção e uso de SAF para descarbonizar o transporte aéreo doméstico
- **Colaboração e Parcerias | Conexão SAF – ANAC |** Parceria entre entidades dos setores público e privado para identificação de desafios e viabilização da produção e do uso de SAF no Brasil

Dado o **expressivo crescimento do modal**, **emissões remanescentes representariam 7,0%^{3,4} do total de emissões de transportes do Brasil** mesmo na sensibilidade mais transformacional em 2050, dessa forma, as **entidades participantes da coalizão precisam continuar debates** constantes para avanços na direção de emissões líquidas zero até 2050, **minimizando a necessidade de compensação**.

1. 2023; 2. PAX = passageiros; 3. Considera ajustes poço à roda (WTW, Well-To-Wheel), mesmo para valores realizados (2023), 4,5% ex ajustes; 4. Considera somente as emissões proveniente da queima de combustível durante o voo de aeronaves domésticas comerciais (85-90% das emissões do setor); 5. Considera como base os planos setoriais de transportes e ajustes dado discussões com as entidades e experts setoriais; 6. Além das 9 entidades específicas, CEBDS, Motiva, CNT e Observatório de Mobilidade do Insper também coordenaram as discussões de forma transversal às diferentes verticais da coalizão; 7. Querosene de Aviação



Considerações

Resumo

Abordagem

Detalhamentos por modal

Rodoviário

Ferrovário

Aquaviário

Aeroviário

Mobilidade Urbana

Apêndice





Mobilidade Urbana tem grande relevância para a redução de emissões do Brasil até 2050

87%

da população brasileira vive em centros urbanos

45%

do potencial de redução de emissões urbanas do Brasil até 2050 é proveniente do setor de transportes

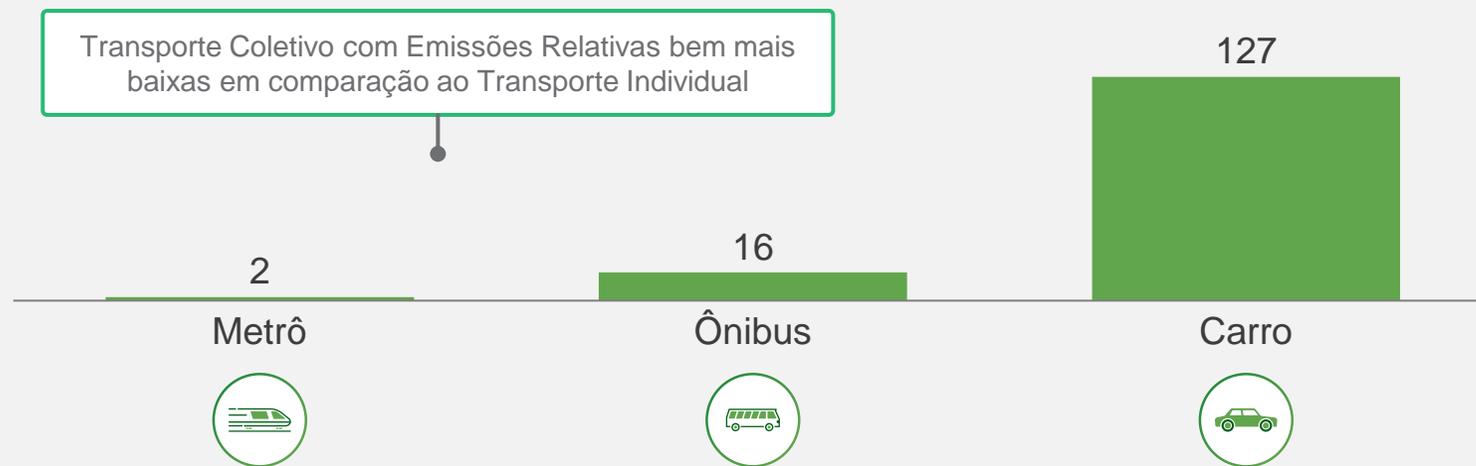


70% das emissões de transportes dos centros urbanos brasileiros vêm do transportes individual motorizado¹, o que fica evidente na comparação com outros modos

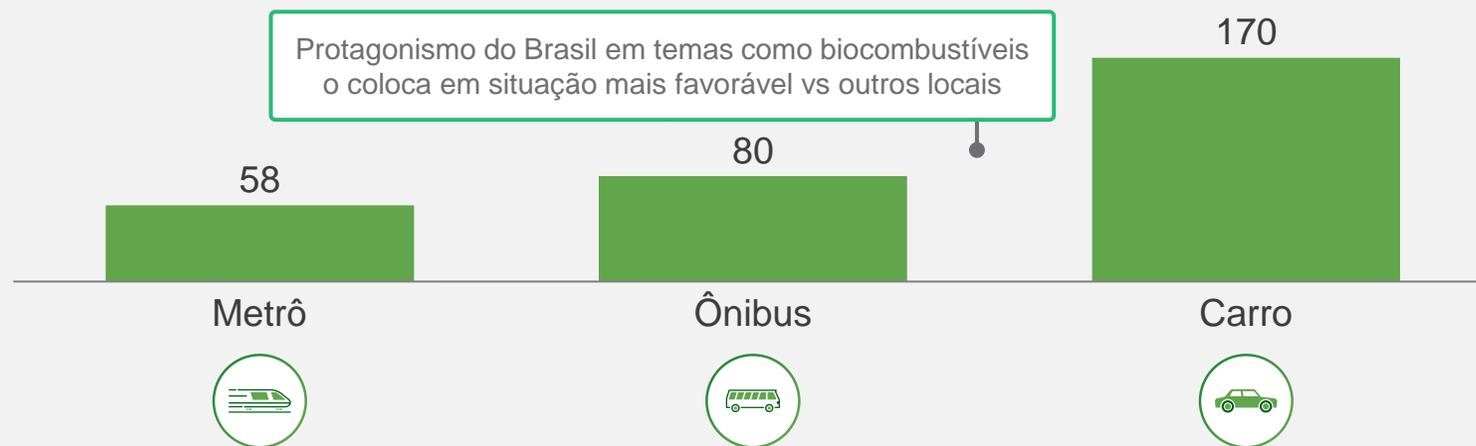
1. Categorias "Carro" e "Moto"; 2. Gases de Efeito Estufa; Fonte: Pesquisa CNT de Mobilidade da População Urbana 2024; ANPTrilhos; Artigo técnico: Avaliação dos sistemas metroviários nas emissões de CO₂: análise comparativa das emissões por automóveis, ônibus e metrô (2019)



Emissões de GEE² por passageiro-km, visão São Paulo (gCO₂/pkm)



Emissões de GEE² por passageiro-km, visão Londres (gCO₂/pkm)

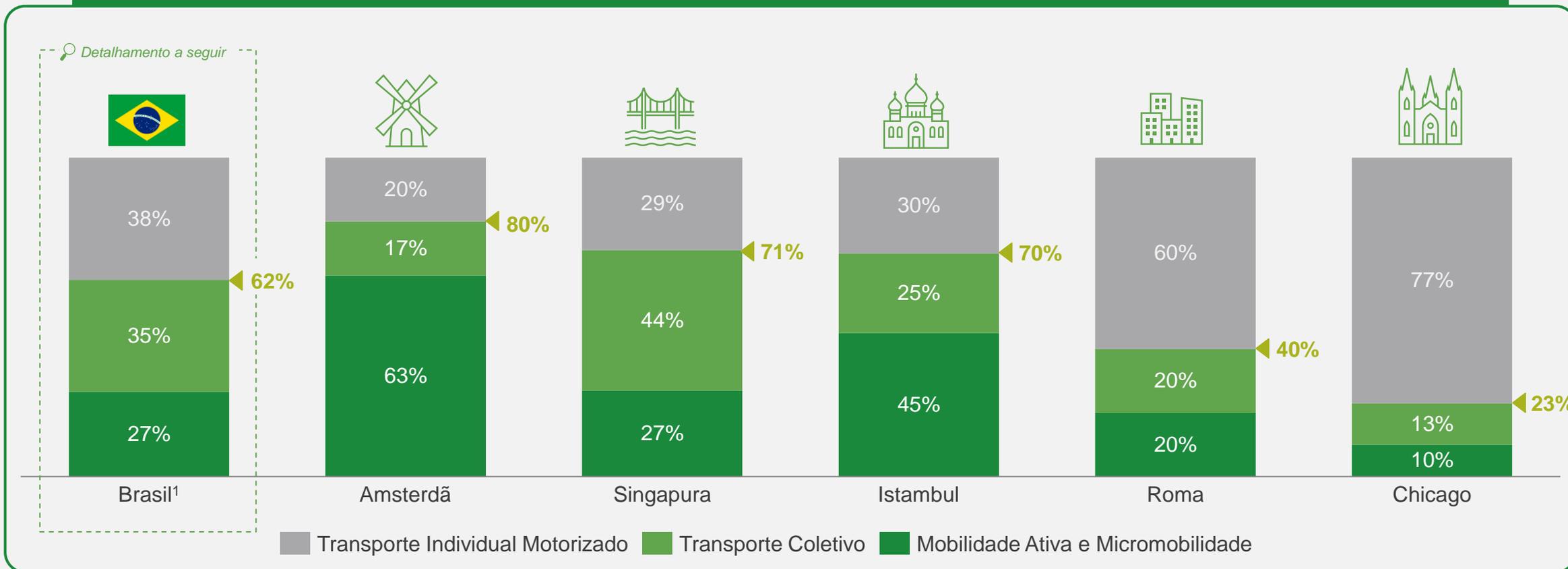




Existem diversos tipos de centros urbanos, com diferentes perfis de matriz de transportes



Distribuição de viagens por modos urbanos no Brasil e em grandes centros mundiais



1. Pesquisa da CNT de Mobilidade da População Urbana foca em municípios com mais de 100K habitantes e resultado considera os 5.720 respondentes com 15 anos ou mais que realizam deslocamentos todos os dias, 3 a 4 dias por semana ou 1 a 2 dias por semana (os participantes puderam citar até 3 opções de resposta para os meios de transporte mais utilizados para deslocamento urbano); Informações da pesquisa foram convertidas para a base 100%, considerando as seguintes classificações: Ônibus (transporte público), Carro próprio, A pé, Moto Própria, Bicicleta Própria, Metrô, Trem Urbano/metropolitano, Veículo leve sobre trilhos (VLT) e Monotrilho; Fonte: Pesquisa CNT de Mobilidade da População Urbana; Estudo Moving Millions: A Recipe to Make Urban Mobility Work



No Brasil, perfis de modos de transportes variam de acordo com diferentes arquétipos de centros urbanos

Arquétipo					
	>= ~3M de habitantes	~1M – 3M de habitantes	~300K – 1M de habitantes	Até ~300K habitantes	
 Descrição	Metrópoles densamente povoadas, com grande influência econômica e política	Grandes cidades com economias diversificadas e influência regional	Cidades de médio porte em rápido crescimento populacional e econômico	Cidades de pequeno porte com economia local baseada em serviços e agroindústria	
 Exemplos <i>(não exaustivos)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • São Paulo (SP) • Rio de Janeiro (RJ) 	<ul style="list-style-type: none"> • Porto Alegre (RS) • Goiânia (GO) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sorocaba (SP) • Londrina (PR) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ponta Porã (MS) • Itabuna (BA) 	
 Área Urbanizada	>400 km ²	200-400 km ²	100-200 km ²	Até 100 km ²	
 IDH Médio	Elevado (0,750 a 0,850)	Médio - Elevado (0,700 a 0,850)	Médio (0,650 a 0,800)	Médio (0,650 a 0,800)	

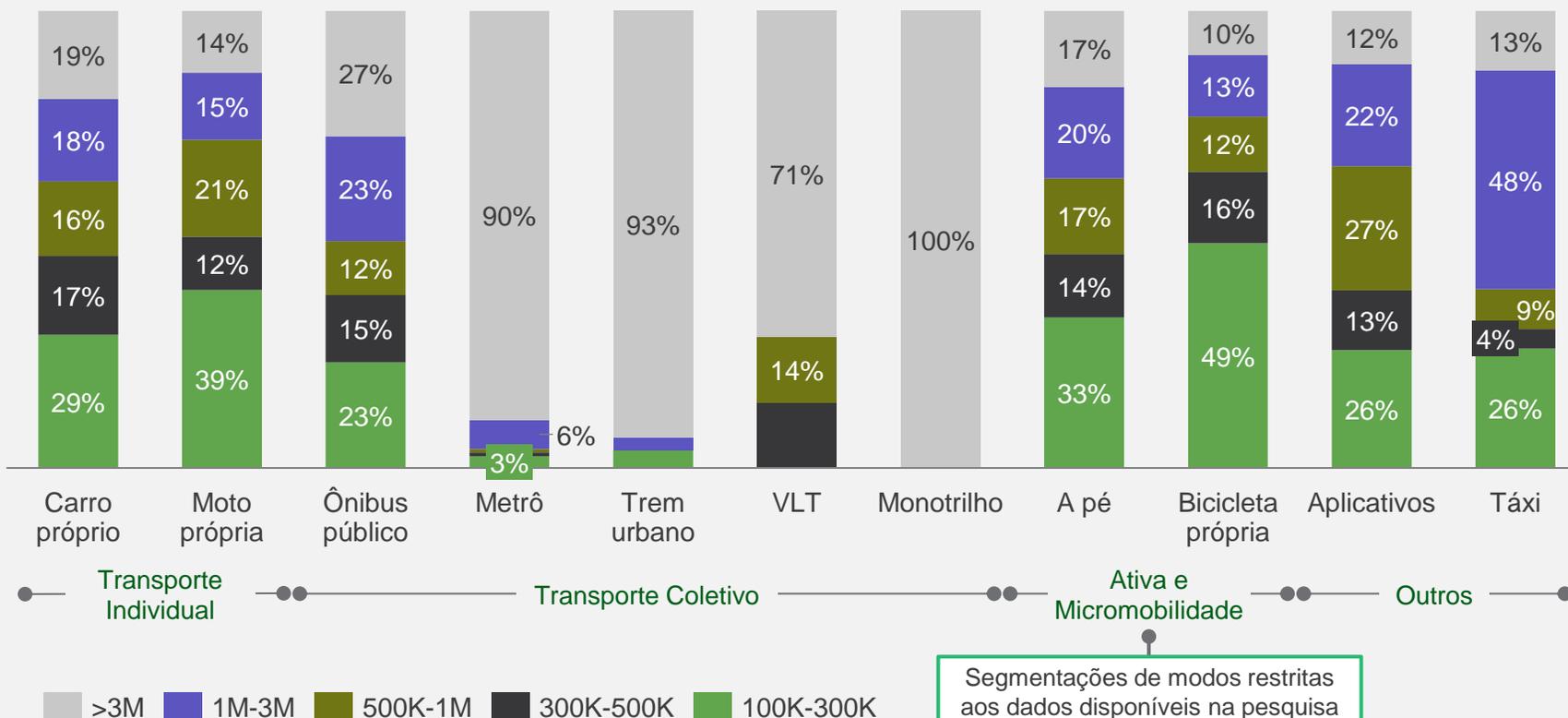
Tamanho das cidades é um dos fatores que influencia a existência de perfis de modos de transportes distintos



Perfis de cidades apresentam diferentes maturidades no que se refere à matriz de transportes e redução de emissões

Distribuição do porte dos municípios, por meio de transporte utilizado

Não Exaustivo



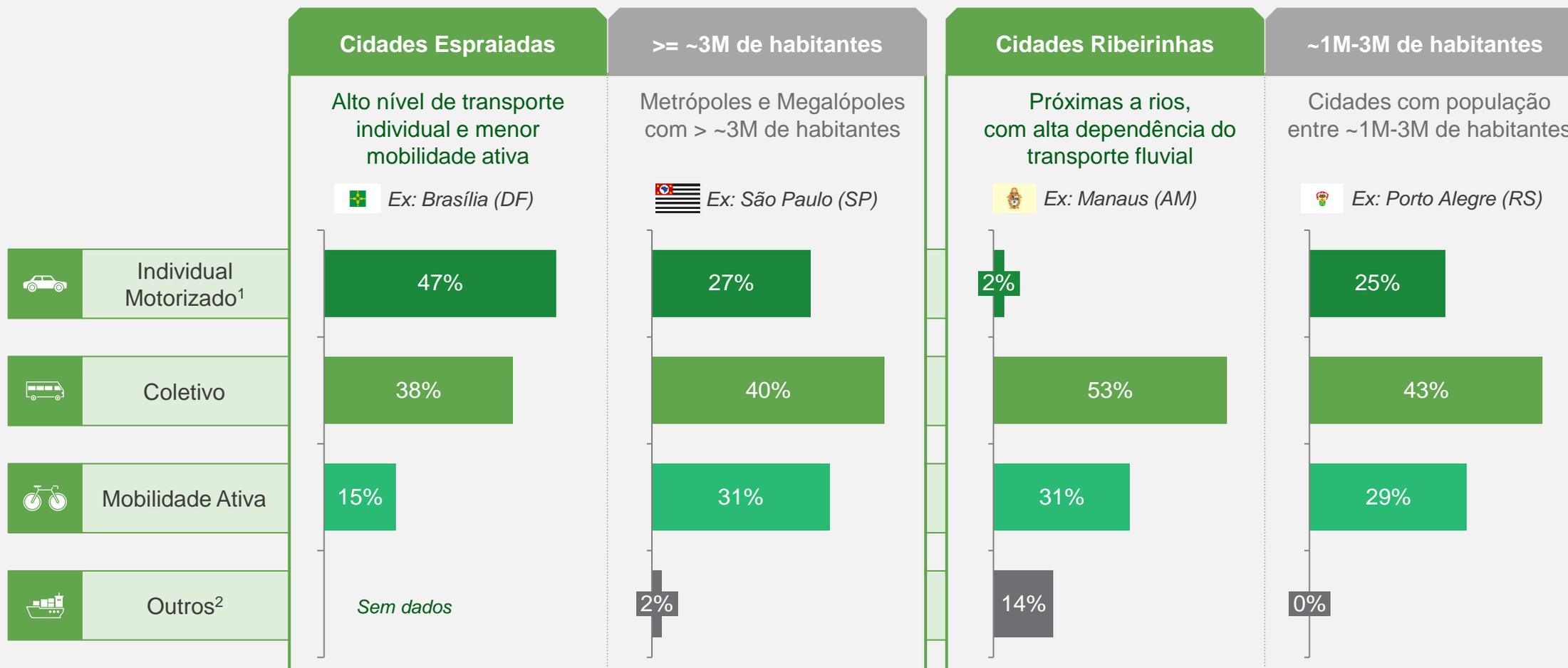
Principais Conclusões

- Transporte Individual com **maior incidência em cidades menores**
- Transporte Coletivo com **maior incidência em cidades maiores**



Existem ainda outras particularidades que também influenciam a Mobilidade Urbana em algumas cidades

Não Exaustivo



O estudo da rede de transportes de maneira direcionada, respeitando as particularidades de cada centro urbano, mostra-se fundamental para o mapeamento e implementação de soluções de mobilidade efetivas, capazes de reduzir as emissões dos grandes centros

1. Transporte Individual Motorizado Terrestre; 2. Não-descritos de forma explícita, mas geralmente incluem teleféricos, mototáxis, barcos ou sistemas aquaviários, patinetes elétricos e veículos utilitários como triciclos;
Fonte: Estudo Mobilize 2022; Entrevistas com especialistas do setor



3 frentes comuns aos diferentes perfis de cidades devem ser analisadas de maneira direcionada para a redução de emissões



Emissões

Apesar das frentes serem transversais, soluções devem ser direcionadas, a partir das especificidades de cada região



1 **AVOID:** Uso de ferramentas de planejamento para evitar viagens e/ou reduzir distâncias



2 **SHIFT:** Substituição da matriz atual com fortalecimento do transporte coletivo sustentável entre os diferentes modos (ex.: metrô, VLTs, ônibus, BRTs), da mobilidade ativa (ex.: caminhada) e da micromobilidade (ex.: patinetes)



3 **IMPROVE:** Descarbonização dos diferentes modos urbanos



3 frentes comuns aos diferentes perfis de cidades devem ser analisadas de maneira direcionada para a redução de emissões



Emissões

Apesar das frentes serem transversais, soluções devem ser direcionadas, a partir das especificidades de cada região



1 **AVOID:** Uso de ferramentas de planejamento para evitar viagens e/ou reduzir distâncias



2 **SHIFT:** Substituição da matriz atual com fortalecimento do transporte coletivo sustentável entre os diferentes modos (ex.: metrô, VLTs, ônibus, BRTs), da mobilidade ativa (ex.: caminhada) e da micromobilidade (ex.: patinetes)



3 Descarbonização dos diferentes modos urbanos



Alavancas necessárias para implementação com referências de aplicação dentro e fora do Brasil

Não Exaustivo

Alavancas - AVOID

Referências

 <p>Adoção de mecanismos de otimização de rotas</p>	<p>Implementar sistemas e tecnologias de otimização de rotas (incluindo o uso de recursos como Inteligência Artificial) para melhoria da eficiência operacional dos modos existentes</p>	 <p>Curitiba <i>RIT¹ reorganizou o transporte coletivo por meio de integração modal, tarifária e operacional, racionalizando rotas</i></p>
 <p>Digitalização de serviços públicos</p>	<p>Tornar serviços acessíveis remotamente (ex.: teleconsultas de saúde, pagamentos online), possibilitando atendimentos de forma instantânea e democratização digital do acesso aos serviços</p>	 <p>Estônia <i>Reconhecida por sua sociedade digital avançada, ~99% dos serviços públicos estão disponíveis online e 24 horas</i></p>
 <p>Desenvolvimento Orientado ao Transporte / <i>Transit-Oriented Development (TOD)</i></p>	<p>Fomentar soluções de planejamento urbano compactas que incentivem o uso eficiente do solo nas áreas próximas às estações e linhas de transporte coletivo, encurtando distâncias (ex.: concentração de lojas ao redor de estações de metrô)</p>	 <p>Teresina <i>Incorporação do conceito de Desenvolvimento Orientado ao Transporte no plano diretor da cidade</i></p>
 <p>Adensamento urbano a partir do uso misto do solo</p> <div data-bbox="147 1013 794 1135" style="border: 1px solid green; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Duplicar a densidade residencial combinada com outras mudanças como uso misto pode reduzir em até 25% as milhas percorridas por veículo</p> </div>	<p>Promover soluções urbanas visando o adensamento a partir do uso misto do solo, permitindo o acesso a trabalho, serviços e lazer em raios de curta distância</p>	 <p>São Paulo <i>Plano Diretor de 2014 incentivou o adensamento urbano²</i></p>  <p>Paris <i>Referência no modelo de cidades de "15 minutos"</i></p>

1. Rede Integrada de Transporte; 2. Adensamento urbano previsto nas ao longo dos Eixos de Estruturação da Transformação Urbana, áreas próximas a infraestruturas de transporte, nas quais são permitidos maiores índices de aproveitamento do solo, incentivando a construção de edifícios de uso misto e permitindo a coexistência de funções residenciais, comerciais e de serviços em raios de curta distância; Fontes: OICS; Estônia Hub; Gestão Urbana de São Paulo; Somos Cidade; Fast Company; Land and Use Driving



