



# Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032

## **Eletromobilidade**

---

Janeiro de 2023

MINISTÉRIO DE  
**MINAS E ENERGIA**



Esta publicação contém projeções acerca de eventos futuros que refletem a visão do Ministério de Minas e Energia (MME) e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no âmbito do Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2032. Tais projeções envolvem uma ampla gama de riscos e incertezas conhecidos e desconhecidos e, portanto, os dados, as análises e quaisquer informações contidas neste documento não são garantia de realizações e acontecimentos futuros.

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

O MME e a EPE se eximem de qualquer responsabilidade por quaisquer ações e tomadas de decisão que possam ser realizadas por agentes econômicos ou qualquer pessoa com base nas informações contidas neste documento.

## Siglas

**APS** = Cenário da IEA na publicação World Energy Outlook 2022, que considera promessas anunciadas (*Announced Pledges Scenario*)

**BEV** = Veículo elétrico a bateria (*Battery Electric Vehicle*)

**CI** = Combustão Interna

**FCEV** = Veículo elétrico a célula de combustível (*Fuel Cell Electric Vehicle*)

**GEE** = Gases de Efeito Estufa

**GNL** = Gás natural liquefeito

**GNV/GNC** = Gás natural veicular / comprimido

**HEV** = Veículo híbrido (*Hybrid Electric Vehicle*)

**IEA** = Agência Internacional de Energia

**MHEV** = Veículo híbrido leve (*Mild Hybrid Electric Vehicle*)

**NDC** = Contribuição Nacionalmente Determinada

**NZE** = Cenário da IEA na publicação World Energy Outlook 2022, que considera *net zero* em 2050 (*Net Zero Emissions by 2050*)

**PBT** = Peso bruto total

**PBTC** = Peso bruto total combinado

**PHEV** = Veículo híbrido plug-in (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle*)

**STEPS** = Cenário da IEA na publicação World Energy Outlook 2022, que considera políticas atuais (*Stated Policies Scenario*)

**VE** = veículo elétrico

## Definições

**Automóveis** = Veículos destinados ao transporte de passageiros (ex. hatch, sedã, minivan, conversível, SUV e utilitários).

**Comerciais leves** = Veículos comerciais para transporte de pessoas e/ou carga, com PBT de até 3,5 toneladas (ex. picape, furgões e vans).

**Veículos leves** = Automóveis e comerciais leves

**Veículos pesados** = Caminhões e ônibus

**Veículos elétricos** = Veículos BEV + PHEV + FCEV

**Veículos eletrificados** = Veículos elétricos + HEV

**Net zero** = Redução das emissões líquidas de GEE para zero.

---

### Categorias de caminhões:

- **Semileves** = 3,5 t < PBT < 6 t
- **Leves** = 6 t ≤ PBT < 10 t
- **Médios** = 10 t ≤ PBT < 15 t
- **Semipesados** =  
Caminhões-chassi com PBT ≥ 15 t e com CMT ≤ 45 t, ou  
Caminhões-trator com PBT ≥ 15 t e com PBTC < 40 t
- **Pesados** =  
Caminhões-chassi com PBT ≥ 15 t e com CMT > 45 t, ou  
Caminhões-trator com PBT ≥ 15 t e com PBTC ≥ 40 t

# Transição Energética

Aquecimento global

Matriz energética mundial

Inclusão social

Aceleração das vendas de  
veículos elétricos

# Aquecimento global e transição energética

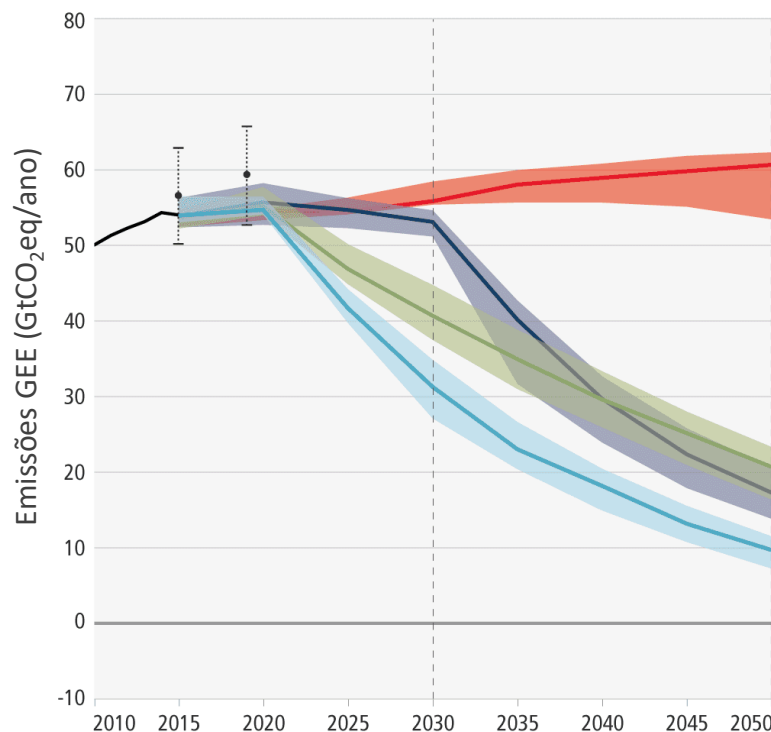


MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



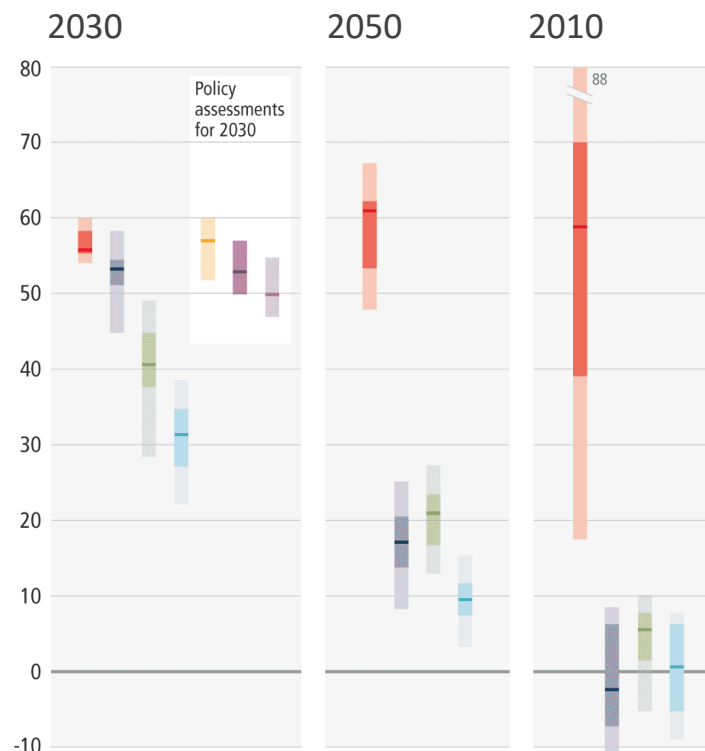
## Emissões globais de gases de efeito estufa (GEE)

Fonte: Adaptado de [IPCC](#)



Caminhos modelados:

- Tendência com políticas implementadas
- Limitar a 2,0°C (>67%) ou retorno a 1,5°C (>50%) após exceder meta
- Limitar a 2,0°C (>67%)
- Limitar a 1,5°C (>50%)
- ⋯ Emissões passadas e incerteza para 2015 e 2019



Avaliações de políticas:

- Políticas implementadas até o final de 2020
- NDCs antes da COP26, elementos incondicionais
- NDCs antes da COP26, inclui elementos condicionais