3 frentes comuns aos diferentes perfis de cidades devem ser analisadas de maneira direcionada para a redução de emissões



Emissões

Apesar das frentes serem transversais, soluções devem ser direcionadas, a partir das especificidades de cada região



1 **AVOID:** Uso de ferramentas de planejamento para evitar viagens e/ou reduzir distâncias

2 **SHIFT:** Substituição da matriz atual com fortalecimento do transporte coletivo sustentável entre os diferentes modos (ex.: metrô, VLTs, ônibus, BRTs), da mobilidade ativa (ex.: caminhada) e da micromobilidade (ex.: patinetes)

3 **IMPROVE:** Descarbonização dos diferentes modos urbanos



Alavancas necessárias para implementação com referências de aplicação dentro e fora do Brasil (1/2)

Não Exaustivo

Alavancas - SHIFT

Deslocamentos via transporte coletivo emitem até **55%** menos GEE¹ do que dirigir sozinho

Referências

 <p>Investimento na melhoria da infraestrutura de transporte coletivo</p>	<p>Modernizar e realocar vias, estações e linhas para reduzir congestionamentos e melhorar a experiência dos passageiros</p>	<p> Paris <i>Grand Paris Express: +200 km de metrô (+93%), com ~14 Mton CO₂e de emissões evitadas até 2050</i></p>
 <p>Otimização da rede de trens urbanos e VLTs</p>	<p>Expandir e melhorar linhas de trens urbanos e VLTs para maior cobertura e eficiência</p>	<p> Salvador <i>Projeto VLT iniciado em 2024, com testes previstos já em 2026; +36 km de extensão (~13% da malha nacional)</i></p>
 <p>Implementação de corredores exclusivos para ônibus</p>	<p>Adotar faixas exclusivas para ônibus/BRTs, reduzindo o tempo de viagem e aumentando a eficiência do transporte coletivo</p>	<p> Rio de Janeiro <i>4 corredores exclusivos, com 168 km de extensão e +3M de passageiros por dia (~22% da população estadual)</i></p>
 <p>Promoção da modicidade tarifária e de fontes alternativas de receita</p>	<p>Implementar tarifas acessíveis e sustentáveis, combinadas com outras fontes de arrecadação para financiamento do transporte coletivo (ex.: "cobrança por ganho de tempo", outros)</p>	<p> Curitiba <i>Subsídios desde 2012, evitando aumento de tarifas</i></p> <p> Fortaleza <i>Zona Azul destina arrecadação para fortalecer ciclovias</i></p>
 <p>Criação de zonas de baixa emissão</p>	<p>Estabelecer áreas onde somente veículos de baixa emissão e/ou transporte coletivo podem circular, levando em consideração as especificidades de cada região</p>	<p> Milão <i>Zonas em favor de baixa emissão, nas quais o acesso é regulado de acordo com o padrão de emissão dos veículos</i></p>
 <p>Criação de políticas de restrição para circulação de veículos particulares</p>	<p>Limitar a circulação de veículos particulares em determinados dias ou horários para incentivar o uso de transporte coletivo e/ou da micromobilidade ativa</p>	<p> Santiago <i>Restrição baseada no "selo verde" – carros sem catalisador no escapamento não podem circular por 2 dias na semana</i></p>

Fiscalização adequada e regras de desincentivo são necessárias para a implementação eficiente, impedindo, por exemplo, a compra de mais de um carro por um mesmo indivíduo



Alavancas necessárias para implementação com referências de aplicação dentro e fora do Brasil (2/2)

Não Exaustivo

Alavancas - SHIFT

Referências

 <p>Implementação de políticas de gestão de estacionamentos</p>	<p>Adotar práticas de gestão de estacionamentos a fim de limitar a quantidade e tamanho dos estabelecimentos e vagas disponíveis, fomentando a utilização de modos de transporte mais limpos</p>	 <p>São Paulo <i>Plano Diretor de 2014 definiu limites máximos de vagas de garagem incentivados pela regulação urbana</i></p>
 <p>Promoção de soluções de micromobilidade</p>	<p>Investir e ter metas de implementação de infraestrutura cicloviária¹ incluindo serviços de compartilhamento de patinetes elétricos e bicicletas, assim como Zonas 30 (Zonas de Tráfego Calmo)</p>	 <p>Vitória <i>Investimento massivo em ciclovias – Crescimento de +19% em 2024</i></p>
 <p>Promoção de soluções de mobilidade ativa (ex.: caminhadas)</p>	<p>Investir em infraestrutura segura e acessível para estimular rotas peatonais próximas à infraestrutura cicloviária (ex.: ruas fechadas para automóveis em períodos de menor movimento, incentivando deslocamentos a pé)</p>	 <p>São Paulo <i>Como parte do programa Ruas Abertas, a Av. Paulista é fechada para veículos motorizados aos domingos e feriados</i></p>
 <p>Criação de incentivos para intermodalidade</p>	<p>Investir na integração entre modos de transportes (ex.: integração entre ciclovias e terminais de metrô/ônibus, transportes coletivos com sistemas para carregamento interno de bicicletas, bicicletários seguros dentro de terminais de transporte coletivo)</p>	 <p>Vitória <i>Iniciativa Bike GV possibilitou a criação de uma linha de ônibus exclusiva para transporte de ciclistas e suas bicicletas</i></p>
 <p>Combate ao transporte clandestino</p>	<p>Evitar o uso de meios de transporte ilegais, reduzindo os deslocamentos clandestinos e possibilitando a mudança dos mesmos para meios de transporte coletivos legalizados</p>	 <p>Nacional <i>"Operação Centauro" realizada pela ANTT durante o Carnaval para combate ao transporte clandestino rodoviário</i></p>



3 frentes comuns aos diferentes perfis de cidades devem ser analisadas de maneira direcionada para a redução de emissões



Emissões

Apesar das frentes serem transversais, soluções devem ser direcionadas, a partir das especificidades de cada região



1 **AVOID:** Uso de ferramentas de planejamento para evitar viagens e/ou reduzir distâncias



2 **SHIFT:** Substituição da matriz atual com fortalecimento do transporte coletivo sustentável entre os diferentes modos (ex.: metrô, VLTs, ônibus, BRTs), da mobilidade ativa (ex.: caminhada) e da micromobilidade (ex.: patinetes)



3 **IMPROVE:** Descarbonização dos diferentes modos urbanos



Alavancas necessárias para implementação com referências de aplicação dentro e fora do Brasil

Não Exaustivo

Alavancas - IMPROVE

Referências

 <p>Adoção de sistemas de inspeção veicular ambiental obrigatória</p>	<p>Implementar inspeções ambientais regulares para que veículos atendam aos padrões de emissões e segurança, garantindo o envolvimento não apenas da esfera federal, mas também da estadual</p>	 <p>Nacional (BRA) <i>Programa Despoluir (CNT/SEST SENAT) lançou a avaliação veicular ambiental para inspeção de veículos à diesel, em 2007</i></p>
 <p>Condução ecoeficiente e assistida</p>	<p>Agir sobre o comportamento dos motoristas de carros e ônibus por meio de capacitações e tecnologias que visem à otimização do consumo de combustível (incluindo o uso de recursos como Inteligência Artificial)</p>	 <p>Nacional (BRA) <i>Curso Smartdriver da CNT/SEST SENAT voltado para práticas de condução que reduzam o impacto ambiental</i></p>
 <p>Intensificação do uso de etanol em veículos leves</p>	<p>Incentivar o uso de etanol para abastecimento de veículos leves</p>	 <p>Nacional (BRA) <i>Veículos flex já são ~85% da frota de leves do Brasil – uso de etanol puro poderia reduzir emissões em até 33%</i></p>
 <p>Intensificação do uso de biocombustíveis em ônibus urbanos</p>	<p>Substituir fósseis por biocombustíveis menos poluentes, desde que seja: i) constatada a viabilidade técnica, mecânica, operacional e laboratorial do referido insumo energético; ii) respeitada a diversidade de matrizes; e iii) respeitadas as especificidades regionais</p>	 <p>Estocolmo (SWE) <i>1ª capital mundial com 100% dos ônibus públicos operando sem utilização de combustíveis fósseis</i></p>
 <p>Conversão de motores de ônibus à Diesel para Gás (ex.: Biometano)</p>	<p>Adaptar motores existentes para que se tornem aptos ao uso de soluções gasosas menos poluentes¹ como combustível (ex.: biometano)</p>	 <p>Pernambuco (PB) <i>MWM fez a 1ª transformação veicular de motor a gás em caminhão – menos ~25% de combustível a cada 140 Km</i></p>
 <p>Intensificação de soluções que promovam emissões veiculares próximas do patamar zero</p>	<p>Implementar veículos menos emissores de GEE² (ex.: elétricos, híbridos, movidos por rotas de hidrogênio de baixo carbono), considerando a capacidade produtiva local e o momento mais adequado para a implementação de cada solução</p>	 <p>São Paulo (SP) <i>~3,2% da frota de ônibus já é elétrica³</i></p>  <p>Bogotá(COL) <i>~14% da frota de ônibus coletivos já é elétrica</i></p>



3 frentes comuns aos diferentes perfis de cidades devem ser analisadas de maneira direcionada para a redução de emissões



Emissões

Apesar das frentes serem transversais, soluções devem ser direcionadas, a partir das especificidades de cada região



1 *AVOID:* Uso de ferramentas de planejamento para evitar viagens e/ou reduzir distâncias



2 *SHIFT:* Substituição da matriz atual com fortalecimento do transporte coletivo sustentável entre os diferentes modos (ex.: metrô, VLTs, ônibus, BRTs), da mobilidade ativa (ex.: caminhada) e da micromobilidade (ex.: patinetes)



3 *IMPROVE:* Descarbonização dos diferentes modos urbanos

Habilitadores Transversais que contribuem para viabilizar a implementação de alavancas de descarbonização



Exemplos ilustram como habilitadores contribuem para viabilizar alavancas de descarbonização do setor de transportes

Exemplos selecionados

Ilustrativo

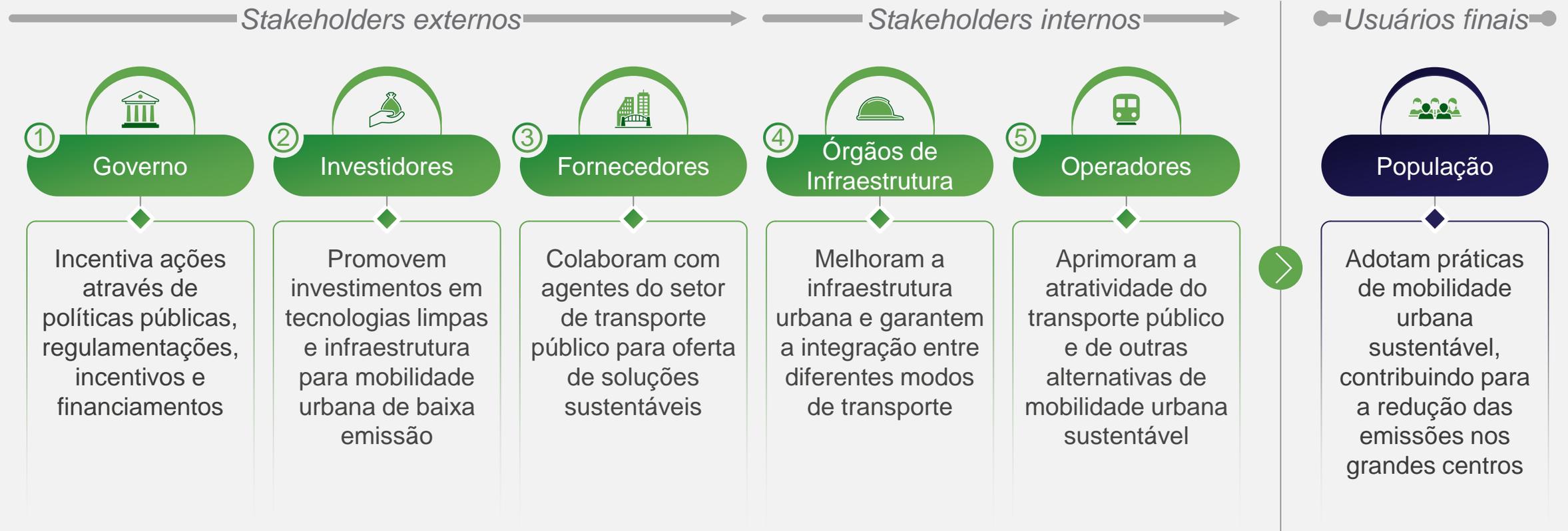
- ✓ **Governança Capacitada e Planejamento Integrado** | Lei da Mobilidade Urbana¹ | Define diretrizes para que os serviços de mobilidade sejam desenvolvidos de forma sistêmica e coordenada, incentivando a multimodalidade e a intermodalidade no desenvolvimento urbano 
- Infraestrutura Tecnológica e Física** | Investimentos públicos e privados em mobilidade urbana no Brasil
 - ✓ **TIC² Eixo Norte: São Paulo – Campinas** | Em maio de 2024, o Governo de SP assinou a concessão ao consórcio C2 Mobilidade sobre Trilhos³. O projeto prevê trens de até 140 km/h, com investimento previsto de R\$ 14,2 bilhões 
 - **Concessão das Linhas 8-Diamante e 9-Esmeralda da CPTM⁴** | O consórcio ViaMobilidade, liderado pela Motiva, adquiriu concessão para operar e modernizar as linhas, com contrato que previa melhorias tecnológicas (ex. sinalização) para maior segurança e eficiência 
- ✓ **Engajamento Público, Conscientização e Convencimento, garantindo Inclusão Social e Digital** | O "Dia Mundial sem Carro" e o "Dia de Bike ao Trabalho" são datas já praticadas em cidades brasileiras e que buscam conscientizar a população a respeito do uso de soluções de mobilidade ativa e micromobilidade em detrimento do transporte individual motorizado 
- Financiamento e Incentivos Econômicos Sustentáveis** |
 - ✓ **Financiamento com recursos públicos e/ou privados para subsídio de tarifas de transporte coletivo** | Governo investiu €3,4 B desde 2022 no subsídio do transporte coletivo, resultando em um aumento de 33% do seu uso na Espanha 
 - **Incentivos econômicos corporativos** | Adoção já realizada por algumas empresas brasileiras de planos de mobilidade e benefícios corporativos voltados ao objetivo de reduzir emissões de CO₂ e nas viagens realizadas pelos seus colaboradores 
- ✓ **Monitoramento e Fiscalização em prol da Legalidade** | Implementação de mecanismos de fiscalização por câmeras que verificam os distintivos ambientais dos veículos para monitoramento de Zonas de Baixa Emissão em Bilbao 

1. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012 2. Trem intercidades 3. Composto pela empresa brasileira Comporte, e chinesa CRRC; 4. Companhia Paulista de Trens Metropolitanos 5. Veículos de novas energias, incluindo elétricos, híbridos e movidos à célula combustível; Fontes: Política Nacional de Mobilidade; Planalto, Globo, ViaMobilidade, Parcerias Investimentos SP, Exame, Ministerio de transportes y movilidad sostenible, Cidade de São Paulo website; Mobilidade Estadão; Assembleia Legislativa do Estado do Paraná



Agentes para Mudança | Stakeholders também assumem papéis fundamentais na viabilização da descarbonização

Redução de emissões depende das contribuições bem-sucedidas de diferentes stakeholders



Ambicionamos um crescimento sustentável para a Mobilidade Urbana brasileira



Mobilidade Urbana Atual¹ ...



~**25%** Da população se deslocando via ônibus



+60% Do sistema de transporte sobre trilhos concentrado em apenas duas cidades (RJ e SP)



Transporte coletivo perdendo espaço para o individual motorizado



Meios de **transporte coletivo** (ex.: ônibus, metrô, VLTs) **com sistemas apartados**

... Mobilidade Urbana Futuro²



~**53B** De investimentos previstos em Mobilidade Urbana sustentável no Brasil a partir de 2023³

Complementado pela Mobilidade Ativa e Micromobilidade no caso de curtas distâncias



Transporte coletivo como principal meio de locomoção em centros urbanos



Meios de **transporte coletivo** (ex.: ônibus, metrô, VLTs) **com sistemas integrados** (integração modal, tarifária e operacional)



Principais mensagens

Emissões de Mobilidade Urbana são de grande relevância para as metas climáticas do Brasil – ~87% da população vive em cidades e ~45% do potencial de redução de emissões urbanas até 2050 vêm de transportes.

As emissões relativas do transporte individual motorizado são muito superiores às do transporte coletivo (127 gCO₂/pkm em carros vs 16 gCO₂/pkm em ônibus¹), o que reforça que a expansão do transporte coletivo, preservando a inter e multimodalidade, é fundamental para a descarbonização do setor de transportes como um todo e para alcance das emissões líquidas zero em mobilidade urbana.

A fim de mitigar o crescimento de emissões e contribuindo de forma ainda mais ativa para a agenda climática, as **23 entidades²** participantes da vertical de Mobilidade Urbana da Coalizão se mobilizaram em debates e elencaram **21 alavancas** de descarbonização segmentadas em 3 frentes:

- **AVOID:** Uso de ferramentas de planejamento para **evitar e reduzir a quantidade de viagens e/ou encurtar os trajetos realizados**. Destacam-se:
 - Adensamento urbano a partir do uso misto do solo, possibilitando que a população tenha acesso a diferentes serviços em curtos raios de distância
 - Otimização de rotas por meio de sistemas e tecnologias que permitam racionalizar a operação dos modais urbanos
- **SHIFT:** Mudança da matriz atual para **fortalecer e expandir o transporte coletivo sustentável, a mobilidade ativa e a micromobilidade**. Destacam-se:
 - Expansão e melhoria da infraestrutura de transporte coletivo (ex.: ônibus, metros, trens urbanos, etc)
 - Expansão da rede cicloviária e da sua integração com o transporte coletivo
 - Promoção da modicidade tarifária e de fontes alternativas de receita (ex.: "cobrança por ganho de tempo")
- **IMPROVE:** Descarbonização dos diferentes modais urbanos para **otimizar os níveis de emissões gerados pelos diferentes veículos**. Destacam-se:
 - Uso de soluções e tecnologias menos emissoras de GEE³
 - Condução ecoeficiente e assistida visando maior eficiência no consumo de combustível

Dado o grande desafio, uma série de habilitadores serão necessários para materializar tais alavancas. Alguns exemplos concretos a seguir ilustram como habilitadores podem contribuir para o avanço da agenda de descarbonização em Mobilidade Urbana:

- **Regulação I Lei da Mobilidade Urbana⁴ I** Define diretrizes para que a infraestrutura e os serviços de mobilidade urbana sejam desenvolvidos de forma sistêmica e coordenada, incentivando a multi e intermodalidade
- **Incentivos I TIC⁵ Eixo Norte: São Paulo – Campinas I** Em maio de 2024, o Governo de SP assinou a concessão ao consórcio C2 Mobilidade sobre Trilhos, que prevê investimentos de R\$ 14,2 bilhões para operação de trens com velocidades de até 140 km/h

A redução de emissões de Mobilidade Urbana⁶ é desafiadora, mas a implementação das alavancas de AVOID, SHIFT e IMPROVE representa um **grande passo rumo à transformação das cidades brasileiras, nas quais o transporte coletivo sustentável, inter e multimodal, prevaleça como principal meio de locomoção, reduzindo o uso do transporte individual motorizado**. As entidades participantes da Coalizão deverão continuar os debates a fim de promover avanços na direção de emissões líquidas zero até 2050.

Obrigado!



Considerações

Resumo

Abordagem

Detalhamentos por modal

Rodoviário

Ferrovário

Aquaviário

Aeroviário

Mobilidade Urbana

Apêndice





Expansão do **modal ferroviário** na matriz de transportes até 2050 pode exigir de **+R\$ 270 B** de investimentos

Números chave e impactos – Mudança de matriz na visão transformacional



+600
Obras
necessárias

Projetos previstos na carteira do **Ministério dos Transportes**

Inclui **adequação, manutenção e implementação** de novas ferrovias



+14 mil km
de expansão da
malha ferroviária

Extensão adicional necessária para a malha ferroviária brasileira até 2050, para **aumento de 16% para 33% do TKU transportado de 2023 a 2050**



+10
Expansões/Novas
ferrovias implantadas

Expansão e desenvolvimento de **malhas ferroviárias**

Principais projetos: **FICO, FIOL, Transnordestina, Estradas de Ferro Carajás**, entre outros



+R\$ 270 B
Investimentos¹
necessários

Investimento estimado total no setor ferroviário

O governo anunciou em 2025 **plano de investimento de R\$ 100 bilhões** (37% do total previsto)



~50 Mton
Redução de
emissões de CO₂e

Alavanca contribui com 16% da redução total de emissões previstas, dentro dos 70% em relação ao cenário de inação

! Investimentos também serão necessários para expandir modo Aquaviário² de 15% para 22%



Avanço na penetração de **veículos leves eletrificados** pode exigir investimentos de ~R\$40 B na construção de eletropostos públicos

Números chave e impactos – Eletrificação de veículos leves na visão transformacional



+50%

Da frota eletrificada circulante

Até 2050, **veículos leves 100% elétricos e híbridos plug-in** (i.e. BEV e PHEV respectivamente) podem **superar +50% da frota circulante**



~70 TWh/ano

Demanda de energia elétrica

Equivalente a **~10% da geração elétrica de 2024** (~710 TWh)

Crescimento histórico de geração indica que haverá **capacidade existente para atender à demanda de 2050 já nos próximos 3 a 4 anos**



~500 mil

Eletropostos de recarga^{1,4}

Demanda projetada de **eletropostos públicos de carregamento** até 2050, baseada em **benchmark da Europa de ~20 veículos BEV e PHEV por eletroposto público**



~R\$ 40 B

Investimentos necessários^{2,3}

Investimento estimado de ~R\$ 7 bilhões até 2035 para a implantação de ~80 mil eletropostos e de mais **R\$ 32 bilhões até 2050** para atingir a meta de ~500 mil eletropostos



~70 Mton

Redução de emissões de CO_{2e}

Alavanca contribui com 25% da redução total de emissões prevista dentro dos 70% em relação ao cenário de inação



Investimentos também serão necessários para infra de recarga da frota de pesados

Notas: Eficiência energética de 3,54 km/KWh para PHEVs e 7 km/kWh para BEVs distância média 12.000 Km/ano e 61% dos km rodados por PHEVs em bateria elétrica; 1. Considera relação de BEVs+PHEVs/tomada de carregamento públicos = 20, em linha com valores da Europa. 2. Considera que 15% dos novos carregadores novos serão rápidos, e o restante lentos; com custo médio de R\$10 mil por tomada de carregamento lento e R\$55 mil por tomada de carregamento rápido; 3. A valores de 2024. 4. Assume que cada Eletroposto terá em média 4 tomadas. BEV = veículo 100% elétrico, PHEV = veículo híbrido plug-in. Fonte: Anfavea, EPE, ICCT, Press Search



Atendimento da demanda adicional de **Biocombustíveis**¹ em 2050 pode exigir ~R\$225 B em investimentos²

Números chave e impactos – Expansão de biocombustíveis na visão transformacional



Necessidade adicional de terra não é um fator limitante para a demanda doméstica projetada

+25 B de L
de demanda adicional de Biocombustíveis¹ em 2050 vs 2023

Biocombustíveis atingem patamar total de consumo de aproximadamente **60 bilhões de litros**



3 projetos de Diesel Verde e SAF anunciados no Brasil (BBF, Acelen e Petrobras)

Capacidade instalada de **2,2 B de L/ano**, sendo **50% para Bio-SAF e 50% para Diesel Verde**, com investimentos estimados em ~R\$ 18 B



+R\$ 225 B
Investimentos² necessários

Investimento estimado para construção de plantas produtivas de Biocombustíveis¹



+45 Mton
Redução de emissões de CO₂e

Alavanca contribui com 15% da redução total de emissões prevista dentro dos 70% em relação ao cenário de inação

Adoção de Biocombustíveis deverá: i. Ser precedida de testes que constatem viabilidade técnica³ ii. Respeitar a diversidade de matrizes; iii. Considerar as especificidades regionais

1. Sensibilidade transformacional, considerando que 100% da demanda de Biocombustíveis será suprida por produção nacional (sem importações); 2. Contempla apenas o CapEx inicial do processo produtivo, sem incluir custos ou investimentos associados à produção da matéria-prima agrícola ou OpEx ou CapEx de manutenção do processo produtivo; Fontes: GLEC Framework; EPE 2024 – Investimentos e Custos Operacionais e de Manutenção no Setor de Biocombustíveis; ANP 2024 – Mapa Dinâmico de Produtores de Biodiesel; EPE 2024 - Combustíveis sustentáveis de aviação no Brasil; World Economic Forum: Guidelines for a Sustainable Aviation Fuel Blending Mandate in Europe; World Bank Group: The Role of Sustainable Aviation Fuels in Decarbonizing Air Transport; EPE: Cenários de oferta de etanol e demanda de ciclo Otto 2024-2033; PDE 2034: Oferta de Biocombustíveis.



Apêndice I Rodoviário



Apêndice 1 | Detalhamento premissas BaU



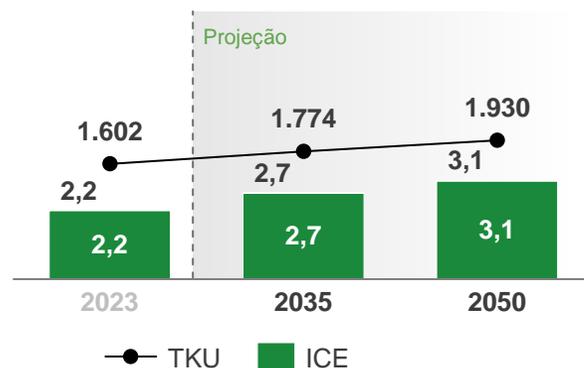
Caminhões | Volume de emissões de CO₂ pode aumentar 17% até 2050



Caminhões

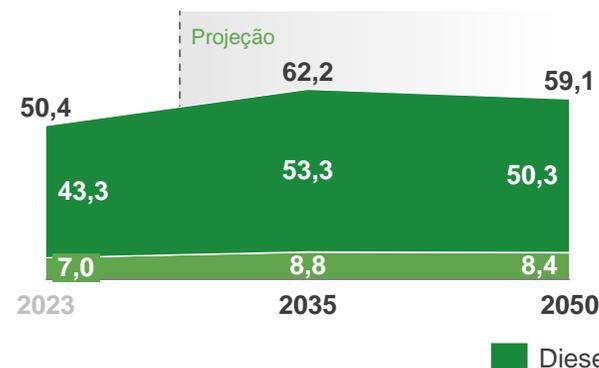
Frota de caminhões deve atingir ~3M (+40%) em 2050

Frota por motorização (Mm) e TKU (Bn)



Manutenção da proporção de biodiesel no diesel fóssil

Consumo por tipo de combustível (Bn L)



Volume de emissões de CO₂ deve aumentar em +17%

Projeção emissões Mt CO₂ (poço a roda)



Principais premissas para o BaU de emissões



Eletrificação

- Frota atual de caminhões híbridos ou elétricos **pouco representativa** (i.e. menor que 1%)

- Não assume avanços na eletrificação da frota** de caminhões para efeitos de baseline

- Baixa participação no share de emissões** vindo de caminhões elétricos



Bio-combustíveis

- Frota de caminhões movidos a biocombustíveis **pouco representativa** (i.e. HVO ainda em fase inicial de testes)

- Manutenção da mistura de Biodiesel¹** no Diesel em 14% até 2050

- Biodiesel** emite 1/3 menos do que Diesel fóssil²



Eficiência

- Não considera aumento de eficiências** de distância média percorrida ou tonelada média movimentada por caminhão

- Não considera** ganhos de eficiência no consumo de combustível (i.e. motores mais "econômicos")

- Não considera ganhos de eficiência** nos fatores de emissão no tempo

1. Sancionada através da Lei do Combustível do Futuro; 2. Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários; ICE - Veículo a combustão Interna; Nota: a utilização de biodiesel misturado no diesel exige ajustes na cadeia produtiva e garantia da qualidade do produto, além de análises de viabilidade técnica e econômica; Os diferentes biocombustíveis têm diferentes poderes caloríficos o que impacta na autonomia e potência em comparação aos combustíveis fósseis; Fonte. ANFAVEA; ANP; Planos Setoriais de Transportes;



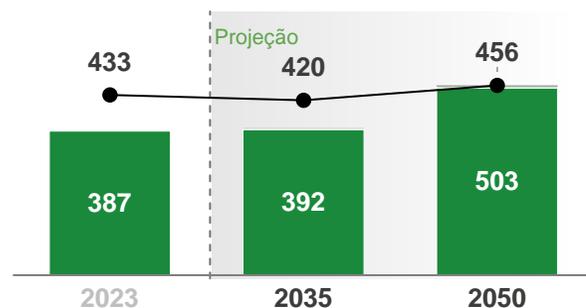
Ônibus | Volume de emissões pode aumentar em 11% até 2050

Frota de ônibus deve crescer cerca de 5%

Frota por motorização (mil) e PAX (milhões)



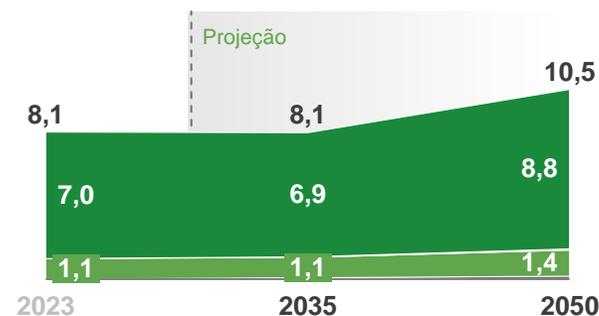
Ônibus rodoviário



● #PAX ■ ICE

Manutenção da proporção de biodiesel no diesel fóssil

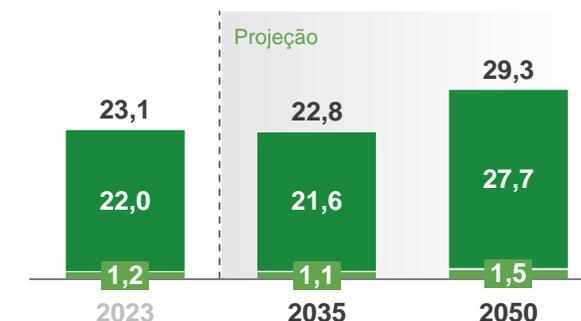
Consumo por tipo de combustível (Bn L)



■ Diesel ■ Biodiesel

Aumento das emissões de CO₂ em 11%

Projeção emissões Mt CO₂ (poço a roda)



Principais premissas para o BaU de emissões



Eletrificação

- Frota atual de ônibus rodoviário híbridos ou elétricos **pouco representativa** (i.e. menor que 1%)



Bio-combustíveis

- Frota de ônibus rodoviário movidos a biocombustíveis **pouco representativa** (i.e. B100, HVO ainda em fase inicial)



Eficiência

- Não considera aumento de eficiências** de distância média percorrida ou #PAX média transportado por ônibus

- Não assume avanços na eletrificação da frota** de ônibus rodoviário para efeitos de baseline

- Manutenção da mistura de Biodiesel¹** no Diesel de 14% até 2050

- Não considera ganhos de eficiência** no consumo de combustível (i.e. motores mais "econômicos")

- Baixa participação no share de emissões** vindo de ônibus rodoviários elétricos

- Biodiesel** emite 1/3 menos do que Diesel fóssil²

- Não considera ganhos de eficiência** nos fatores de emissão no tempo



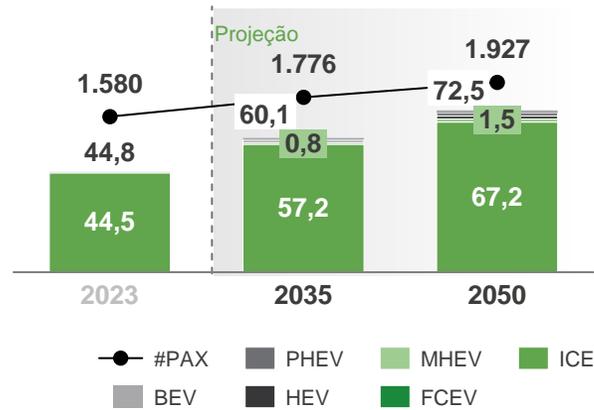
Veículos leves | Volume de emissões pode aumentar em 68% até 2050



Veículos Leves

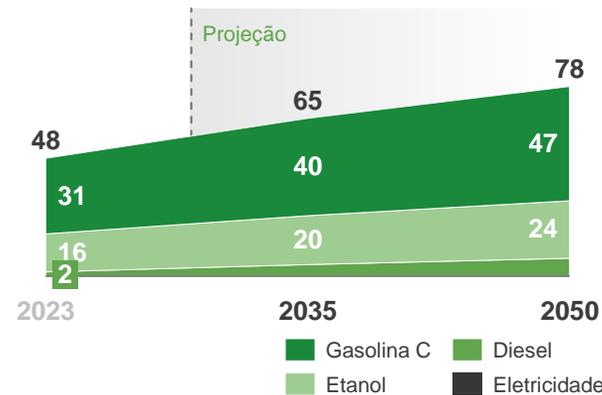
Frota de veículos leves deve atingir 72 milhões (+60%) em 2050...

Frota por motorização (Mm) e PAX¹ (Mm)



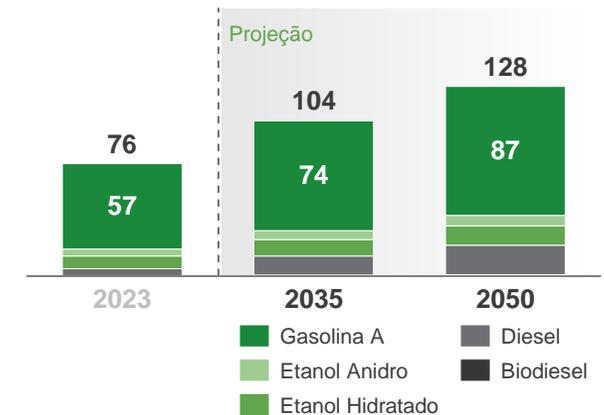
Manutenção da mistura de biocombustíveis

Consumo por tipo de combustível (Bn L/TWh)



Volume de emissões de CO₂ deve aumentar em +68%

Projeção emissões Mt CO₂ (poço a roda)



Principais premissas para o BaU de emissões

Eletrificação

- Frota de veículos leves híbridos ou elétricos **ainda pouco representativa** (i.e aprox. 5%)

- Não assume avanços na eletrificação da frota** de veículos leves para efeitos de baseline

- Apesar de existente, baixa participação no share de emissões** de veículos elétricos

Bio-combustíveis

- Maior parte (~80%) da frota atual brasileira já possui motores flex** que permitem abastecimento com Etanol

- Manutenção da composição do Etanol** na gasolina A de 27,5% até 2050²

- Etanol emite 1/4 da Gasolina³**

Eficiência

- Não considera aumentos de eficiências** (i.e. redução da distância média percorrida ou aumento de passageiros transportados)

- Não considera ganhos de eficiência no consumo de combustível** (i.e. motores mais "econômicos")

- Não considera ganhos de eficiência nos fatores de emissão no tempo**

1. Considera apenas passageiros em fluxos interurbanos (PNL 2035) 2. Sancionada através da Lei do Combustível do Futuro; 3. Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários; Nota: a utilização de biodiesel misturado no diesel exige ajustes na cadeia produtiva e garantia da qualidade do produto, além de análises de viabilidade técnica e econômica; Os diferentes biocombustíveis têm diferentes poderes caloríficos o que impacta na autonomia e potência em comparação aos combustíveis fósseis; Fonte. ANFAVEA; ANP; PNL 2035; Infra S.A



Apêndice 2 | Tendências globais para o modo de transporte rodoviário

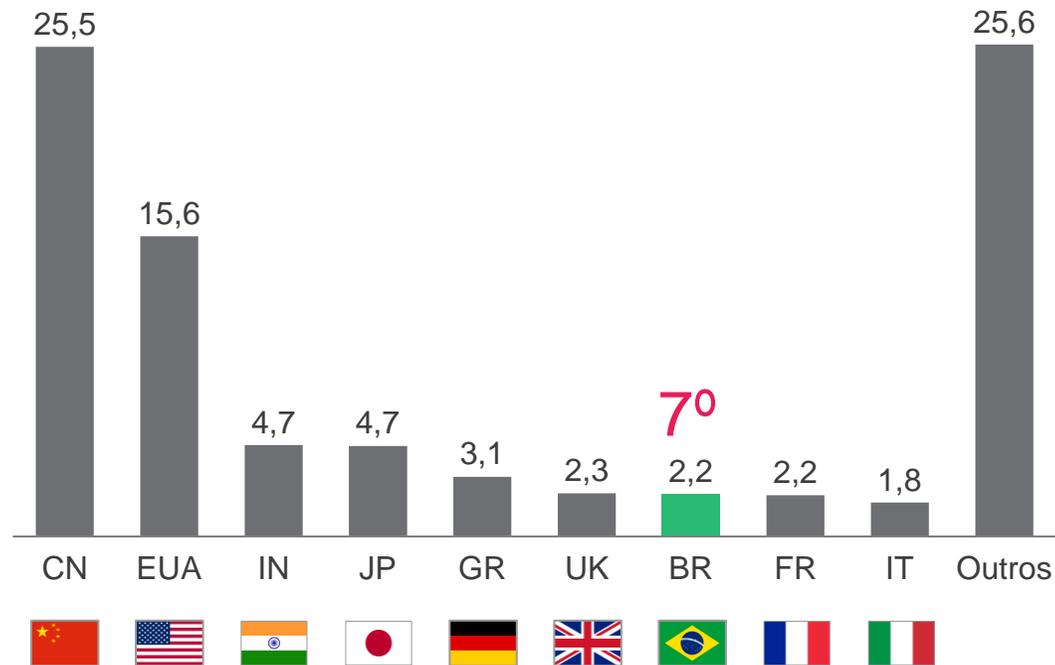


Mercado automotivo brasileiro está entre os 10 maiores mercados do mundo



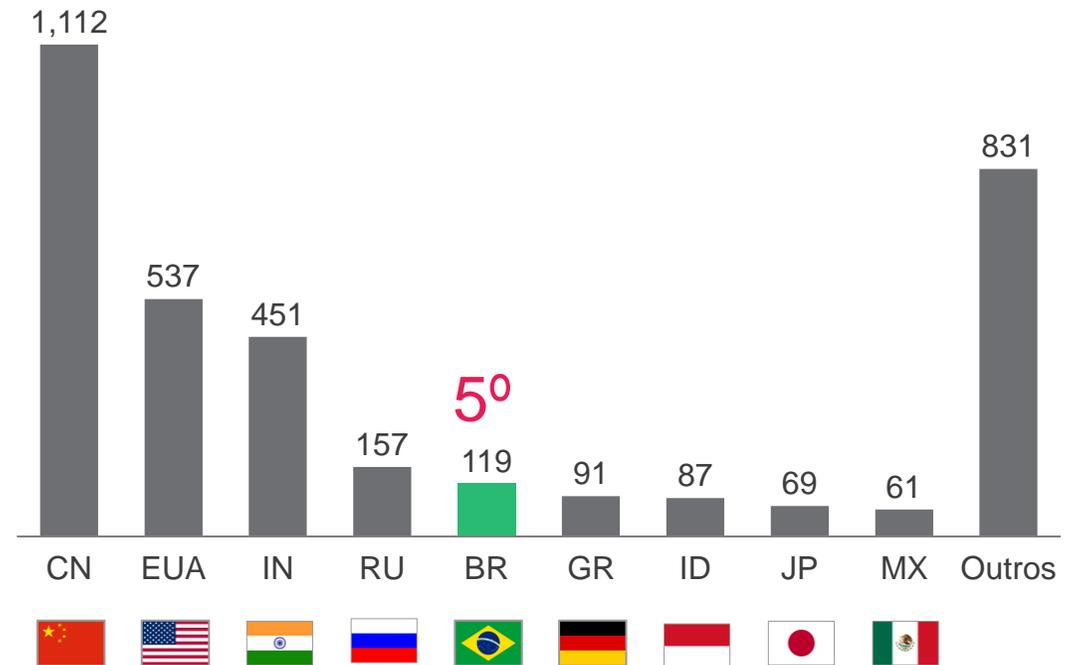
Veículos leves

Venda de veículos leves em 2023 (milhões)



Veículos pesados

Venda de veículos pesados em 2023 (mil)





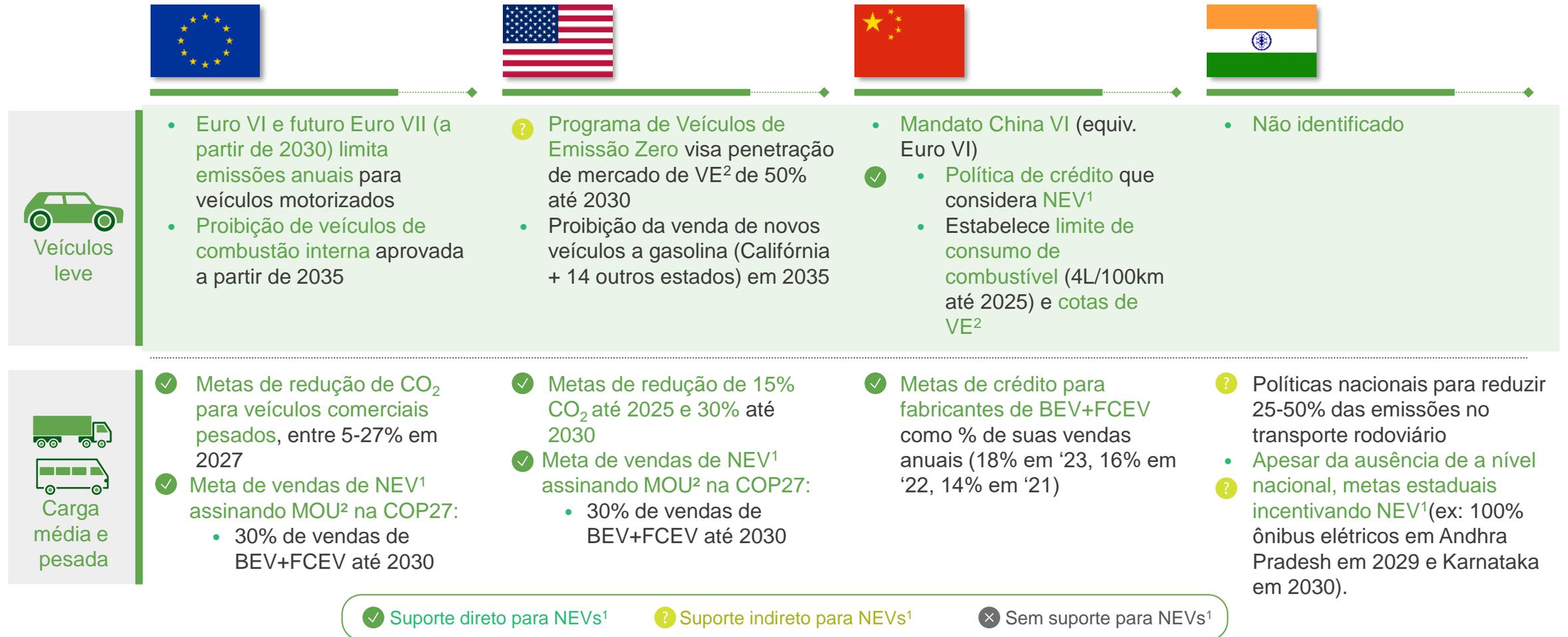
Principais mercados automotivos do mundo avançando em 5 dimensões para descarbonização de frotas leves e pesadas





Regulações e incentivos aparecem como viabilizadores-chave para empurrar a agenda

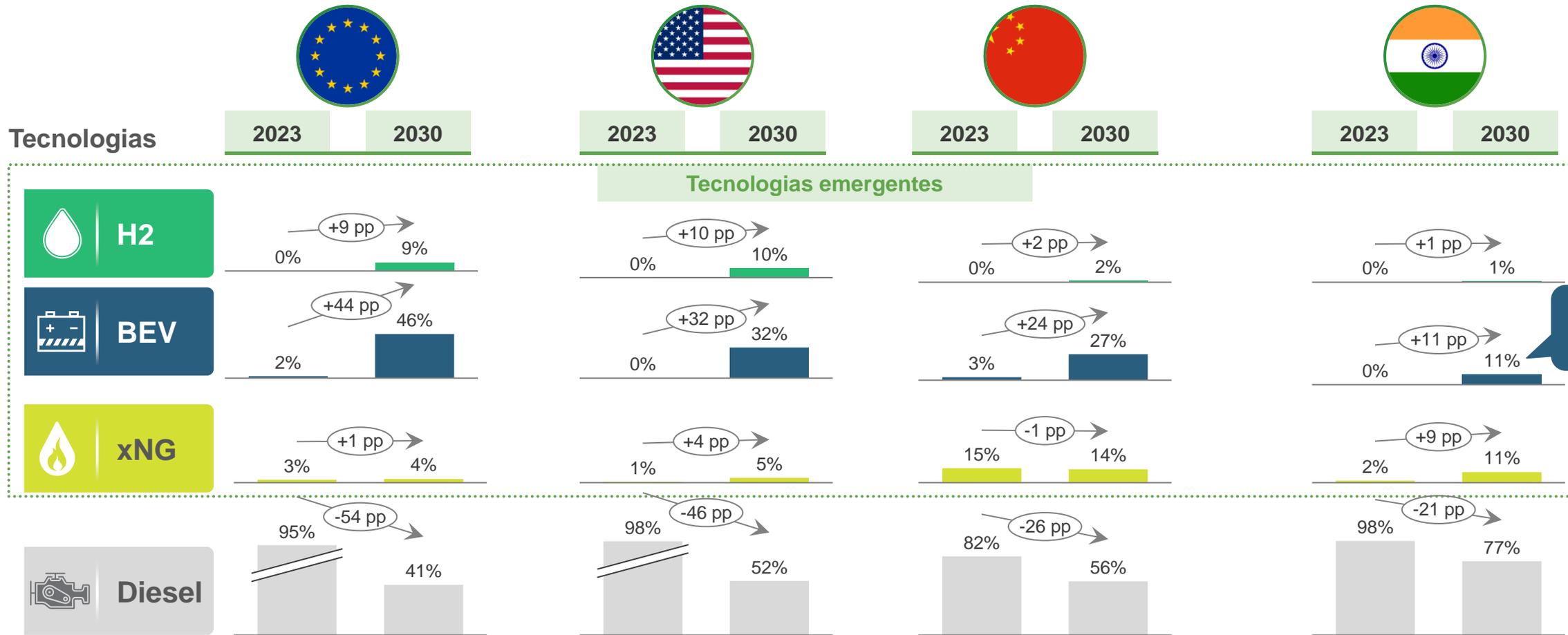
Não Exaustivo





Atratividade crescente para entrada de veículos elétricos à baterias para cargas médias e pesadas em diferentes países, em substituição ao diesel

Espera-se aumento da participação de BEVs, veículos à H2 e xNG em frotas pesadas e médias até 2030 (%)



Crescimento expressivo projetado de BEVs até 2030

Considera: MDT¹ HDT regional distribution HDT long-haul Vocational



Frotas pesadas: Alavancas com foco em eficiência e desenvolvimento de soluções para redução de emissões

Não Exaustivo



Eficiência



Teste com caminhões autônomos

- Caminhões autônomos focando em rotas de longa distância sendo testados em várias regiões dos Estados Unidos



Mercedes-Benz

Uso de tecnologias e digitalização para otimização inteligente de rotas e frotas

- Desenvolve caminhões com motores otimizados para melhor consumo de combustível e sistemas avançados de gestão de frota que ajudam a otimizar rotas
- Implementa soluções avançadas em seus caminhões para melhorar a eficiência do combustível, incluindo tecnologias aerodinâmicas e sistemas híbridos para modelos específicos



Biocombustíveis



Desenvolvimento de motores e veículos de carga e ônibus para funcionamento com combustíveis alternativos

- Players investindo em motores adaptáveis a combustíveis alternativos, incluindo modelos que operam com etanol, biogás, biometano e HVO, abrangendo desde ônibus até caminhões
- O Stralis *Natural Power*, da IVECO, é o primeiro caminhão a gás para longas distâncias, equipado com um motor de 460 Cv e com autonomia de até 1500 km

Adoção de blends de biodiesel e biogás/biometano para frotas pesadas em diferentes geografias

- Players utilizando linha de caminhões e ônibus que podem funcionar com biodiesel e biogás/biometano
- Teste do uso de biodiesel B100 (100% biodiesel) em caminhões na Europa, Singapura, Canada, etc.