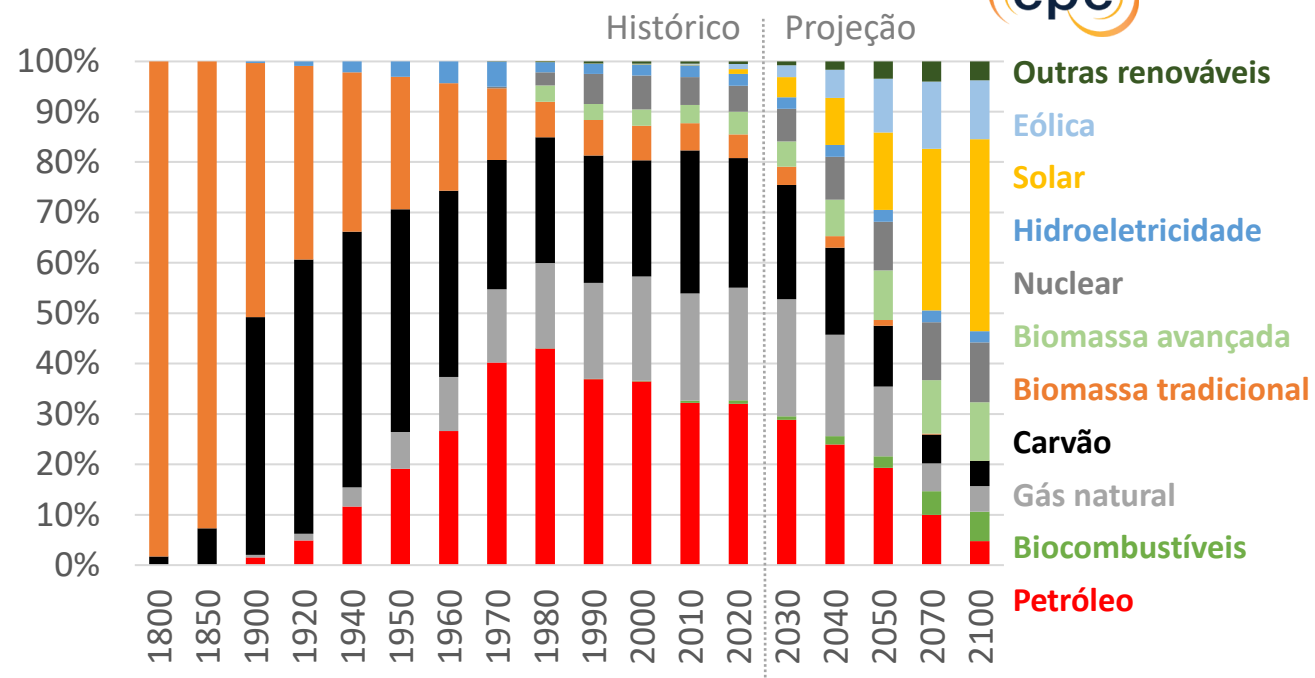
- Emissões de GEE projetadas a partir das NDCs anunciadas antes da COP 26 (26ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima) tornam **provável que o aquecimento global ultrapasse 1,5°C** em relação aos níveis pré-industriais. Elas também dificultam a tentativa de manter o aquecimento após 2030 até 2,0°C.
- Todas as regiões estão registrando **maior ocorrência de eventos climáticos extremos**, evidenciado por ondas de calor, fortes precipitações, secas e ciclones tropicais.
- **Limitar o impacto humano no clima significa reduzir as emissões cumulativas de CO<sub>2</sub>**, o que explica a busca pelo *net-zero* ([UN](#)), inclusive por meio da transição energética.

Nota: Percentuais em parênteses representam a probabilidade de ocorrência do aquecimento global projetado para cada cenário de emissões.

# Transição e matriz energética mundial

## Matriz energética mundial (%)

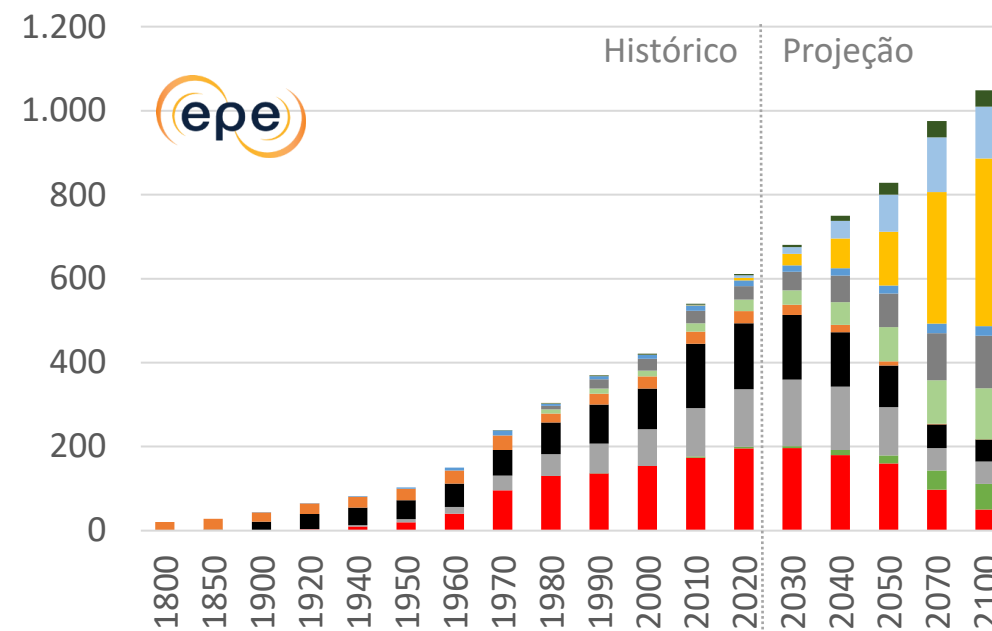
Fonte: Elaboração própria a partir de [OurWorldInData](#) e [Shell](#)



- Para conter o aquecimento global, a **participação relativa de combustíveis fósseis deve continuar a declinar na matriz energética mundial** pelas próximas décadas. Contudo, apesar dessa perda de importância relativa, as **demandas nominais do carvão e do petróleo nunca foram tão altas** ([OurWorldInData](#)).