Eletrificação e Power to X



Projetos-piloto de ônibus e caminhões movidos à H₂

- Ônibus e caminhões movidos células de combustível de hidrogênio estão sendo aprimorados para operações interurbanas livres de emissões



Mercedes-Benz

Soluções híbridas combinando baterias e motores à combustão

- Caminhões híbridos combinam a força dos motores elétricos à bateria e de combustão com comutação automática entre modos, utilizando energia regenerativa e externa



Frotas leves: Alavancas distribuídas entre eficiência, eletrificação e uso de biocombustíveis

Não Exaustivo



Eficiência

Veículos autônomos automatizar e otimizar operações de entrega



- O Amazon Scout, veículo de entrega autônomo da Amazon, está em fase de teste em várias localidades dos EUA, avaliando sua eficácia e segurança para entregas de última milha



Uso de tecnologias e digitalização para otimização inteligente de rotas e treinamento de motoristas

- Utilização de sistemas avançados de tecnologia para planejar e otimizar as rotas de entrega, minimizando as milhas percorridas e maximizando a eficiência do combustível
- Programas focados em educar motoristas sobre técnicas de condução econômica para reduzir o consumo de combustível e as emissões, além de melhorar a segurança na estrada



Biocombustíveis



Adoção de blends de biodiesel, biogás/biometano e etanol para frotas leves em diferentes geografias

- Soluções de logística sustentável, como a implementação de biocombustíveis em suas operações, como parte de seus esforços para reduzir o impacto ambiental das atividades



Eletrificação e Power to X



Promoção da mobilidade elétrica via soluções de veículos elétricos e híbridos, e investimento em infraestrutura

- Desenvolvimento e comercialização de veículos leves totalmente elétricos como alternativa aos movidos à combustíveis fósseis
- Players investindo em de carregamento para veículos elétricos, com soluções diversificadas para espaços públicos, residenciais e empresariais, promovendo ativamente a adoção de VEs¹
- Soluções de logística sustentável, como o uso de veículos elétricos e híbridos em suas operações, como parte de seus esforços para reduzir o impacto ambiental das atividades

1. Veículos elétricos
Fonte: Press search

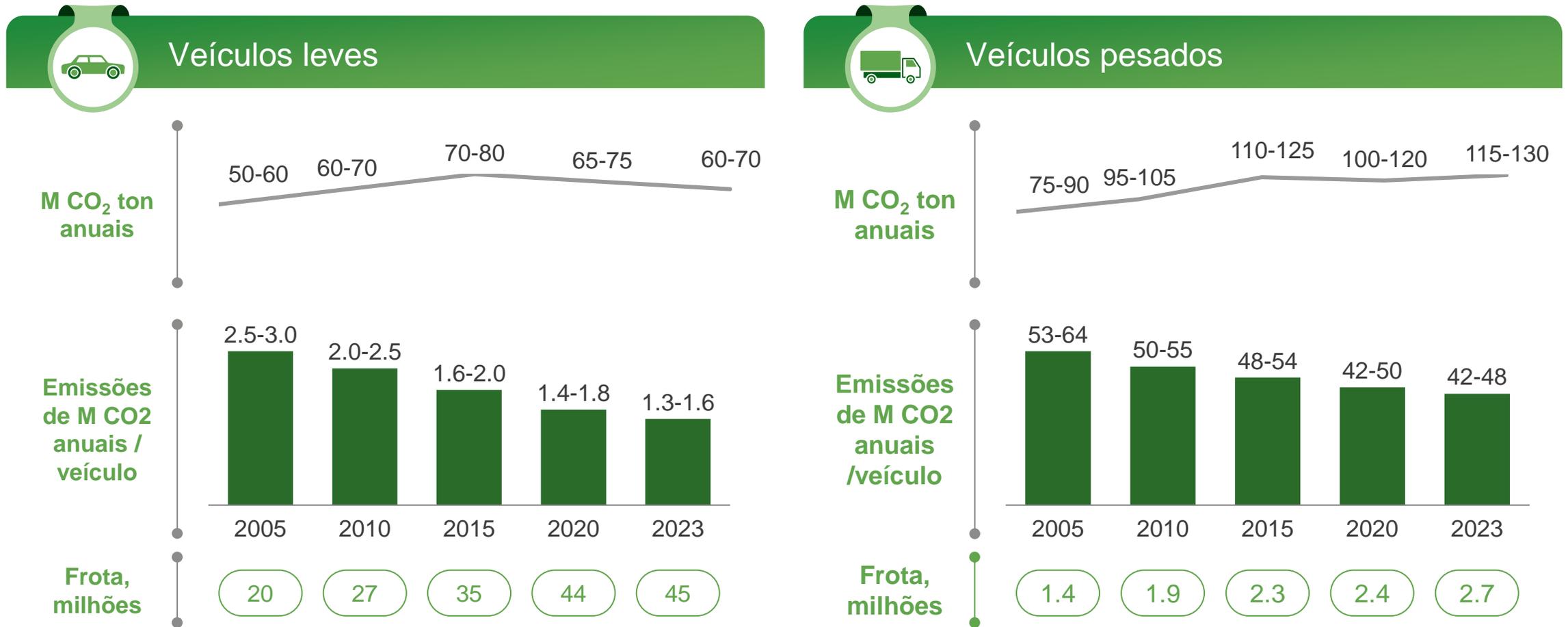


Apêndice 3 | Tendências locais para o modo de transporte rodoviário



Brasil apresentou avanço na taxa de emissões de CO₂ por veículo, mas ainda possui um caminho relevante para atingir meta de redução de CO₂

Estimativa de emissões de CO₂



Estão previstos mais de R\$ 200 B de investimentos em rodovias federais, sendo R\$ 97 B até 2026, e com obras e concessões já concluídas



Não exaustivo

Programas governamentais alinhados à transição energética visam impulsionar a mobilidade de baixo carbono

2024

Redução de emissões no setor de transportes



- Foca em diretrizes e mandatos para ampliação do uso de **etanol e biodiesel, biometano e diesel verde**

Principais mandatos vigentes (2024)

27,5%
de Etanol na Gasolina

14%
de Biodiesel no Diesel

2024-2028

15%

Melhora de eficiência energética (Tanque a roda e Poço a roda)



- Dispêndio mínimo em P&D de 0.5%** da receita por ano para direito a créditos
- R\$500 M/ano de investimento mínimo** em programas prioritários
- Índice de reciclabilidade de materiais mínima de 65%

Outras regulações:



Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2)

PROGRAMA NACIONAL METANO ZERO



NOVO MERCADO DE GÁS



RenovaBio



A AGRICULTURA FAMILIAR PARTICIPA BIODIESEL COMBUSTÍVEL SOCIAL



Para 2024, híbridos flex se apresentou como caminho da descarbonização em veículos leves e avanço gradual novas tecnologias em pesados

Veículos Leves

4.5%

Penetração de Híbridos e Elétricos - xEVs
(vs. vendas totais) – 2023



Processo de transição tecnológica impulsionada por veículos híbridos flex – Montadoras anunciam investimento massivo para produção nacional de veículos eletrificados



VW aposta mais em híbridos que elétricos ao elevar investimentos no Brasil



Toyota vai produzir novo carro híbrido flex no Brasil com investimento de R\$ 1,7 bilhão



Stellantis anunciará novo investimento em fevereiro de olho no híbrido flex



CEO da Hyundai se reúne com Lula e promete investir US\$ 1,1 bi no Brasil até 2032



GM vai investir R\$ 7 bilhões no Brasil: elétricos e híbridos estão nos planos



Great Wall

GWM Haval H6 híbrido: produção nacional começa em 2024



Renault vai investir R\$ 2 bilhões para fazer SUV híbrido no Brasil

Veículos Pesados

<1%

Penetração de NEVs - *New Energy Vehicles*
(vs. vendas totais) – 2023



Casos de uso iniciais em operação com perspectiva aumento de frota por municípios e empresas com metas de descarbonização



Ônibus elétrico já é realidade no Brasil; veja os modelos disponíveis



São Paulo começa a operar primeiro lote de 50 ônibus elétricos



Urbam publica novo edital para aluguel de 400 ônibus elétricos em São José dos Campos, SP



JBS terá 130 pontos de recarga de caminhões elétricos pelo Brasil

Setor privado investe em veículos elétricos para suas frotas



Em busca de sustentabilidade, empresas adotam biodiesel e eletricidade

Locadoras investem para ampliar oferta de caminhões elétricos no País



Frotas pesadas: Alavancas com foco em eficiência e desenvolvimento de soluções para redução de emissões

Não Exaustivo



Eficiência

Testes de sistemas de *High-Speed Weigh in Motion*



- Modelo de redução de paradas, é uma tecnologia que possibilita a pesagem de caminhões em movimento e na velocidade regular da rodovia via câmeras digitais e sensores instalados no pavimento



IVECO

Uso de tecnologias e digitalização para otimização inteligente de rotas e frotas

- Desenvolve caminhões com motores otimizados para melhor consumo de combustível e sistemas avançados de gestão de frota que ajudam a otimizar rotas
- Implementa soluções avançadas em seus caminhões para melhorar a eficiência do combustível, incluindo tecnologias aerodinâmicas e sistemas híbridos para modelos específicos



Biocombustíveis



AMAGGI

Desenvolvimento de motores e veículos de carga e ônibus para funcionamento com combustíveis alternativos

- Players investindo em motores adaptáveis a combustíveis alternativos, incluindo modelos que operam com etanol, biogás, biometano e HVO, abrangendo desde ônibus até caminhões

Adoção de blends de biodiesel e biogás/biometano para frotas pesadas em diferentes geografias

- Players utilizando linha de caminhões e ônibus que podem funcionar com biodiesel e biogás/biometano
- AMAGGI está testando o uso do biodiesel puro (B100) em sua frota rodoviária no Brasil



Eletrificação e
Power to X



Soluções híbridas combinando baterias e motores à combustão em teste, com desafios específicos locais de infraestrutura e custo

- Caminhões híbridos combinam a força dos motores elétricos à bateria e de combustão com comutação automática entre modos, utilizando energia regenerativa e externa



Frotas leves: Alavancas distribuídas entre eficiência, eletrificação e uso de biocombustíveis

Não Exaustivo



Eficiência

Concessionárias implementando modelos de *free flow*



- Modelo de redução de paradas, permite que veículos passem sem frear ou esperar em filas, reduzindo o consumo de combustível e as emissões GEE



Uso de tecnologias e digitalização para otimização inteligente de rotas e treinamento de motoristas

- Utilização de sistemas avançados de tecnologia para planejar e otimizar as rotas de entrega, minimizando as milhas percorridas e maximizando a eficiência do combustível
- Programas focados em educar motoristas sobre técnicas de condução econômica para reduzir o consumo de combustível e as emissões, além de melhorar a segurança na estrada



Biocombustíveis

Adoção de blends de biodiesel e etanol para frotas leves



- Soluções de logística sustentável, como a implementação de biocombustíveis (ex. mistura de biodiesel no diesel e etanol na gasolina) em suas operações, como parte de seus esforços para reduzir o impacto ambiental das atividades



Eletrificação e Power to X



Promoção da mobilidade elétrica via soluções de veículos elétricos e híbridos, e investimento em infraestrutura

- Desenvolvimento e comercialização de veículos leves totalmente elétricos como alternativa aos movidos à combustíveis fósseis
- Players investindo em de carregamento para veículos elétricos, com soluções diversificadas para espaços públicos, residenciais e empresariais, promovendo ativamente a adoção de VEs¹

1. Veículos elétricos
Fonte: Press search



Apêndice 4 | Implicações da sensibilidades

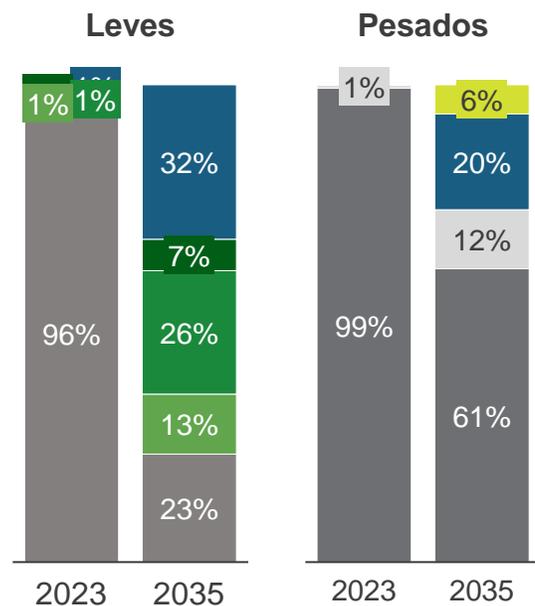


Referência global | Penetração de veículos elétricos e híbridos no Brasil será menos agressiva que a dos principais países nos próximos anos



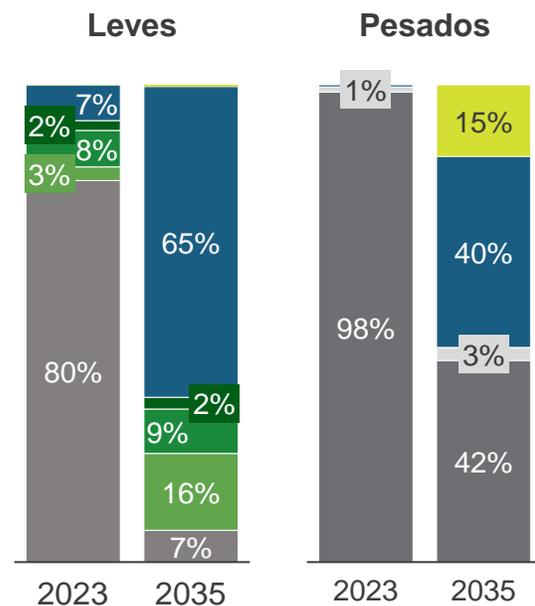
Brasil

(% de veículos novos)



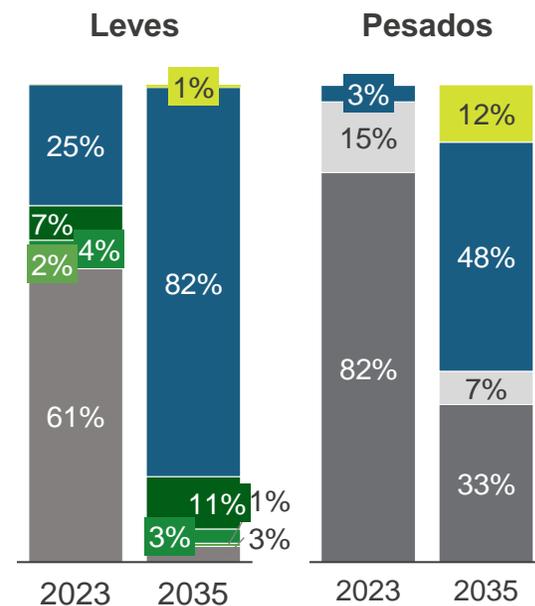
Estados Unidos

(% de veículos novos)



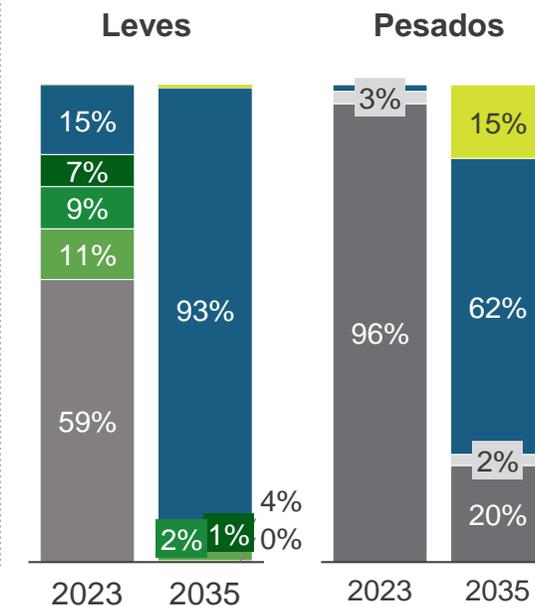
China

(% de veículos novos)



Europa

(% de veículos novos)



Escala de menor para maior penetração de veículos elétricos e híbridos

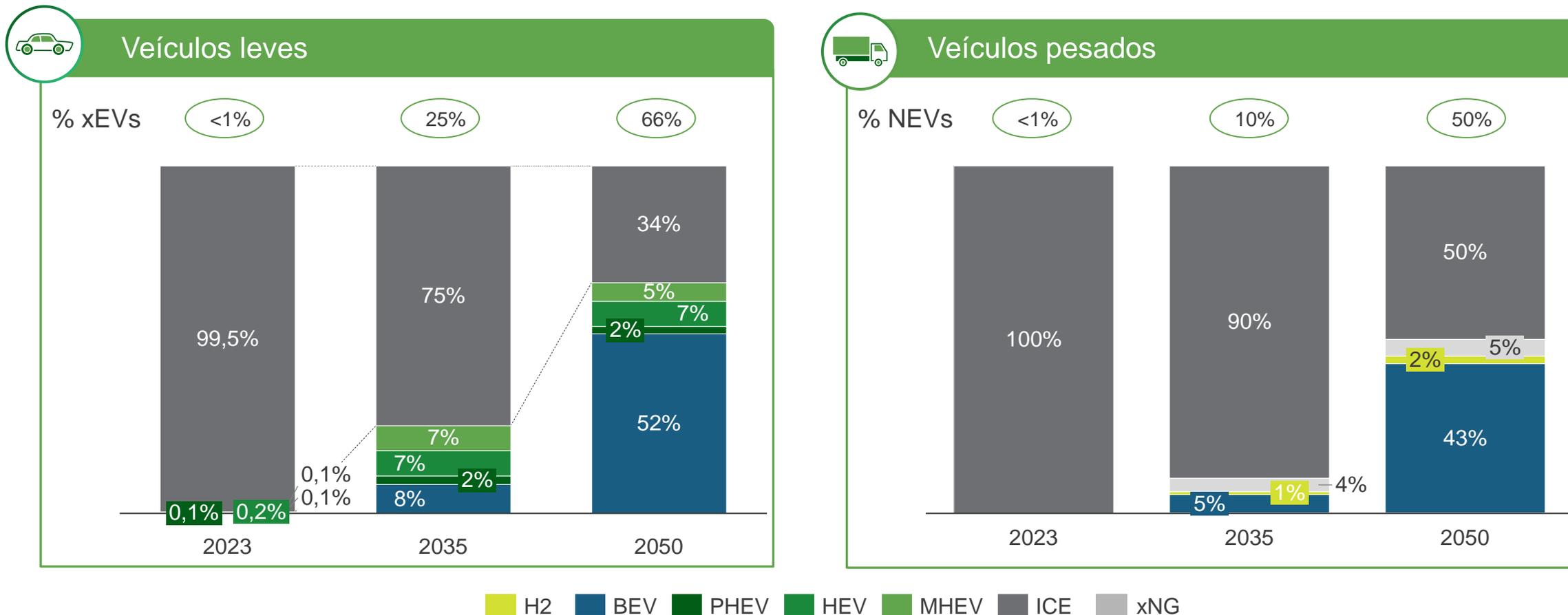


Nota: Inclui veículos leves <3.5t; Europa: EU27 + EFTA + UK; China Continental;
 FCEV = elétrico com célula de combustível, BEV = veículos 100% elétrico, PHEV = veículo híbrido plug-in, HEV = veículo híbrido, MHEV = veículo híbrido leve
 Fonte: IHS GADT (02/2024); Anfavea



Embora a venda de BEVs predomine a partir de 2040, reflexo na frota circulante deve acontecer após 2050, devido idade média da frota ultrapassar 10 anos

Estimativa de frota em circulação por tipo de tecnologia de motorização – Brasil
(% do total de veículos circulantes, números indicativos da sensibilidade transformacional)



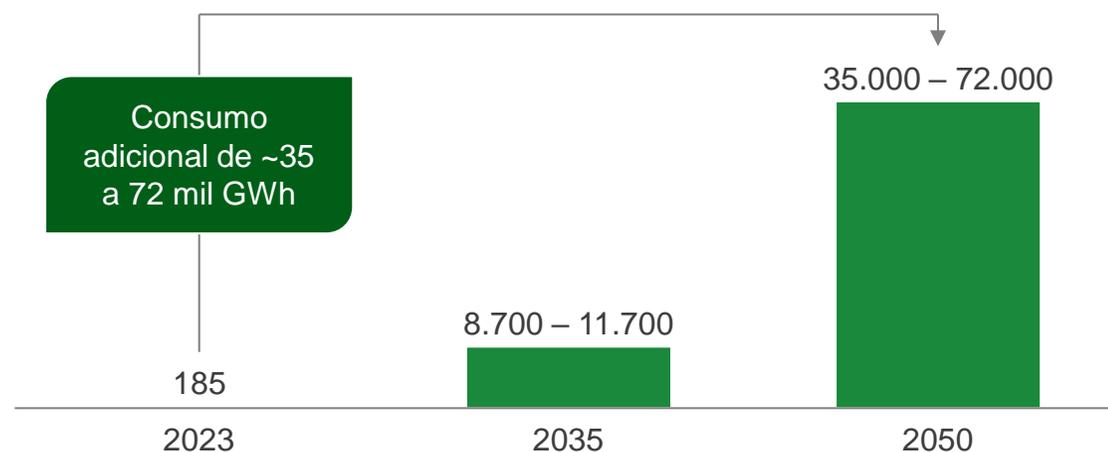
Nota: BEV = veículo 100% elétrico, PHEV = veículo híbrido plug-in, HEV = veículo híbrido, MHEV = veículo híbrido leve, ICE = motor à combustão interna, H2 = veículo a hidrogênio, xNG = veículo a gás; Fonte: S&P Global Mobility; IHS Markit; Press Search; Anfavea



Avanço na penetração de veículos leves eletrificados irá demandar desenvolvimento de infraestrutura de recarga

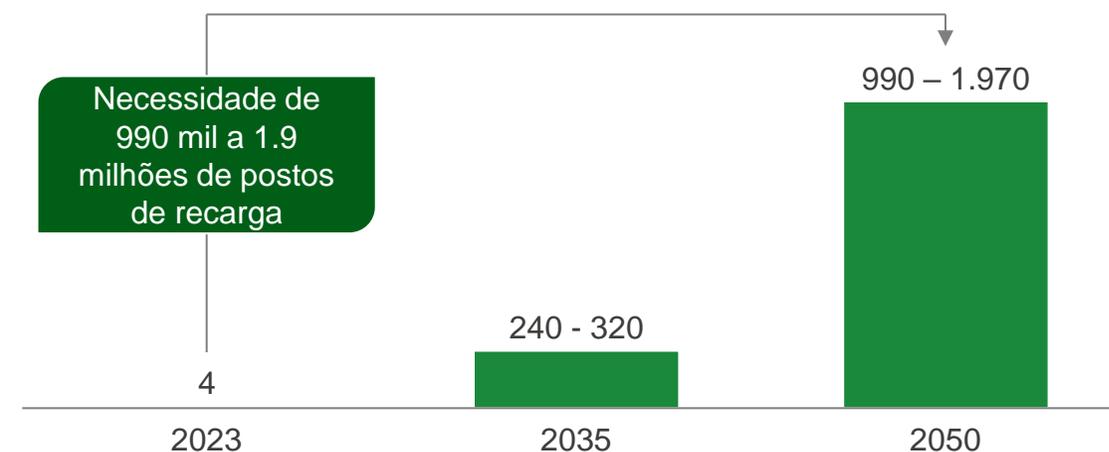
Faixa indicativa entre cenários gradual e acelerado (estimativas)

Demanda estimada de energia por veículos leves eletrificados¹ (GWh)



Demanda de energia para eletrificados em 2050 pode superar 72 mil GWh por ano (cerca de 8% do consumo total de energia em 2024)

Estimativa de postos de recarga necessários para atender frota de eletrificados² (milhares)



Investimento total de **~R\$ 4 a 6 Bi** até 2035
+
Investimento de **~R\$ 14 a 32 Bi** até 2050

1. Apenas BEVs e PHEV; Eficiência energética de 3,54 km/kWh para PHEVs e 7 km/kWh para BEVs distância média 12.000 Km/ano e 61% dos km rodados por PHEVs em bateria elétrica.