## Matriz energética mundial (EJ)

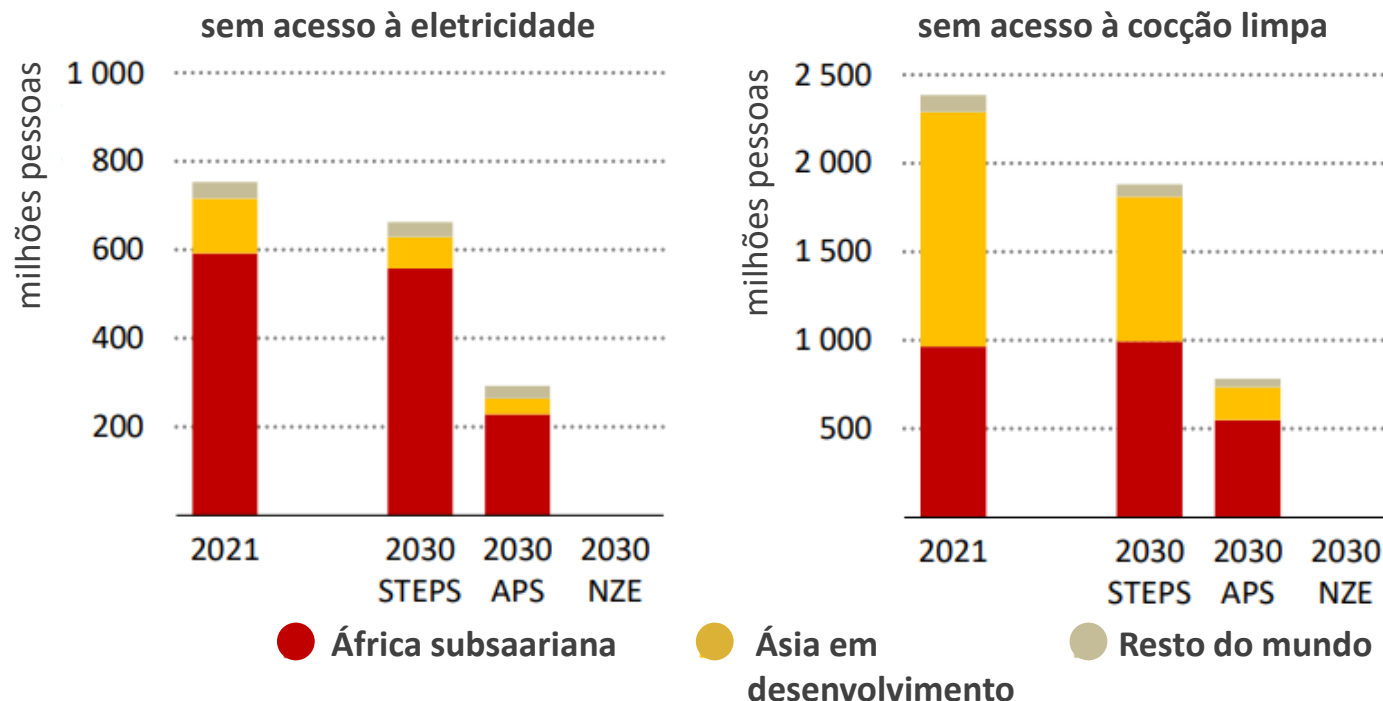
Fonte: Elaboração própria a partir de [OurWorldInData](#) e [Shell](#)



- **Ao longo da história** houve diversas **revoluções energéticas**, em que inovadores paradigmas tecnológicos **permitiram a adição de novas fontes de energia**.
- Uma **transição energética** que promova a descarbonização e a redução da escassez energética **não ocorrerá sem a presença de combustíveis fósseis na matriz nas próximas décadas**.

## Número de pessoas sem acesso à eletricidade e à cocção limpa

Fonte: Adaptado do [WEO da IEA](#)



Nota: Cenários da IEA para seu World Energy Outlook 2022: STEPS = *Stated Policies Scenario* (Políticas atualmente implementadas); APS = *Announced Pledges Scenario* (Compromissos anunciados); NZE = *Net-Zero Emissions by 2050 Scenario* (Emissões net-zero até 2050);