2. Considera relação de BEVs+PHEVs/postos de carregamento públicos = 20, em linha com valores da Europa. 3. Considera que 15% dos novos carregadores novos serão rápidos, e o restante lentos; com custo médio de R\$10 mil por posto de carregamento lento e R\$55 mil por posto de carregamento rápido, com queda de custo até 2030

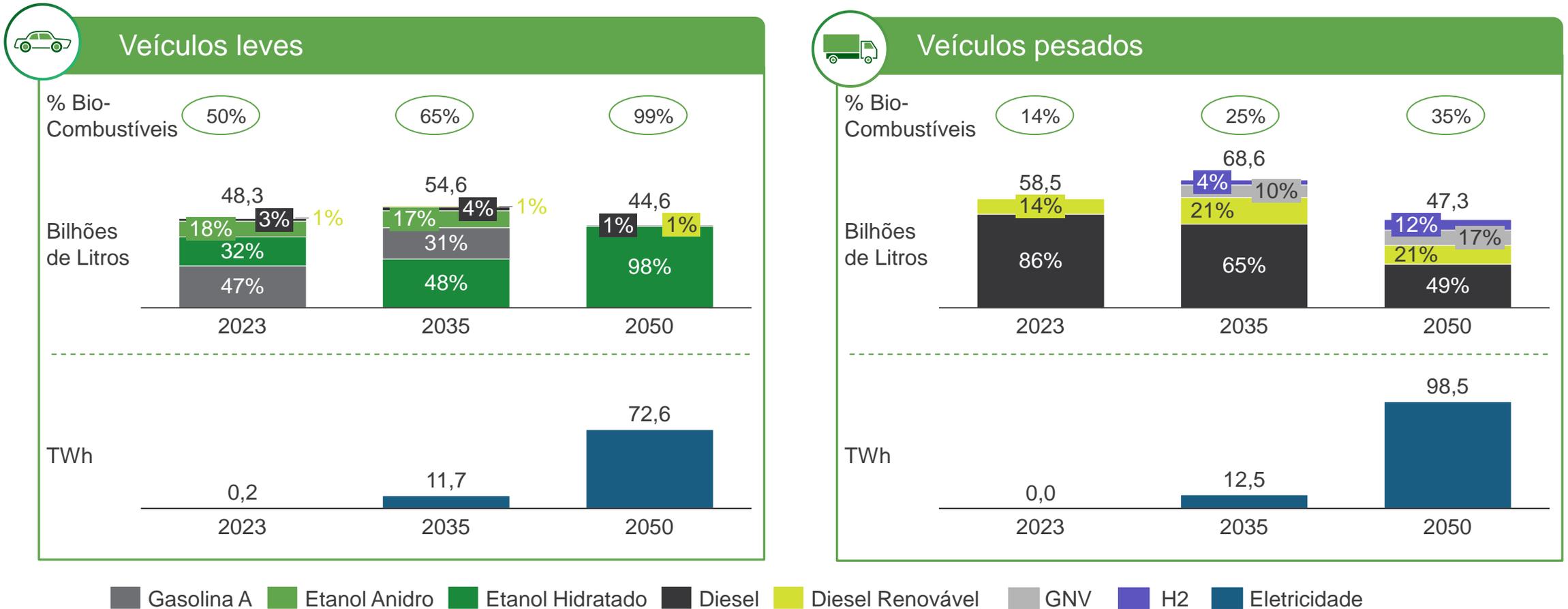
Nota: Limite inferior considera números da transição gradual enquanto limite superior considera transição acelerada, BEV = veículo 100% elétrico, PHEV = veículo híbrido plug-in

Fonte: EPE, ICCT, Press Search, Análise BCG



Dos veículos em circulação ainda não eletrificados até 2050, ~100% dos leves abastecerão com etanol e 35% dos pesados com combustíveis renováveis

Estimativa de consumo de combustível e energia da frota circulação por tipo fonte energética – Brasil
(% do total de consumo de combustível, números indicativos da sensibilidade transformacional)



Nota: Veículos a gás (conversão do kg GNV para Litros considerando densidade de 1kg de GNV = 1.300 litros de GNV); Veículos FCEV movidos a H2 (conversão de kg de H2 para litros considerando densidade do hidrogênio em estado gasoso a 700 Bar (1 kg = 23,8 litros); Fonte: S&P Global Mobility; IHS Markit; Press Search; Anfavea

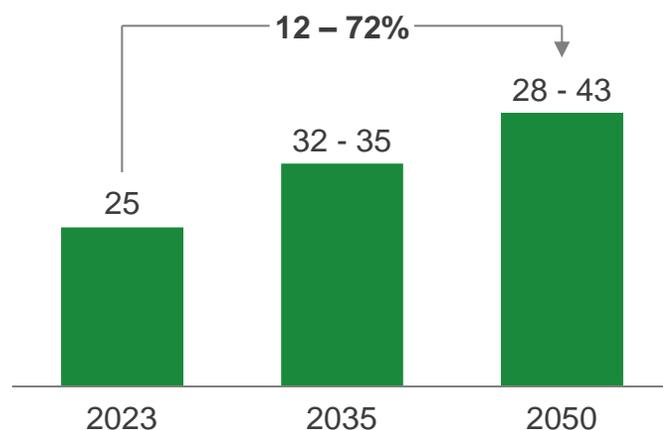


Aplicação mais intensa de biocombustíveis irá resultar em maior demanda de etanol, biodiesel (incl. HVO) e biometano

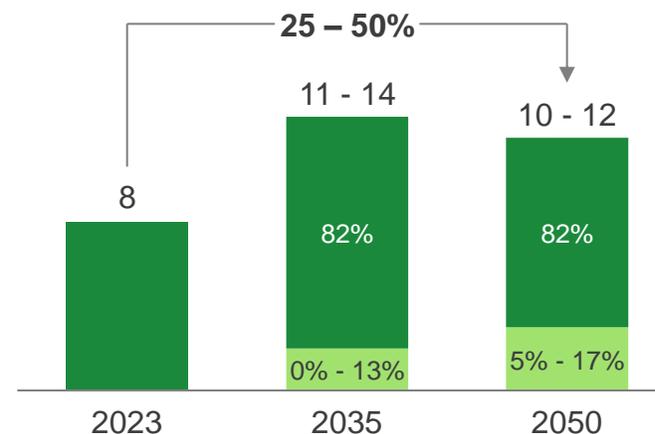
Faixa indicativa entre cenários gradual e acelerado (estimativas)



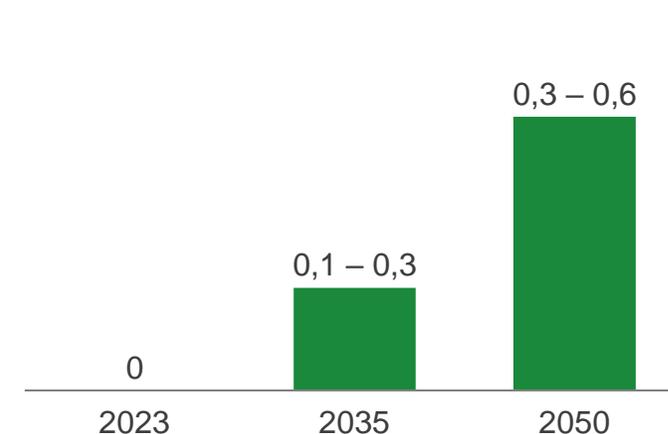
Demanda de Etanol por ano (em Bi litros)



Demanda de Biodiesel por ano (em Bi litros)



Demanda de Biometano por ano (em Mi m³ /dia)



% da Mistura de biocombustível

27,5% 30%-35% 30%-35%

14% 18%-25% 21%-30%

- 3%-5% 3%-10%



Aumento da demanda para +40 Bi L pode representar a necessidade de aumento de área plantada destinada a produção de etanol de até 2Mha



Aumento de demanda para 10 – 12 Bi L pode representar a necessidade de aumento de área plantada de até 2Mha (incluindo HVO)



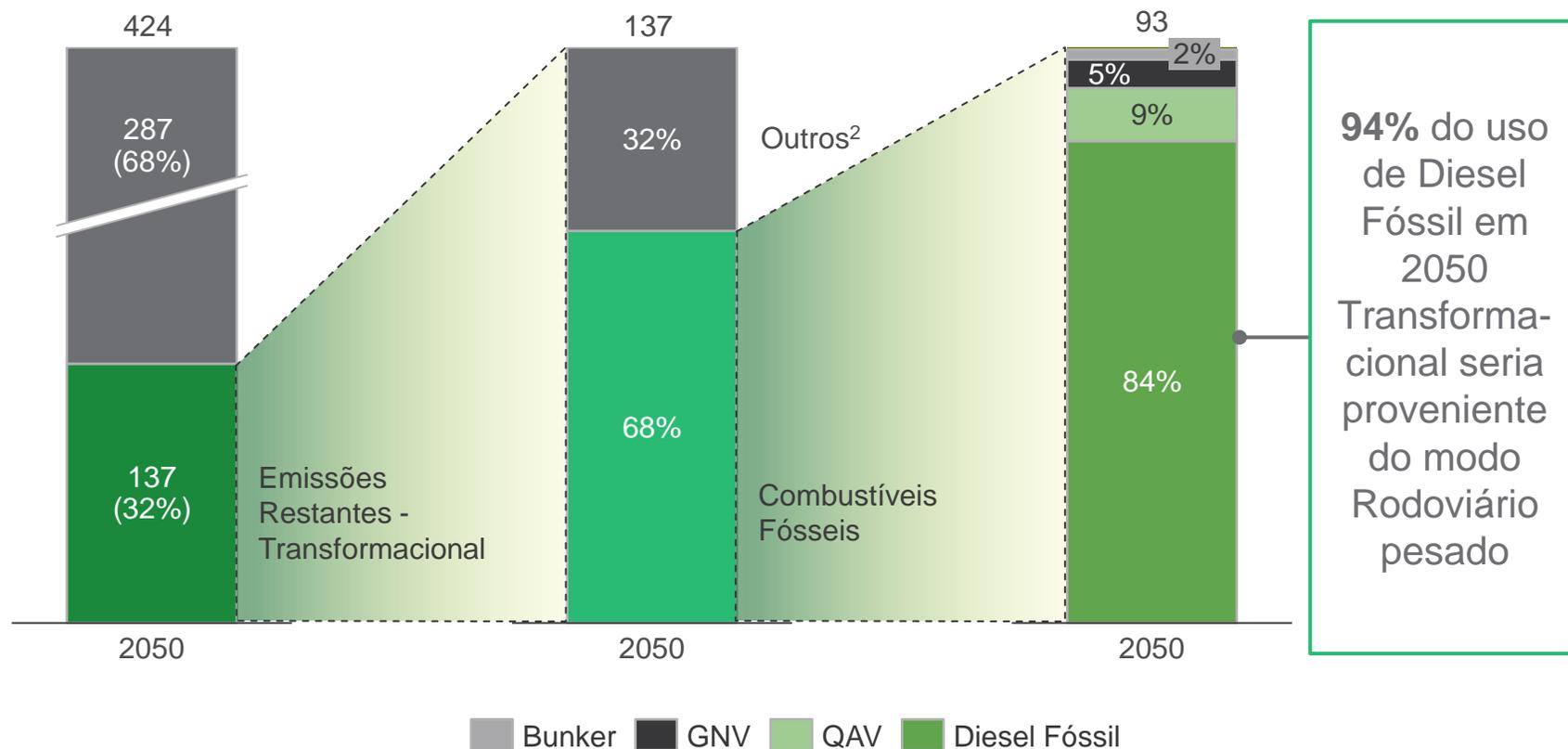
Demanda estimada de 0,3 – 0,6 Mi m³/dia em 2050 (+40% da produção atual de biometano)

Nota: a utilização de biodiesel misturado no diesel exige ajustes na cadeia produtiva e garantia da qualidade do produto, além de análises de viabilidade técnica e econômica
1. Considera aumento de produtividade de 1.4% ao ano para cana e 2.4% ao ano para milho; 2. Considera aumento de produtividade de 1.7% ao ano para soja e outros cultivos de óleo; Fonte: EPE 2023, Análise BCG



~70% das emissões remanescentes na sensibilidade transformacional são provenientes de combustíveis fósseis, com Diesel Fóssil representando ~84%

Emissões de Transportes no Brasil - em Mton CO₂e



94% do uso de Diesel Fóssil em 2050 Transformacional seria proveniente do modo Rodoviário pesado

Demanda de Diesel Fóssil pode sair de ~53 bilhões de litros em 2023 para ~25 bilhões em 2050, o que equivale a uma redução esperada de ~52%

A high-speed train is shown in motion, traveling along a set of tracks that curve through a lush, green landscape. The train is sleek and aerodynamic, with a white body and a dark blue stripe. The background features rolling hills covered in dense green foliage. The entire image has a semi-transparent green overlay. A white horizontal line is positioned above the text.

Apêndice I Ferroviário



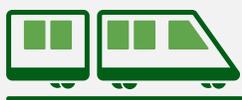
Apêndice 1 | Detalhamento premissas BaU



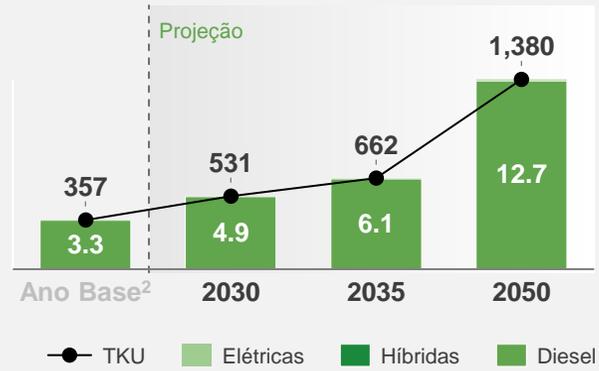
BaU¹ | Volume de emissões deve crescer 4,1% a.a. até 2050

TKU aumenta significativamente até 2050...

Frota por tipo e TKU (bilhões)



Ferrovário



...o que explica o maior consumo de combustível...

Consumo por tipo de combustível (Bilhões de L)



...e um aumento do volume total de emissões que cresce a 4,1% a.a.

Projeção emissões MtCO₂ (poço-à-roda)



Principais premissas

Eletrificação

- **0,2%** da frota composta por locomotivas híbridas e **0,4%** por locomotivas elétricas em 2050

Bio-combustíveis

- **~99%** da frota rodando com Diesel/Biodiesel

Eficiência

- Não considera **crescimento anual do TKU médio** por locomotiva

- Share de novas locomotivas elétricas e híbridas produzidas **permanece constante até 2050**

- **Aumento da composição de Biodiesel** no Diesel de 14% em 2024 para 20% a partir de 2030

- **Considera aumento de eficiência** incremental no consumo de combustível por locomotiva

- **Eletricidade:** 0g CO₂/kWh³
- Locomotivas Híbridas com **share de 30% eletricidade e 70% diesel**

- **Biodiesel:** 1,17Kg CO₂/L
- **Diesel:** 3,48Kg CO₂/L

- **Não considera ganho de eficiência** nos fatores de emissão no tempo

1. BaU = business-as-usual; 2. 2021 foi o ano base do PSTF/PNL, além de apresentar parâmetros históricos mais fidedignos; 3. Assumindo matriz energética renovável

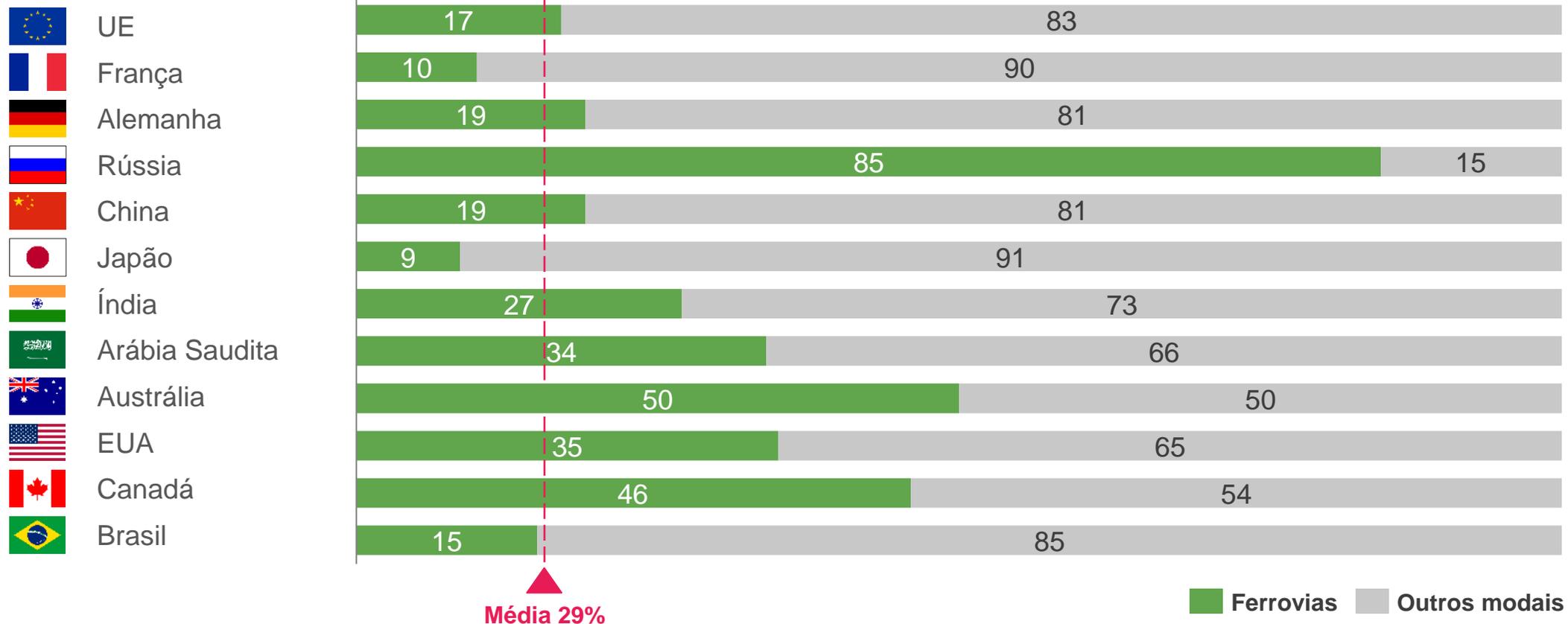


Apêndice 2 | Quais são as principais tendências globais para o modo de transporte Ferroviário?



O transporte ferroviário de cargas tem uma participação subrepresentada no Brasil em comparação a alguns países

Carga - Participação modo de transporte ferroviário
(% de ton-km)



Fonte: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE); Oxford Economics; Eurostat; Comissão Nacional de Transporte da Austrália; BERD (Banco Europeu de Reconstrução e Desenvolvimento) Programa de Reforma Ferroviária Russa; Fórum Internacional de Transporte (FIT); Relatório de Transparência Climática da China; Entrevistas com Especialistas; Pesquisa de imprensa;

O contexto do setor está mudando na medida em que países levam mais a sério seus planos de sustentabilidade

Vários países estão desenvolvendo planos de expansão ferroviária, em prol da sustentabilidade

Exemplos não exaustivos



Acordo Verde Europeu

- Investimento de EUR 260 bilhões em todos os setores
- Incentivo para uma mudança para Ferrovias
- Participação do transporte ferroviário de carga deve crescer de 17 para 30% até 2030
- Meta final de atingir Emissões Líquidas Zero até 2050



Plano de infraestrutura

- Investimento de USD 66 bilhões para desenvolvimento de infraestrutura ferroviária
- 10 grandes projetos, incluindo os primeiros sistemas ferroviários de alta velocidade
- Aumentar PAX em Ferrovias como parte da agenda de Emissões Líquidas Zero até 2050



Plano de transporte de 15 anos

- Maior rede ferroviária de alta velocidade do mundo
- Planos para dobrar a rede ferroviária até 2035
- Compromisso de alcance de Emissões Líquidas Zero até 2050
- Mudança para Ferrovias precisa vir com um maior uso de fontes renováveis de energia



Plano Ferroviário Nacional 2030

- Capacidade ferroviária deve crescer para atender a demanda até 2050
- Até 2030, o país pretende:
 - Aumentar a participação do modo no transporte de carga de 27% para 45%
 - Alcançar 100% de eletrificação baseada em energia verde
- O país planeja ser neutro em carbono até 2050



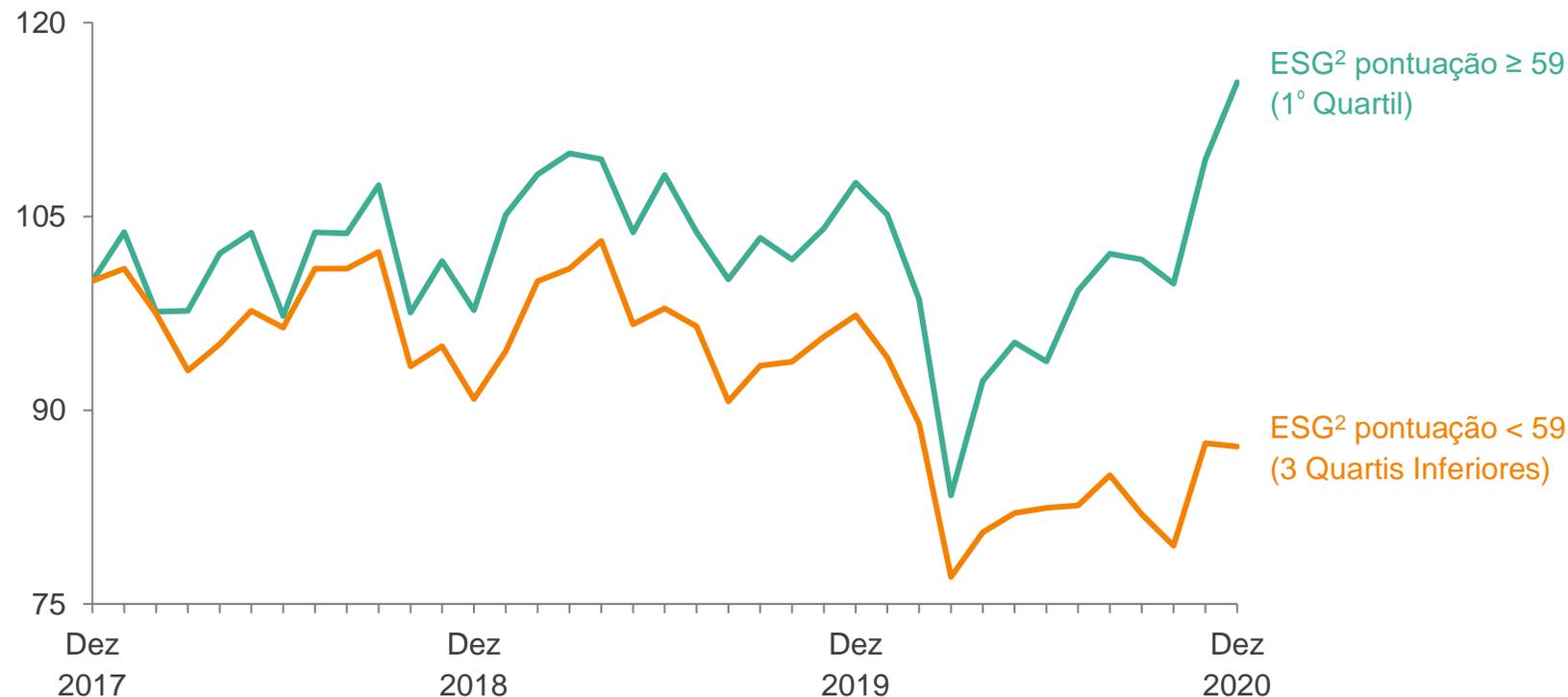
Programa de Concessão Ferroviária

- Participação ferroviária deve subir para 33% até 2050
- Há investimentos programados de cerca de R\$ 95 bilhões, que dependem da continuidade das políticas públicas e de parcerias com o setor privados criadas nos últimos anos
- Além de prorrogações antecipadas, existem outras iniciativas em curso de alta magnitude (ex.: FICO, FIOL)



"Fazer o bem entregando maior TSR"

Índice TSR: 31/12/2017 = 100¹



TSR médio anual 2015-2020

+5%

9 p.p.

-4%

Players ferroviários com maior compromisso com o impacto ESG entregam melhores retornos aos acionistas

Pontuação ESG: Desempenho, compromisso e eficácia em Meio Ambiente, Social e Governança

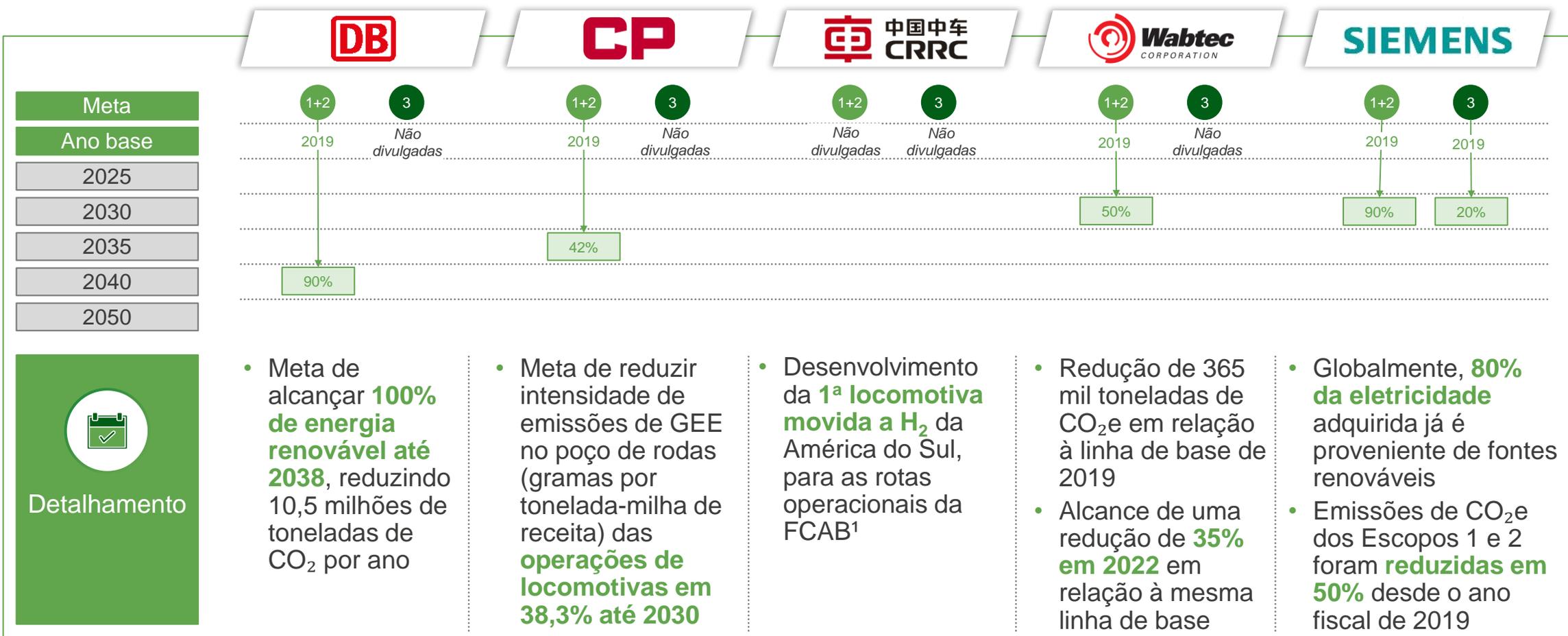
TSR: *Total Shareholder Return* - Retorno Total ao Acionista

1. Retorno total mensal médio reequilibrado de um conjunto de 49 atores ferroviários com FY2019 disponível ESG pontuações; 2. ESG pontuações medem o desempenho relativo de uma empresa em Ambiental (uso de recursos, emissões e inovação), Social (mão de obra, direitos humanos, comunidade e responsabilidade pelo produto) e Governança (Gestão, acionistas e estratégia de RSE), compromisso e eficácia; Fonte: S&P Capital IQ; Refinitiv;



Players globais com metas de descarbonização do modo ferroviário

Informações públicas



Fonte: 1+2 Escopos 1 e 2 3 Escopo 3 ⚡ Eletrificação 🌱 Biocombustíveis ⌚ Eficiência

1. Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia; Fontes: Reportes das empresas; SBTi; Press search;

Particularmente na América do Norte e do Sul, a eletrificação ainda está longe de ser realidade para o transporte ferroviário

Existem vários desafios para a eletrificação da rede nas Américas



Infraestrutura para a eletrificação da rede é cara

- CAPEX pode chegar a ~USD 2,5M por milha (~USD 4M por km) com custos adicionais para adaptação de locomotivas



Distâncias podem ser muito longas, a densidade da rede, em muitos casos, é baixa e a geometria não favorável

- Rede ferroviária na América do Norte e do Sul pode se estender por milhares de km, com baixa densidade de tráfego
- Muitas linhas podem ser muito longas e "planas", com poucos "pontos de frenagem" que ajudam a recarregar baterias



Nas Américas, o transporte ferroviário é mais focado em cargas, o que requer mais energia

- O transporte ferroviário de cargas pode frequentemente transportar cargas muito pesadas, em trens muito longos (até 3 km de comprimento) ou até dois andares ("*double deckers*")



Geografia pode frequentemente ser desfavorável para a eletrificação

- Muitas regiões são desabitadas, com acesso limitado à energia e às vezes expostas a condições climáticas extremas



Incentivos não estão disponíveis ou podem não ser suficientes

- Maioria das operadoras nas Américas são privadas e não têm incentivos públicos para fazerem um investimento tão caro



Business-case geral para eletrificação pode não ser viável

- Dado o exposto, a eletrificação pode não fornecer retornos adequados para todas as cargas / regiões / operadores



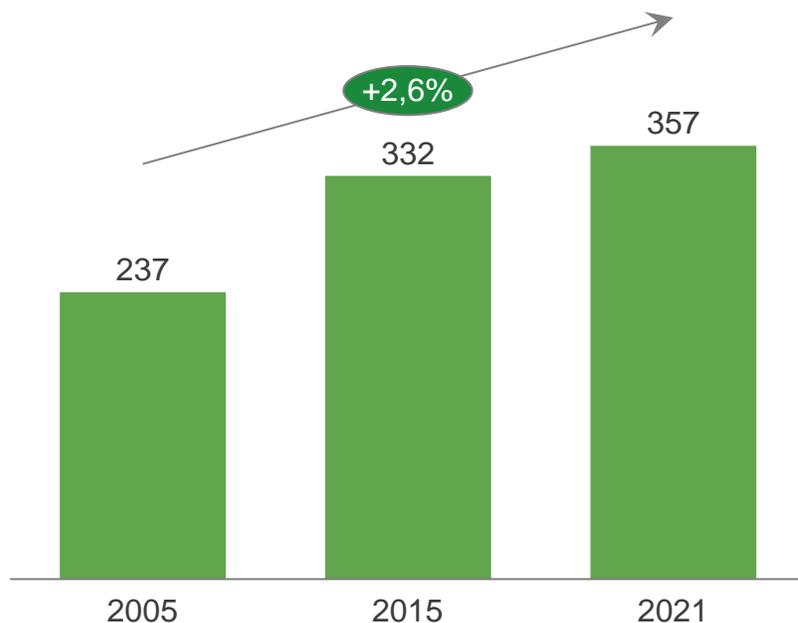
Apêndice 3 | Quais são as principais tendências locais para o modo de transporte Ferroviário?



O modo ferroviário no Brasil apresentou avanços com foco na expansão e maior participação de investimentos privados



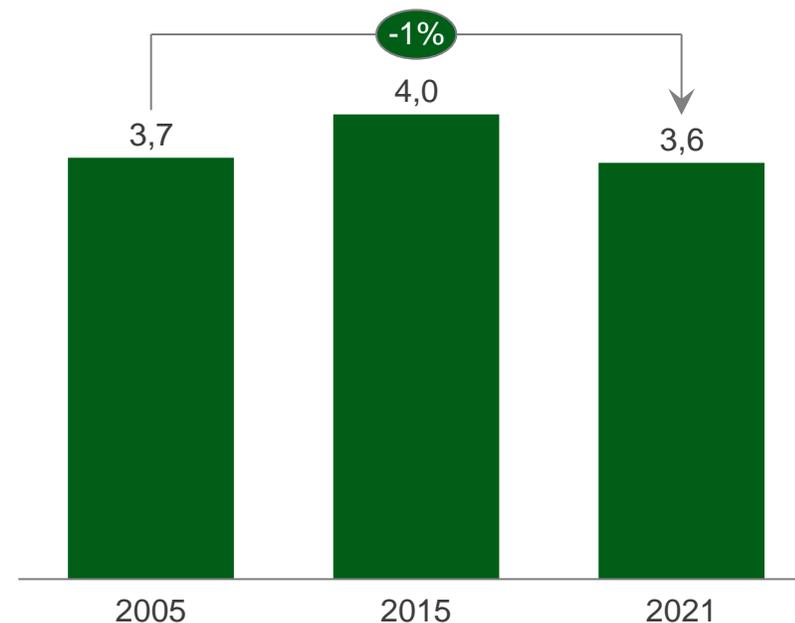
Evolução histórica do modo ferroviário na matriz de transportes do Brasil (bilhões de TKUs) ...



Share Ferroviário



...vem impactando positivamente as emissões¹ de GEE do setor (MtonCO₂e)



gCO₂e /TKU



1. Fatores de emissão considerados são poço à roda (WTW, Well-To-Wheel); 2. Proxy para valores WTW de 2005 e 2015, baseados nos números do SEEG de tanque à roda (TTW, Tank-To Wheel); Fonte: ANTF, PNLI 2015, Planos Setoriais, UNFCCC; SEEG, GLEC Framework;

Diversos projetos ferroviários estão sendo realizados nos últimos anos, alguns já em construção

Não exaustivo



Ferroviário

 Projetos em Construção		Extensão total	Status
1	Ferrovía de Integração Oeste Leste – FIOl	~1.537 Km	≈
2	Ferrovía Transcontinental e Ferrovía de Integração Centro-Oeste – FICO	~4.400 Km / 888 Km	≈
3	Ferronorte	~743 Km	≈
4	Ferrovía Norte Sul	~1.537 Km	✓

 Projetos em Estudo		Extensão total	Status
1	Ferroeste	~1.567 km	≈
2	Ferrogrão	~933 Km	≈
3	Ferrovía do Pantanal	~734 Km	≈
4	Corredor Ferroviário de Santa Catarina	~245 Km	≈
5	Ramais da Ferrovía Norte Sul	~2.939 Km	≈



Aplicável ao setor de transportes como um todo, incluindo o modo Rodoviário

A Lei "Combustível do Futuro" visa impulsionar a mobilidade de baixo carbono

Incentivos destravam agenda brasileira de descarbonização do transporte ferroviário



Mandato para aumento da mistura de biodiesel no diesel

Percentual de biodiesel adicionado ao diesel aumentará anualmente até atingir 20% em março de 2030



Programa Nacional do diesel verde (PNDV)

Incorporação gradual do diesel verde na matriz energética do país, reduzindo a participação do diesel fóssil pelo CNPE¹



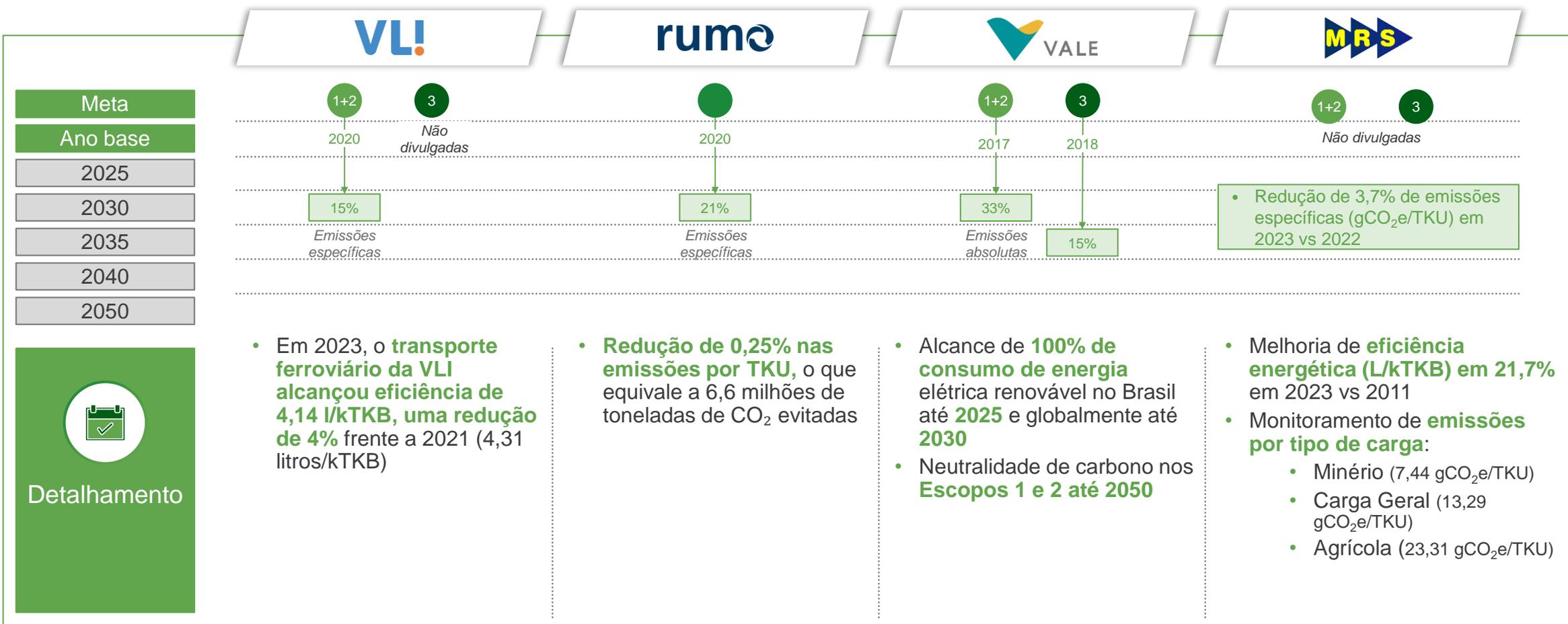
Regulação sobre combustíveis sintéticos (*e-fuels*)

Definição do framework regulatório para combustíveis sintéticos no Brasil pela ANP²



Diversos players locais com metas de descarbonização

Informações públicas



Detalhamento

Fonte: Escopos 1 e 2 Escopo 3 Eletrificação Biocombustíveis Eficiência



Apêndice I Aquaviário



Apêndice 1 | Detalhamento premissas BaU



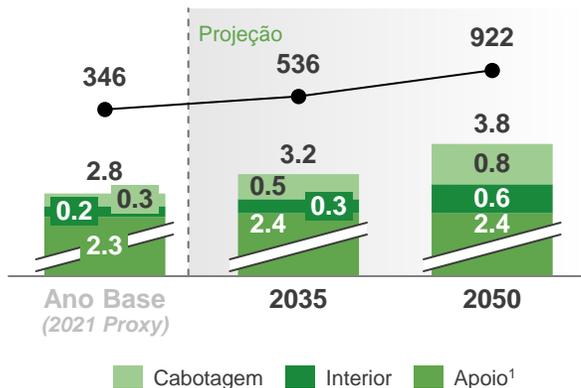
BaU¹ | Volume de emissões deve crescer a 2,7% a.a até 2050



Aquaviário

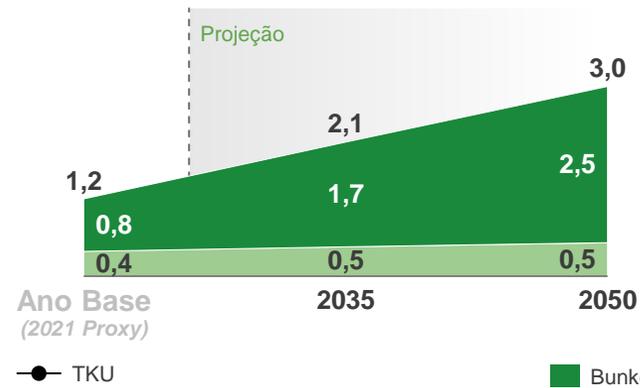
Frota de embarcações² deve atingir 3.8k (+1,0% a.a) em 2050...

Frota por tipo de navegação² (mil) e TKU (B)



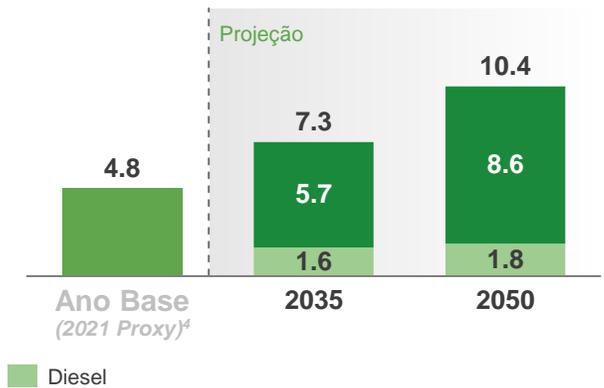
... Apesar da substituição de bunker HFO por LFO ...