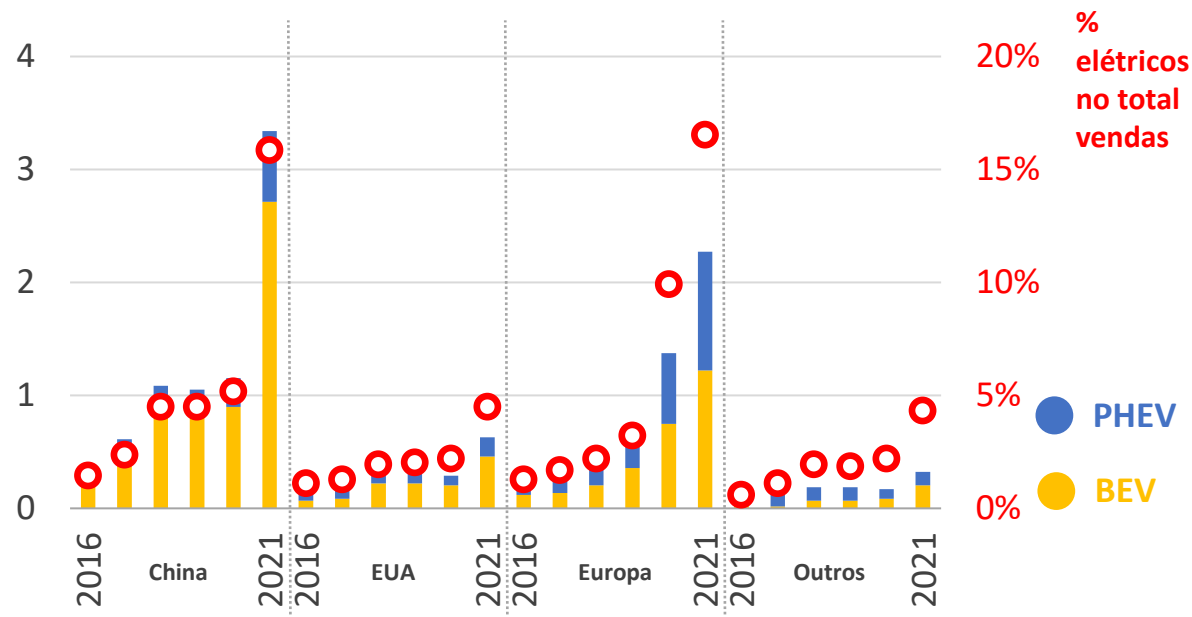
Cocção limpa (*clean cooking*) refere-se a combustíveis sustentáveis e tecnologias modernas de cozinha que permitem que as pessoas cozinhem e aqueçam suas casas de uma maneira que não seja prejudicial à saúde, e limite os impactos imediatos no ambiente ([UNDP](#)).

- Ainda existem **760 milhões de pessoas sem acesso à eletricidade** e **2,5 bilhões sem acesso à cocção limpa** em economias emergentes e em desenvolvimento.
- A **inclusão e integração energética** dessa população nesses mercados proporcionaria um **aumento da demanda energética** que, se for atendida por energias limpas, **necessitará expandir em sete vezes os investimentos nessas tecnologias**, em um valor estimado de US\$ 150 bilhões por ano ([IEA](#)).
- A dificuldade de substituir as fontes fósseis mantendo a qualidade de vida e incluindo parcelas da sociedade sem acesso à energia é desafiador. **Uma das formas de começar a deslocar os combustíveis fósseis é a eletrificação do transporte rodoviário.**

# Aceleração das vendas de veículos elétricos

## Vendas de veículos elétricos em regiões selecionadas (milhões unidades)

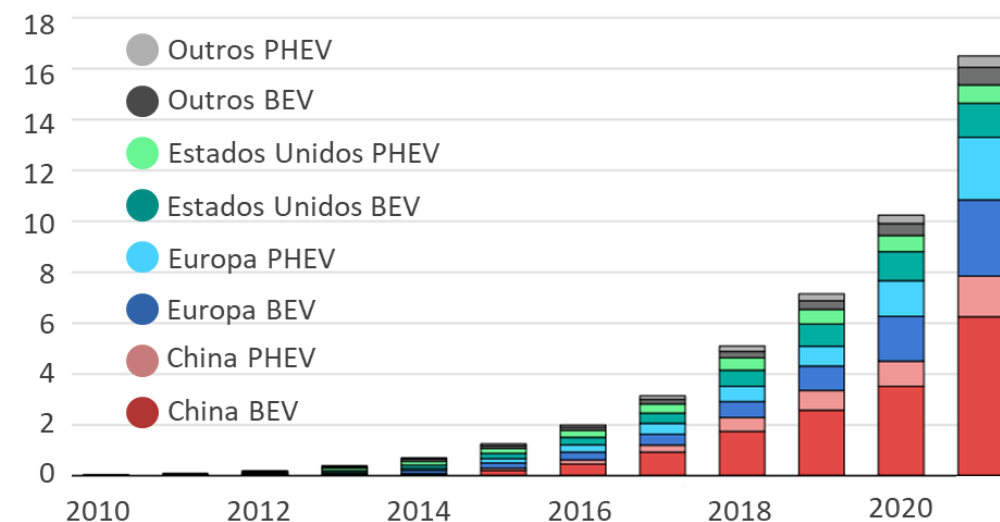
Fonte: [EV Outlook 2022 da IEA](#)



- O **destaque** para as vendas de VEs fica principalmente com **China, EUA e Europa**. De particular interesse é o aumento dos elétricos na proporção total de vendas em 2020 e 2021. Apesar da pandemia e das dificuldades enfrentadas nas cadeias de suprimento globais, que reduziram as vendas, os veículos elétricos cresceram em unidades e dispararam em participação, passando de 5% para 16% na China, e de 10% para 17% na Europa.

## Frota global de veículos elétricos (bilhões de unidades)

Fonte: [EV Outlook 2022 da IEA](#)



- No final de 2021, a **frota mundial** de veículos elétricos ultrapassou **16 milhões**, com particular destaque para o **crescimento** registrado em **2020 e 2021**. Entretanto, estima-se que as **vendas** somente em **2022** possam chegar a **10 milhões** ([EV Volumes](#)).
- **Ainda** representa uma **proporção reduzida da frota global** de 1,3 bilhão de veículos ([OICA](#)), mas está em franco crescimento.



# Contexto internacional

**Evolução dos veículos elétricos**

**Comprometimento de montadoras**

**Demanda por baterias**

**Oferta de minerais críticos**

**Preços de baterias**

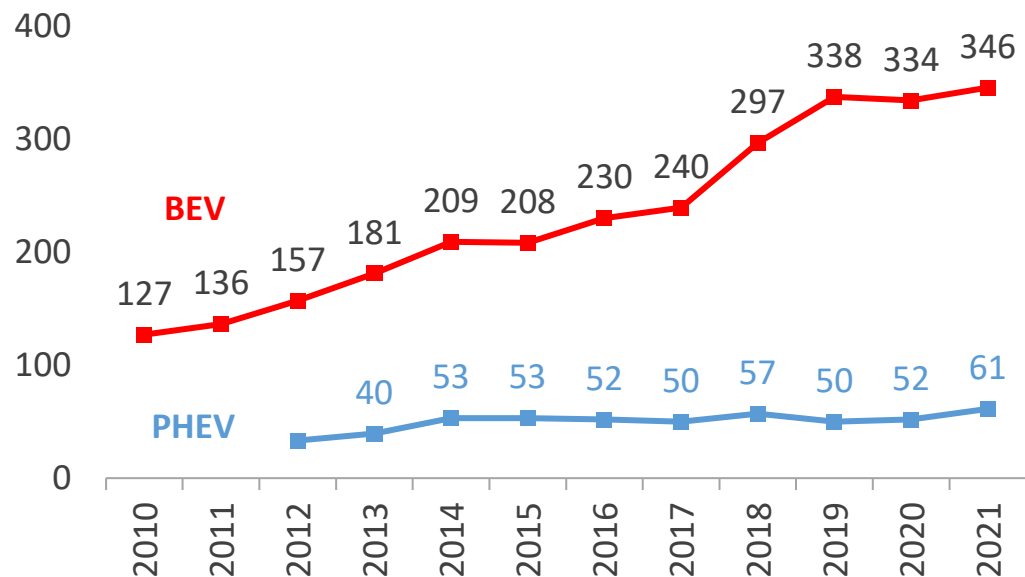