Consumo por tipo de combustível (Bn L/Mton/TWh)



... O volume de emissões⁵ deve crescer 2,7% a.a '21-50

Projeção emissões MtCO2 (poço a roda)



Principais premissas



Eletrificação

- Não considera eletrificação da frota

- Não considera adoção de tecnologias de Power-to-X, dado baixa maturidade tecnológica da solução para o modo até o momento

- n.a



Bio-combustíveis

- 100% de uso de combustíveis de alta pegada de carbono (**Bunker e Diesel**) em 2021

- Não considera aumento de Biodiesel na mistura de diesel ou bunker
- Considera substituição gradual de bunker HFO por LFO³

- **Bunker HFO:** 3.66 kg CO2/L
- **Bunker LFO:** 3.26 kg CO2/L
- **Diesel (MGO):** 3.37 kg CO2/L



Eficiência

- Não considera aumento de eficiências de distância média percorrida ou tonelada media movimentada por embarcação (TKU por embarcação permanece constante)

- Não considera ganho de eficiência adicional no consumo de combustíveis por embarcação versus atual (0,2 e 2,7 L / embarcação em movidas à diesel e bunker, respectivamente)

- Não considera ganho de eficiência nos fatores de emissão no tempo

Notas: 1. Apoio marítimo e portuário; 2. Quantidade total de frota ANTAQ (em operação, homologadas e consideradas frota atual); 3. HFO = Heavy Fuel Oil e LFO = Light Fuel Oil (ULSFO E VLSFO), sendo o segundo com um menor teor de gases emissores de efeito estufa; 4. A emissão SEEG foi ajustada por um fator de emissões do poço ao tanque (WTT) / emissões do tanque à roda (TTW) do modo

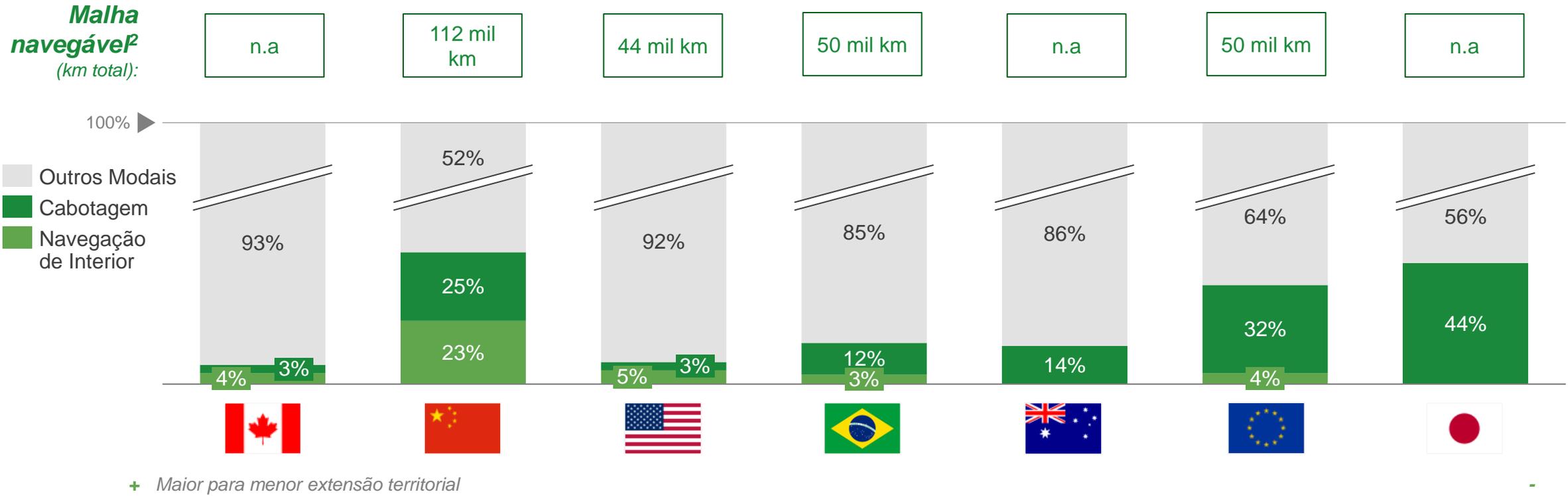


Apêndice 2 | Quais são as principais tendências globais para o modo de transporte Aquaviário?



Quando comparado a regiões como UE e China, o modo aquaviário tem uma participação relativamente sub-representada no Brasil

Carga - Participação modal Aquaviário (Navegação em vias Interiores e Cabotagem)
(% de ton-km)

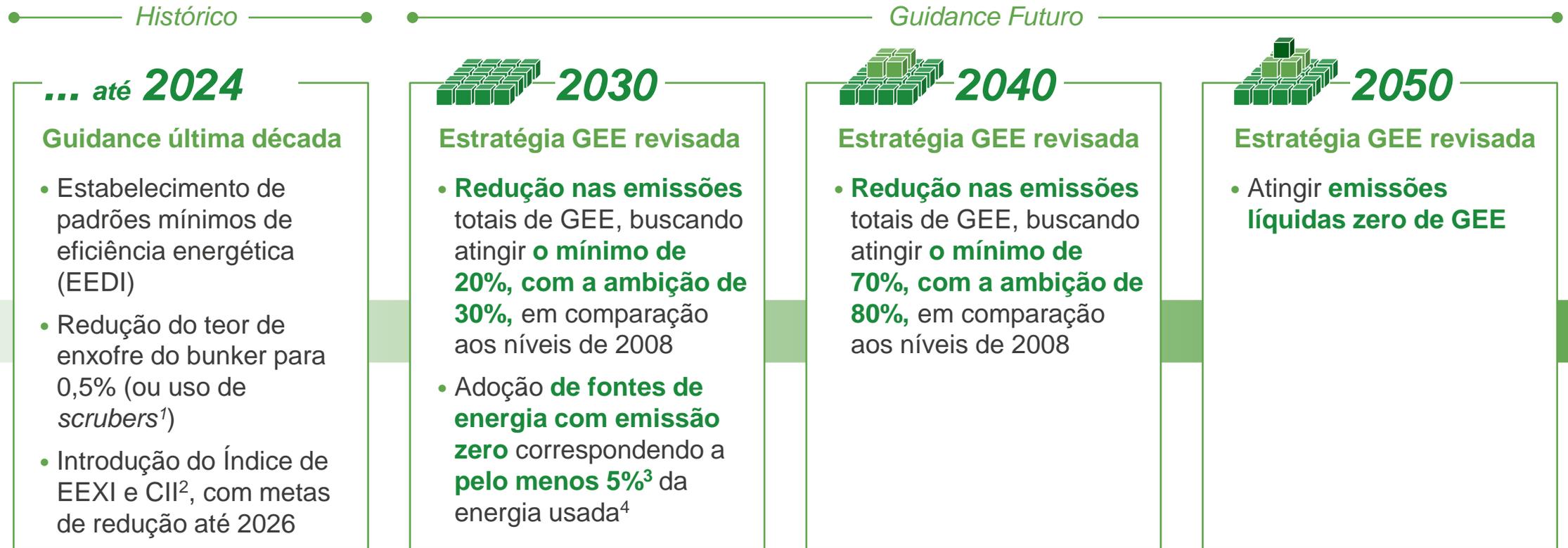


Fontes: OECD; ILOS (Brasil); National Bureau of Statistics of China, Bureau of Transportation Statistics (EUA), Eurostat (UE); Plano Setorial de Transporte. Nota: 1. Informações da Matriz Brasileira considera dados do Plano Setorial de Transporte liberado para consulta pública em 2024; 2. Malha total potencial navegável (dados OCDE)



A busca por alternativas de descarbonização se torna cada vez mais relevante com as novas regulamentações da IMO...

Guidance do IMO para o transporte marítimo



Notas: 1. Dispositivo de controle de poluição do ar que ajuda a reduzir a emissão de gases e partículas nocivas; 2. Eficiência Energética para Navios Existentes (EEXI) e o Indicador de Intensidade de Carbono Operacional (CII); 3. Atingir no mínimo 5%, com ambição de 10%; 4. combustível utilizado.
Fonte: EPE; IMO; Folha de São Paulo.



... apesar do foco no transporte marítimo internacional, as novas regulamentações podem afetar a navegação doméstica



Políticas alinhadas

- O **Brasil tende a alinhar suas políticas internas** (no longo prazo) **às normas internacionais** para evitar sanções no mercado global



Adaptação dos Portos

- Grandes portos brasileiros **já vão precisar se adaptar a exigências globais** (e.g. uso de combustíveis limpos, tratamento de resíduos)



Padrões Técnicos

- As regras da IMO, que incluem **padrões de construção e manutenção**, influenciam a **aquisição de embarcações no Brasil**



Harmonização de dados

- Adaptar-se às normas da IMO, mesmo em rotas domésticas, **traz transparência às operações brasileiras**

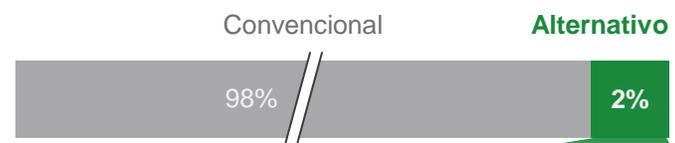


Oferta de combustível

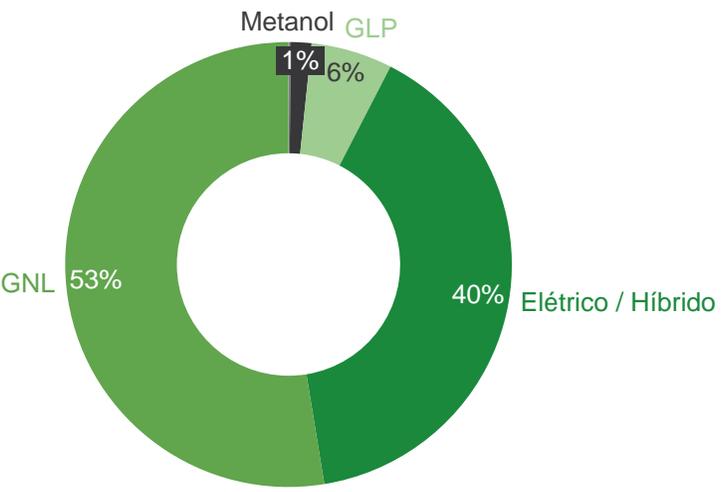
- Muitas **embarcações domésticas usam combustíveis do mercado regulado (IMO)**, limitando a **oferta de não aderentes** no longo prazo



Perfil **frota em operação**
(cabotagem, interior, apoio e longo curso) por tipo de fonte de combustão (global)



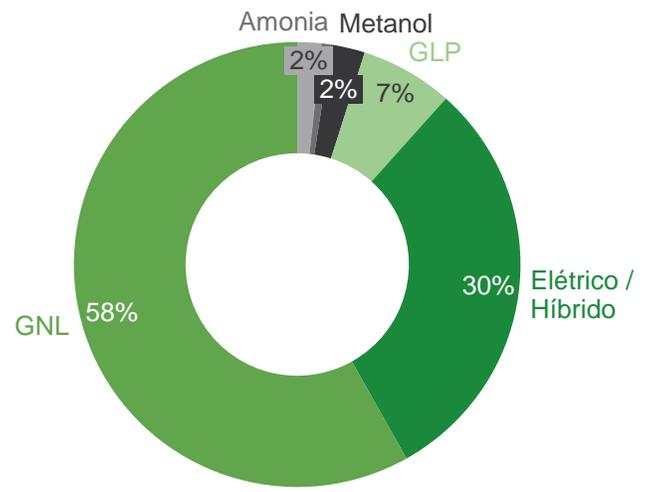
Frota movida a combustíveis alternativos:



Perfil **embarcações encomendadas**
(cabotagem, interior, apoio e longo curso) por tipo de fonte de combustão (global)



Frota movida a combustíveis alternativos:



Combustíveis alterativos e menos emissores representam 27% das novas encomendas versus 2% da frota atual

Notas: 1. Dados de junho de 2024, incluindo embarcações de longo curso, cabotagem, interior e apoio; Fonte: EPE; Ministério de Minas e Energia

Empresas globais já iniciaram encomendas de novas embarcações buscando atender às novas metas



Transporte Aquaviário

Outros Benchmarks

Selecionados



Eficiência



Biocombustíveis



Power to X



Foco em **umentar a eficiência energética da frota** através de operações mais eficientes no uso de combustível e da implementação contínua de tecnologias em navios próprios e fretados, incluindo hélices novas e melhoradas, proas bulbosas e habilitação de energia em terra



Novos navios da CSL incorporarão **tecnologias e dispositivos para eficiência energética**, como motores avançados, sistemas HVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado) e outros dispositivos de economia de energia, além de designs otimizados de casco e hélice



O **Laura Mærsk é o primeiro navio porta-contentores do mundo capaz de funcionar com metanol verde**. A Maersk assina um acordo de compra em grande escala com a Goldwind, assegurando 500 000 toneladas de volumes de metanol verde por ano a partir de 2026



Projeto **piloto de uso de biodiesel em navios**:

- Navio COSCO Venus abastecido com **B24**, reduzindo cerca de 1.240,5 toneladas de CO₂
- Navio Sagittarius que utilizou **B20**, diminuindo aproximadamente 259 toneladas de CO₂



Firmou acordos com MASDAR, COSCO SHIPPING e SIPG para **abastecer 24 novos navios de sua frota com e-metanol**



APM Terminals, subsidiária do Grupo Maersk, começou a **substituir equipamentos movidos a diesel por alternativas elétricas, como guindastes RTG** (Rubber-Tired Gantry Cranes) e **empilhadeiras elétricas**, em alguns terminais. Exemplos incluem terminais em Aarhus (Dinamarca) e Barcelona (Espanha)



Contudo, para viabilizar as ações das empresas de transporte é necessário que players portuários se adaptem e contribuam

Ilustrativo – Não Exaustivo

Aplicação de alavancas de descarbonização por players portuários internacionais



-  Sistema de **rastreamento de chegada de navios, evitando retenções desnecessárias** nos terminais
-  Integra soluções de **apoio portuário com energia renovável** disponível durante a atracação
-  Oferece **incentivo monetário e operacional** (e.g. prioridade na fila pra atracar) para **embarcações que utilizam combustíveis limpos**



-  **Implementação de iluminação inteligente**, com instalação de sensores que reconhecem o nível de tráfego e realizam ajustes de nível de iluminação de acordo
-  **Fornecimento de energia elétrica para embarcações atracadas (OPS¹)** – a partir de 2025, todos os principais terminais devem estar adaptados



-  Encomendou 200 **caminhões de apoio portuário a base de GNL** – esse tipo de frota deverá representar 15% da frota de apoio em terra
-  Desenvolvimento do Tuas Mega Port – **maior terminal automatizado o mundo, com mais de mil veículos movidos a bateria**

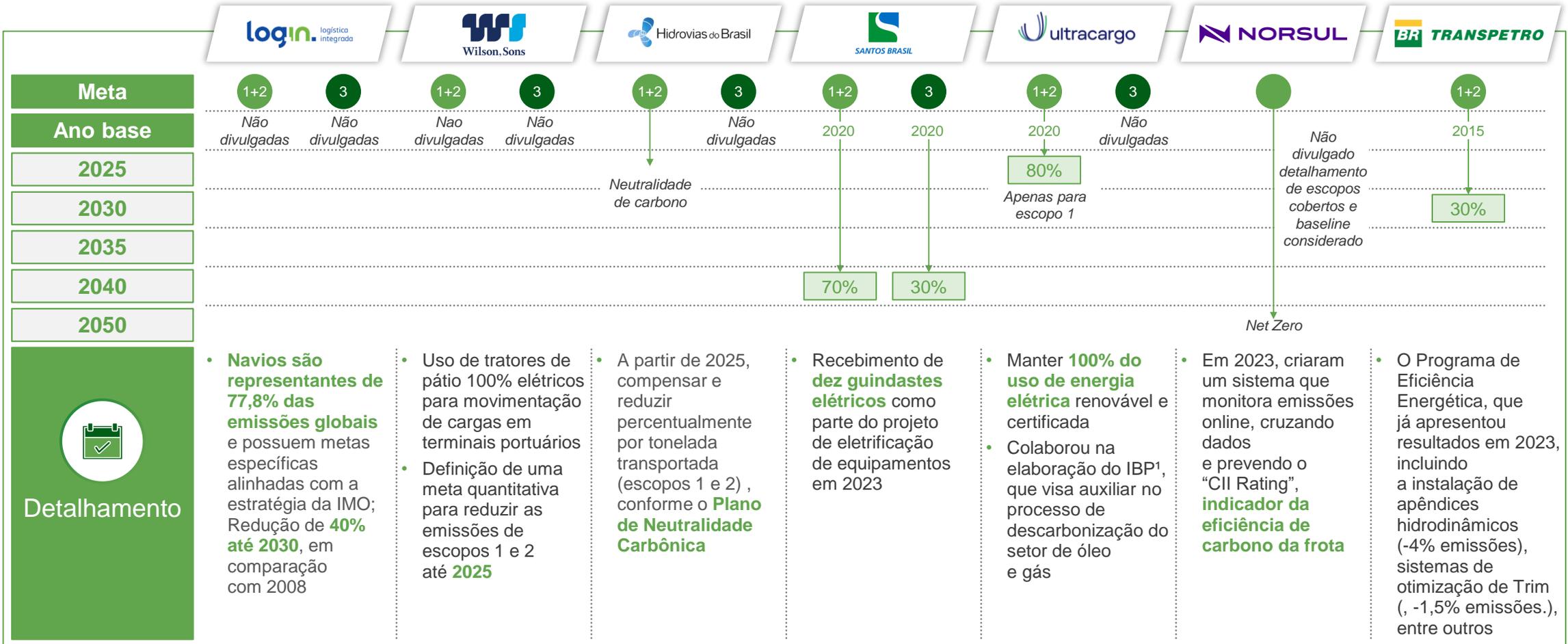


Apêndice 3 | Quais são as principais tendências locais para o modo de transporte Aquaviário?



Players brasileiros investindo em descarbonização do modal portuário

Informações públicas



Fonte: 1+2 Escopos 1 e 2 3 Escopo 3

Aplica-se a bens e serviços adquiridos e a atividades relacionadas a combustível e energia; 2. Aplica-se às emissões de GEE (gases de efeito estufa) de combustível de aviação no escopo 1 e 3, do poço à esteira (well-to-wake), por tonelada-quilômetro de receita; 3. Inventário Setorial do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. Fonte: Relatórios das empresas; SBTi; artigos de imprensa; (até fev.de 2024).



Transporte Aquaviário

Benchmarks Seleccionados



Eficiência



Biocombustíveis



Power to X



No Brasil, a Wilson Sons está alinhada com as novas regulamentações seguindo o padrão IMO Tier III com a **instalação de rebocadores RSD 2513** **reduzem emissões de óxidos de nitrogênio em até 75%**



Criou um **sistema que monitora emissões das embarcações online**, que armazena e trata os dados dos sensores prevendo o CII¹ Rating e **indicando a eficiência de carbono da frota**



Transporte de biocombustível da Be8 vi rota de cabotagem para a região Nordeste com neutralização das emissões GEE através do Programa Carbono Neutro Norsul



Substituição do uso 100% de diesel em 18 portos brasileiros. Realiza testes de navegação com um motor principal para maior eficiência de combustão utilizando misturas de biodiesel, sem detalhar o blend



Primeiros empurradores de manobra híbridos do mundo em início de operação, que utilizam energia elétrica para navegação, reduzindo até 2.168 toneladas de CO₂ por ano



Substituição de todos os guindastes RTGs² a diesel por modelos elétricos no Terminal de Santos até 2031. Redução de emissões mensal esperada equivalente a 97% das emissões desses equipamentos

Apêndice I Aeroviário





Apêndice 1 | Detalhamento premissas BaU



BaU¹ | Volume de emissões deve aumentar em 49% até 2050

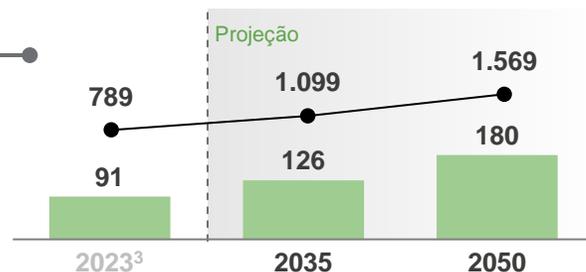


O nº de passageiros atinge 180M (+2,5% a.a '23-50) em 2050

... Mesmo com a crescente adoção de SAF na matriz de combustíveis ...

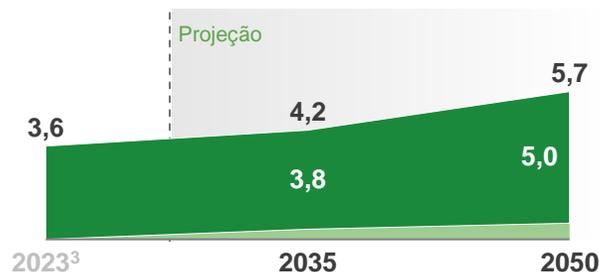
... o volume de emissões deve aumentar em 49% de 2023-2050

Nº de voos (mil) e PAX (M)



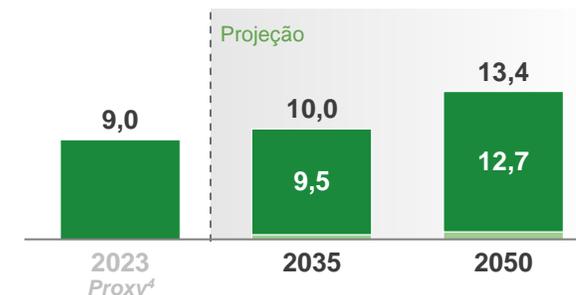
● nº de voos ■ PAX

Consumo por tipo de combustível (B L)



■ QAV ■ SAF

Projeção emissões MtCO2 (poço a roda)



Crescimento de PAX é proveniente de diversos drivers de demanda, como potencial aumento na renda media, investimento em infraestrutura aeroportuária e abertura de rotas regionais

O aumento da penetração de SAF não impacta o número de passageiros

Principais premissas – cenário Business-as-Usual (BaU)

PtX e Eletrificação

Bio-combustíveis

Eficiência

• **Não considera** eletrificação da frota ou adoção de tecnologias de Power-to-Liquid (*e-fuels*), dado baixa maturidade tecnológica da solução para o modo e limitações de distância

• **100%** dos voos realizados com combustíveis de alta pegada de carbono (como querosene – QAV) no ano base
• **Aumento da participação de biocombustíveis** na matriz dado PL do Combustível do Futuro, com SAF chegando a representar 11% em 2050

• **Não considera queda adicional da distância média** - além daquela proveniente da abertura de rotas regionais - percorrida ou **aumento do nº de passageiros por voo**
• Considera ganho de **eficiência no consumo de combustíveis até 2050**, com os modelos novos até 25% mais eficiente versus antigos e sendo entregues na data prevista;

- **Frota total, em média, 20% mais eficiente** em 2050 comparada à atual

• **Fator de emissão e-SAF:** 0,17 Kg CO2/L

• **Fator de emissão Bio-SAF** (HEFA: 1,17Kg CO2/L; ATJ: 1,06 Kg CO2/L; GFT/FT: 0,54 Kg CO2/L) versus 2,52 Kg CO2/L de QAV

• **Não considera ganho de eficiência** nos fatores de emissão no tempo

Notas: 1. Dado ao nível de sobreposição do transporte de carga aéreo ao de passageiros, a projeção foi realizada somente com base no nº de passageiros transportados; 2. As projeções não estão considerando aquelas provenientes da operação de aeroportos; 3. Afim de referência, foram utilizados em 2023 os número efetivamente realizados (não reflete valores do PNL); 4. Emissões ajustadas (proxy)

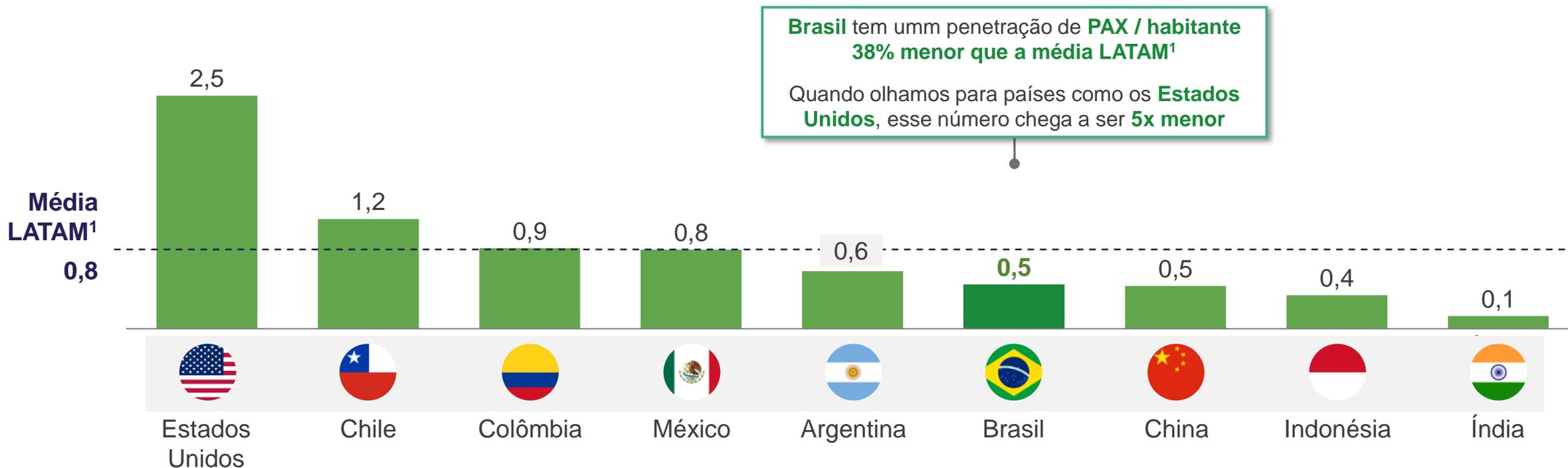


Apêndice 2 | Quais são as principais tendências globais para o modo de transporte Aeroviário?



Quando comparado com outros países, o setor aeroviário brasileiro ainda é sub penetrado

Total de passageiros por habitante (PAX / 1000 habitantes) 2023

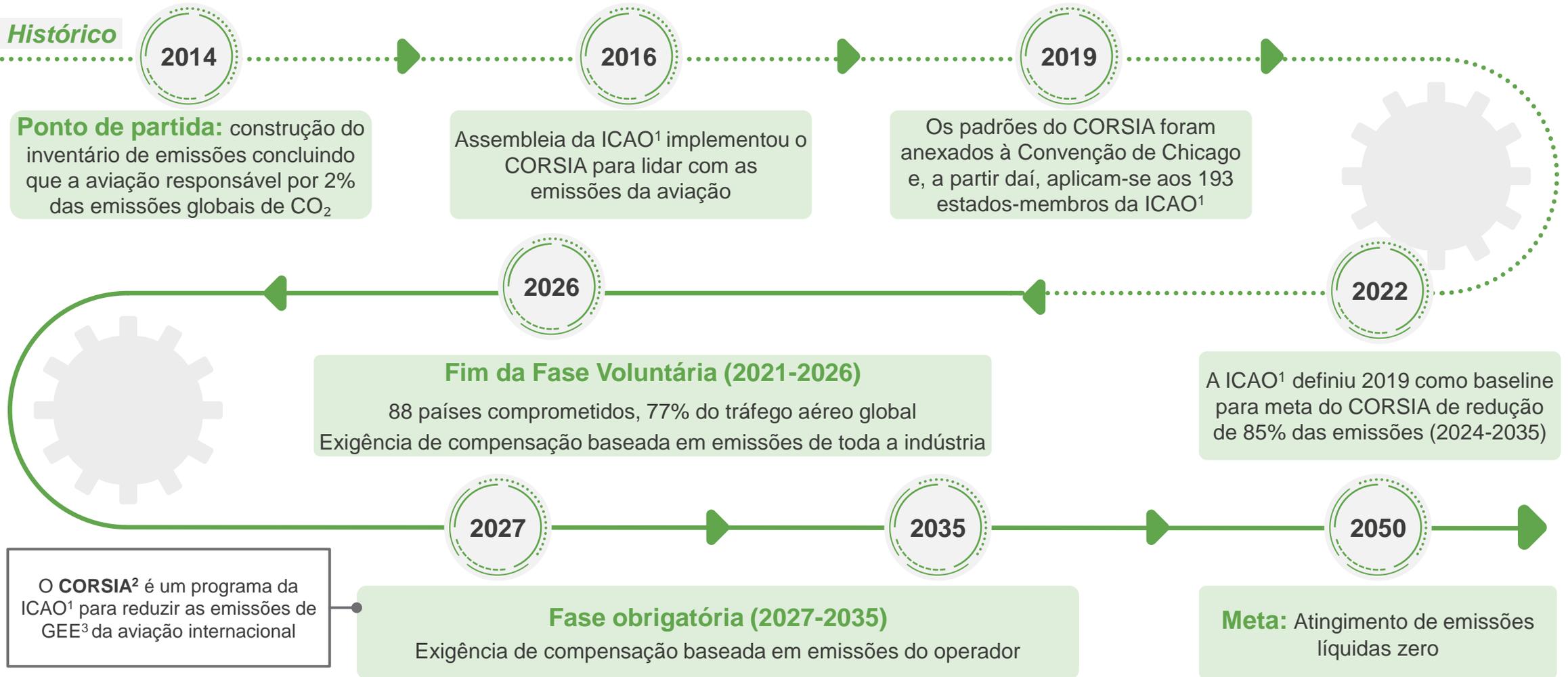


Notas: 1. Considera somente Chile, Colômbia, México, Argentina e Brasil. Fonte: IATA; OAG; ICAO; UNWTO; EIU; ANAC



A ICAO¹ definiu meta para descarbonização do setor de aviação civil internacional, 77% do tráfego aéreo global já participa

Histórico

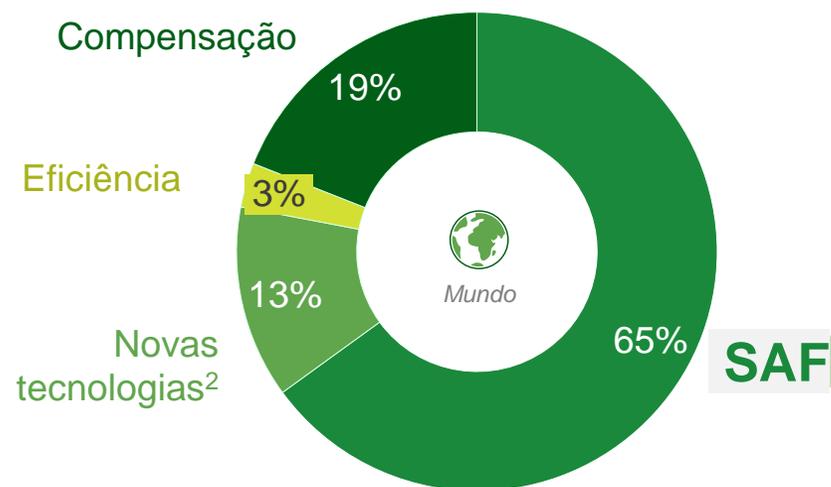


1. Organização da Aviação Civil Internacional 2. Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation 3. Gases de Efeito Estufa
 Fonte: ICAO



IATA¹ coloca o SAF como a principal aposta global para a descarbonização do modo

Estratégia IATA¹ para atingir emissões líquidas zero em 2050



1

O cenário principal da IATA requer que **SAF represente 80-90% da matriz em 2050**, cortando as emissões em > 60%

2

Para tal, estima-se necessário **5.000 a 7.000 biorrefinarias para atender à aviação até 2050**

3

Até 2030, será necessário a produção de **24 milhões de toneladas de SAF**



Contudo, a capacidade de oferta do SAF ainda é uma barreira relevante

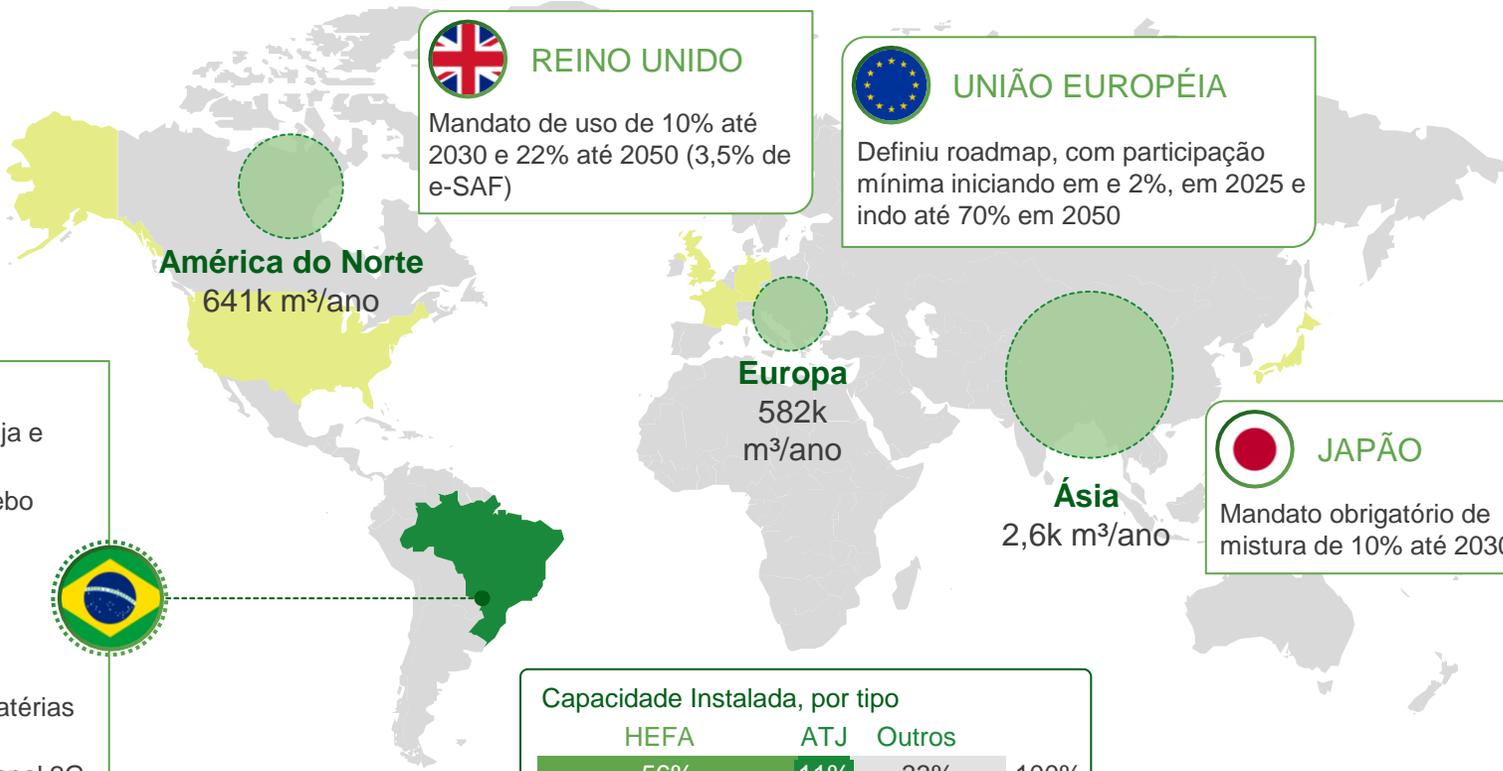
Não exaustivo

Capacidade instalada de produção SAF (2023, EPE)

 **ESTADOS UNIDOS**
 Objetivo de ampliar a produção de SAF para pelo menos 3B de litros/ano até 2030

 **REINO UNIDO**
 Mandato de uso de 10% até 2030 e 22% até 2050 (3,5% de e-SAF)

 **UNIÃO EUROPÉIA**
 Definiu roadmap, com participação mínima iniciando em e 2%, em 2025 e indo até 70% em 2050



- No **Brasil**, existem diversos projetos pilotos anunciados:
- **BBR** (2026 / AM): HEFA (250k m³/ano), com palma soja e milho como matéria prima
 - **Petro** (2029 / SP): HEFA (350k m³/ano), com soja e sebo bovino como matéria prima
 - **Acelen** (2027 / BA): HEFA (500k m³/ano), com soja, milho e macaúba como matéria prima
 - **ISI-ER** (RN): FT (5l/dia), glicerina como matéria prima – primeira planta inaugurada no Brasil
 - **Geo Biogás** (PR e SP / 2025): biogás e cana como matérias primas, planta SP com produção de 750l/dia
 - **Raízen**: recebeu certificação da Corsia para utilizar etanol 2G para fabricação de SAF

 **JAPÃO**
 Mandato obrigatório de mistura de 10% até 2030

Capacidade Instalada, por tipo

HEFA	ATJ	Outros	100%
56%	11%	33%	



Algumas empresas de serviços auxiliares ao transporte aeroviário também já vêm implementando diversas de medidas para a descarbonização

Não Exaustivo

Serviços em solo como reboque e *pushback* de aeronaves, manuseio de carga e bagagem, limpeza e desinfecção interna das aeronaves, transporte de superfície de tripulantes e passageiros, raio X e demais atividades de combate ao terrorismo, estão inseridas no projeto.

A eletrificação atual da frota representa 8% do total. As seguintes empresas se comprometeram a aumentar a porcentagem de equipamentos elétricos ou híbridos para 50% até 2032, num processo que se iniciou em 2022:



REAL AVIATION





Apêndice 3 | Quais são as principais tendências locais para o modo de transporte Aeroviário?



Embora o Brasil apresente avanços rumo à descarbonização da aviação, as regulamentações nacionais ainda estão em fase de amadurecimento



O Brasil assinou o CORSIA para compensar emissões além da linha de base de 2020 para atingir **zero emissões líquidas de CO₂ da aviação até 2050**



Lançamento dos programas **RenovaBio e Combustível do Futuro como ponto de partida** para promover o uso de combustíveis sustentáveis e de baixo carbono no Brasil



O **projeto HEFA recentemente anunciado foi incluído no PAC (Programa de Aceleração do Crescimento)**, no qual os projetos associados têm foco preferencial de financiamento do governo



O **Programa Nacional ProBioQAV foi lançado** para estimular a pesquisa e promover a produção de energia a partir de biomassa, visando a sustentabilidade da aviação



Apesar disso, as **regulamentações nacionais ainda estão em fase de amadurecimento** e os **critérios de certificação para a produção de bioquerosene ainda são pouco claros no RenovaBio**, dificultando que os produtores se beneficiem de incentivos emitindo CBIOs



Não exaustivo

A Lei "Combustível do Futuro" visa impulsionar a mobilidade de baixo carbono

Programa para incentivo à pesquisa, produção, comercialização e uso de SAF com objetivo de destravar a agenda brasileira de descarbonização do transporte aéreo:



Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV)

A partir de 2027, os operadores aéreos serão obrigados a reduzir as emissões de GEE¹ nos voos domésticos por meio do uso de SAF

- Metas progressivas iniciando com 1% de redução e crescem gradativamente até atingir 10% em 2037²

1. Gases de Efeito Estufa; 2. A base de cálculo sobre a qual serão computadas as obrigações de redução de emissões será dada pelo volume das emissões decorrentes das operações domésticas realizadas pela empresa aérea no ano correspondente, supondo que todas as operações tenham utilizado combustível fóssil
Fonte: Press research

A hand holding a green pencil is shown in the foreground, drawing a cityscape on a piece of paper. The background is a blurred image of a city with several tall buildings and wind turbines, all in shades of green. The overall scene is set against a green background.

Apêndice I Mobilidade Urbana



Apêndice I Análise de Aderência



3 frentes comuns aos diferentes perfis de cidades devem ser analisadas de maneira direcionada para a redução de emissões



Emissões

Apesar das frentes serem transversais, soluções devem ser direcionadas, a partir das especificidades de cada região



1 **AVOID:** Uso de ferramentas de planejamento para evitar viagens e/ou reduzir distâncias



2 **SHIFT:** Substituição da matriz atual com fortalecimento do transporte coletivo sustentável entre os diferentes modos (ex.: metrô, VLTs, ônibus, BRTs), da mobilidade ativa (ex.: caminhada) e da micromobilidade (ex.: patinetes)



3 **IMPROVE:** Descarbonização dos diferentes modos urbanos



3 frentes comuns aos diferentes perfis de cidades devem ser analisadas de maneira direcionada para a redução de emissões



Emissões

Apesar das frentes serem transversais, soluções devem ser direcionadas, a partir das especificidades de cada região



1
AVOID: Uso de ferramentas de planejamento para evitar viagens e/ou reduzir distâncias



2
SHIFT: Substituição da matriz atual com fortalecimento do transporte coletivo sustentável entre os diferentes modos (ex.: metrô, VLTs, ônibus, BRTs), da mobilidade ativa (ex.: caminhada) e da micromobilidade (ex.: patinetes)



3
Descarbonização dos diferentes modos urbanos



Alavancas apresentam diferentes níveis de aderência a depender do perfil de cidade

Não Exaustivo

Análise de Aderência¹ - AVOID

	>= ~3M de habitantes	~1M – 3M de habitantes	~300K – 1M de habitantes	Até ~300K habitantes	
 Adoção de mecanismos de otimização de rotas	●	●	●	●	<i>Menor custo e implementação facilitada em todos os perfis</i>
 Digitalização de serviços públicos	●	●	◐	◐	<i>Aderência cresce com a demanda, complexidade dos serviços oferecidos e capacidade de investir</i>
 Desenvolvimento Orientado ao Transporte / <i>Transit-Oriented Development (TOD)</i>	●	◐	◐	◑	<i>Aderente a cidades maiores, onde o planejamento pode ser aplicado em revisões urbanas</i>
 Adensamento urbano a partir do uso misto do solo	●	◐	◐	◑	<i>Aderente a cidades maiores, onde o planejamento pode ser aplicado em revisões urbanas</i>

1. Qualitativa, considera os critérios de facilidade de implementação e disponibilidade de recursos

Legenda

● Quanto mais verde, mais aderente



3 frentes comuns aos diferentes perfis de cidades devem ser analisadas de maneira direcionada para a redução de emissões



Emissões

Apesar das frentes serem transversais, soluções devem ser direcionadas, a partir das especificidades de cada região



1 **AVOID:** Uso de ferramentas de planejamento para evitar viagens e/ou reduzir distâncias



2 **SHIFT:** Substituição da matriz atual com fortalecimento do transporte coletivo sustentável entre os diferentes modos (ex.: metrô, VLTs, ônibus, BRTs), da mobilidade ativa (ex.: caminhada) e da micromobilidade (ex.: patinetes)



3 **IMPROVE:** Descarbonização dos diferentes modos urbanos



Alavancas apresentam diferentes níveis de aderência a depender do perfil de cidade (1/2)

Não Exaustivo

Análise de Aderência¹ - SHIFT

	>= ~3M de habitantes	~1M – 3M de habitantes	~300K – 1M de habitantes	Até ~300K habitantes	
Investimento na melhoria da infraestrutura de transporte coletivo	●	◐	◑	◒	<i>Cidades maiores têm maior demanda, capacidade de investir e infraestrutura física</i>
Otimização da rede de trens urbanos e VLTs	●	◐	◑	◒	<i>Cidades maiores têm maior demanda, capacidade de investir e infraestrutura física</i>
Implementação de corredores exclusivos para ônibus	●	◐	◑	◒	<i>Cidades maiores têm maior demanda, capacidade de investir e infraestrutura física</i>
Promoção da modicidade tarifária e de fontes alternativas de receita	●	◐	◑	◒	<i>Mais aderente em cidades maiores, onde o tráfego intenso justifica o esforço</i>
Criação de zonas de baixa emissão	●	●	●	●	<i>Menor custo e implementação facilitada em todos os perfis</i>
Criação de políticas de restrição para circulação de veículos particulares	●	◐	◒	◒	<i>Aplicável a cidades com alto número de veículos e congestionamentos</i>

Fiscalização adequada e regras de desincentivo são necessárias para a implementação eficiente, impedindo, por exemplo, a compra de mais de um carro por um mesmo indivíduo

Legenda | ● Quanto mais verde, mais aderente

1. Qualitativa, considera os critérios de facilidade de implementação e disponibilidade de recursos



Alavancas apresentam diferentes níveis de aderência a depender do perfil de cidade (2/2)

Não Exaustivo

Análise de Aderência¹ - SHIFT

	>= ~3M de habitantes	~1M – 3M de habitantes	~300K – 1M de habitantes	Até ~300K habitantes	
 Implementação de políticas de gestão de estacionamentos	●	●	◐	◑	Mais aderente a cidades maiores, onde o nº de estacionamentos é maior
 Promoção de soluções de micromobilidade	●	●	◐	◑	Aderente a todos os perfis, mas cidades maiores têm maior infraestrutura e recursos
 Promoção de soluções de mobilidade ativa (ex.: caminhadas)	●	●	●	●	Menor custo e implementação facilitada em todos os perfis
 Criação de incentivos para intermodalidade	●	◐	◑	◑	Cidades maiores têm maior demanda e capacidade de investir
 Combate ao transporte clandestino	●	◐	◑	◑	Cidades maiores têm maior demanda e capacidade de investir

1. Qualitativa, considera os critérios de facilidade de implementação e disponibilidade de recursos

Legenda

● Quanto mais verde, mais aderente



3 frentes comuns aos diferentes perfis de cidades devem ser analisadas de maneira direcionada para a redução de emissões



Emissões

Apesar das frentes serem transversais, soluções devem ser direcionadas, a partir das especificidades de cada região



1 **AVOID:** Uso de ferramentas de planejamento para evitar viagens e/ou reduzir distâncias



2 **SHIFT:** Substituição da matriz atual com fortalecimento do transporte coletivo sustentável entre os diferentes modos (ex.: metrô, VLTs, ônibus, BRTs), da mobilidade ativa (ex.: caminhada) e da micromobilidade (ex.: patinetes)



3 **IMPROVE:** Descarbonização dos diferentes modos urbanos



Alavancas apresentam diferentes níveis de aderência a depender do perfil de cidade

Não Exaustivo

Análise de Aderência¹ - IMPROVE

	>= ~3M de habitantes	~1M – 3M de habitantes	~300K – 1M de habitantes	Até ~300K habitantes	
Adoção de sistemas de inspeção veicular ambiental obrigatória	●	●	●	●	<i>Menor custo e implementação facilitada em todos os perfis</i>
Condução ecoeficiente e assistida	●	●	●	●	<i>Menor custo e implementação facilitada em todos os perfis</i>
Intensificação do uso de etanol em veículos leves	●	●	●	●	<i>Implementação facilitada em todos os perfis, com custo acessível</i>
Intensificação do uso de biocombustíveis em ônibus urbanos	◐	◐	◐	◐	<i>Cidades maiores têm maior demanda e capacidade de investir em novas tecnologias</i>
Conversão de motores de ônibus à Diesel para Gás (ex.: Biometano)	◐	◐	◐	◐	<i>Cidades maiores têm maior demanda e capacidade de investir em novas tecnologias</i>
Intensificação de soluções que promovam emissões veiculares próximas do patamar zero	●	◐	◐	◐	<i>Maiores custos e limitações de infraestrutura a tornam mais aderente em cidades maiores</i>

Acesso pode ser mais dificultado em cidades muito pequenas

1. Qualitativa, considera os critérios de facilidade de implementação e disponibilidade de recursos; 2. Padrões de regulamentação de emissões para veículos automotores estabelecidos pelo Brasil e pela União Europeia, respectivamente, que definem limites rigorosos para a quantidade de poluentes que os veículos podem emitir

Legenda | ● Quanto mais verde, mais aderente