**Financiamento público**

**Investimentos em infraestrutura**

# Evolução técnica dos veículos elétricos

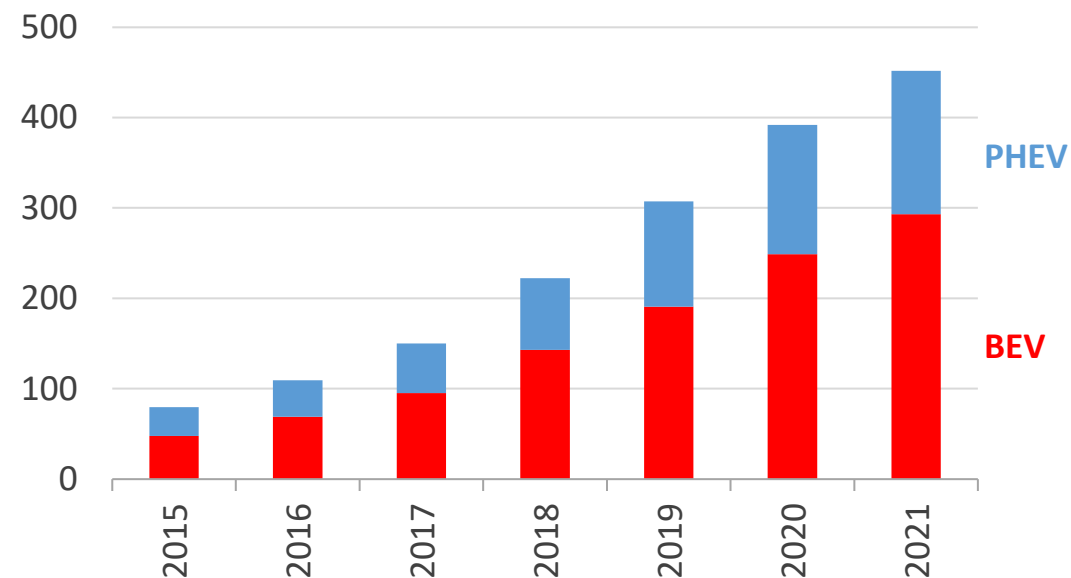
## Evolução da autonomia de BEVs (km)

Fonte: [EV Outlook 2022 da IEA](#).



## Número de modelos disponíveis no mercado (unidades)

Fonte: [EV Outlook 2022 da IEA](#).

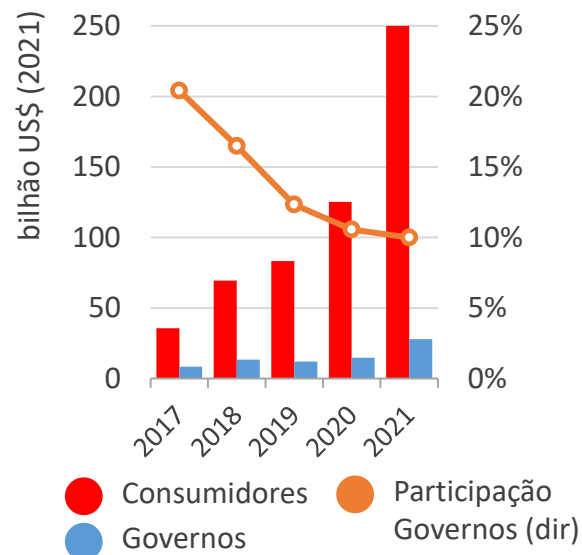


- A preocupação com a autonomia dos veículos (*range anxiety*) se torna cada vez **menos significativa** para a compra de um novo veículo, devido ao paulatino **aumento da autonomia média de BEVs** vendidos ao longo dos últimos anos, que já ultrapassa 300 quilômetros. Esse incremento promove maior interesse por veículos elétricos.

- A **crecente disponibilidade de modelos** elétricos também atrai mais compradores potenciais. Particular destaque para a **disponibilização de SUVs**, que representavam **quase metade dos 450 modelos** ofertados no mercado ao final de 2021.

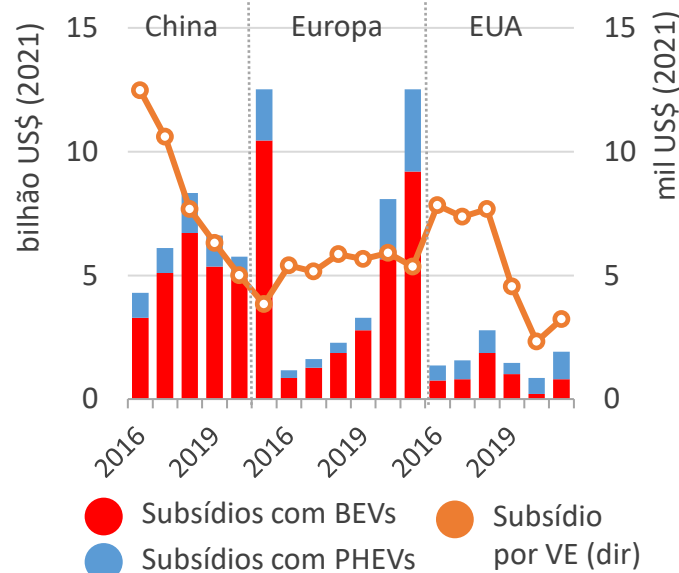
## Gastos privados e públicos em VEs

Fonte: [EV Outlook 2022 da IEA](#)

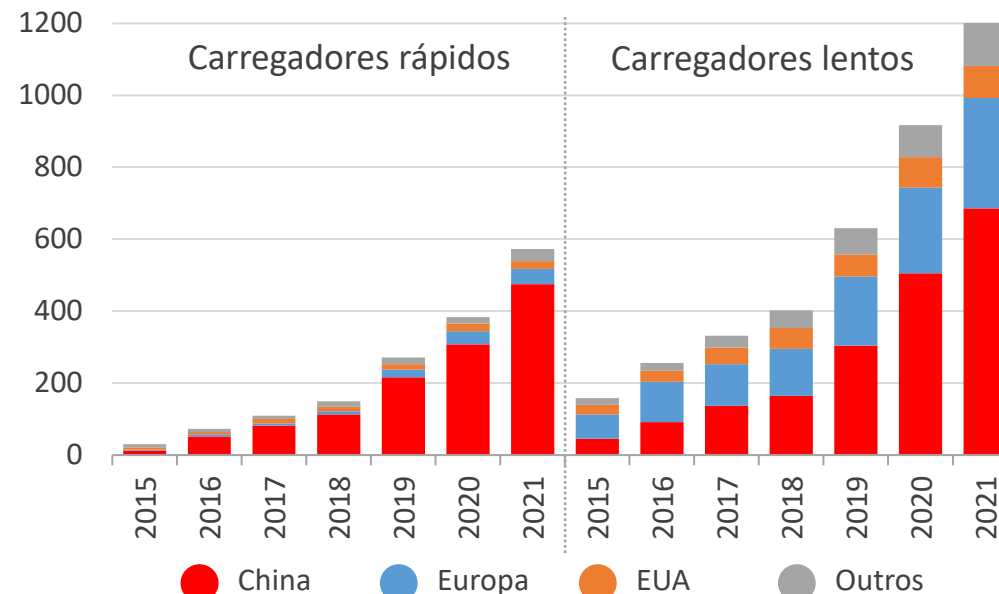


## Apoio governamental a VEs em regiões selecionadas

Fonte: [EV Outlook 2022 da IEA](#)



## Carregadores de veículos leves publicamente acessíveis (mil unidades) Fonte: [EV Outlook 2022 da IEA](#)

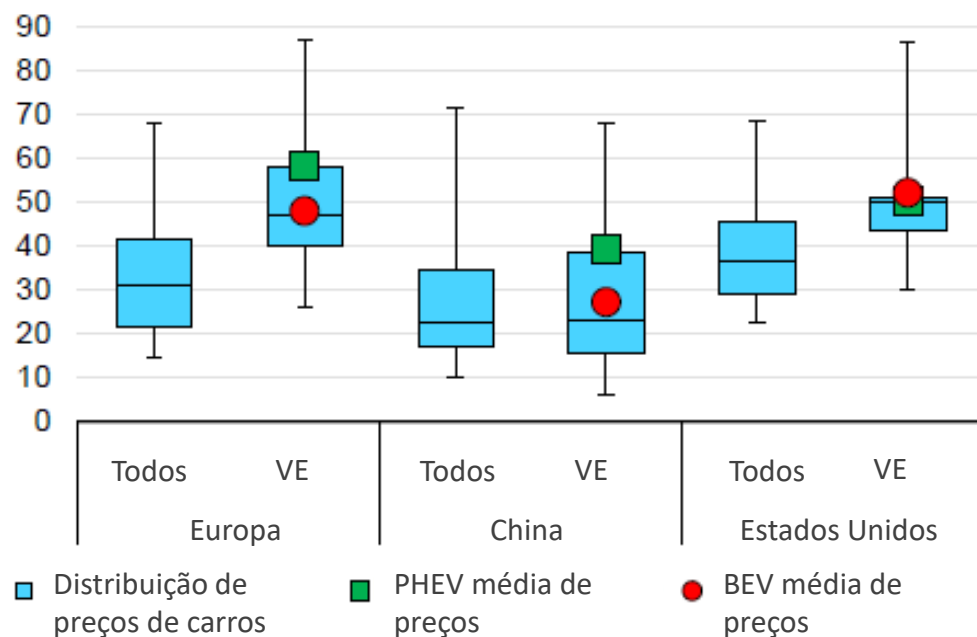


- **Subsídios** governamentais foram **essenciais para iniciar a disseminação** de veículos elétricos, e **ainda permanecem relevantes e crescentes**.
- No entanto, **é possível observar um declínio da participação governamental**, particularmente na China, onde os BEVs estão mais disseminados, e nos EUA.

- A **disponibilidade de carregadores** publicamente acessíveis  **aumentou**, principalmente na China e na Europa, locais onde as vendas estão crescendo de forma mais acelerada.
- **Subsídios e investimentos normalmente precedem uma maior adoção de veículos elétricos pela população**.

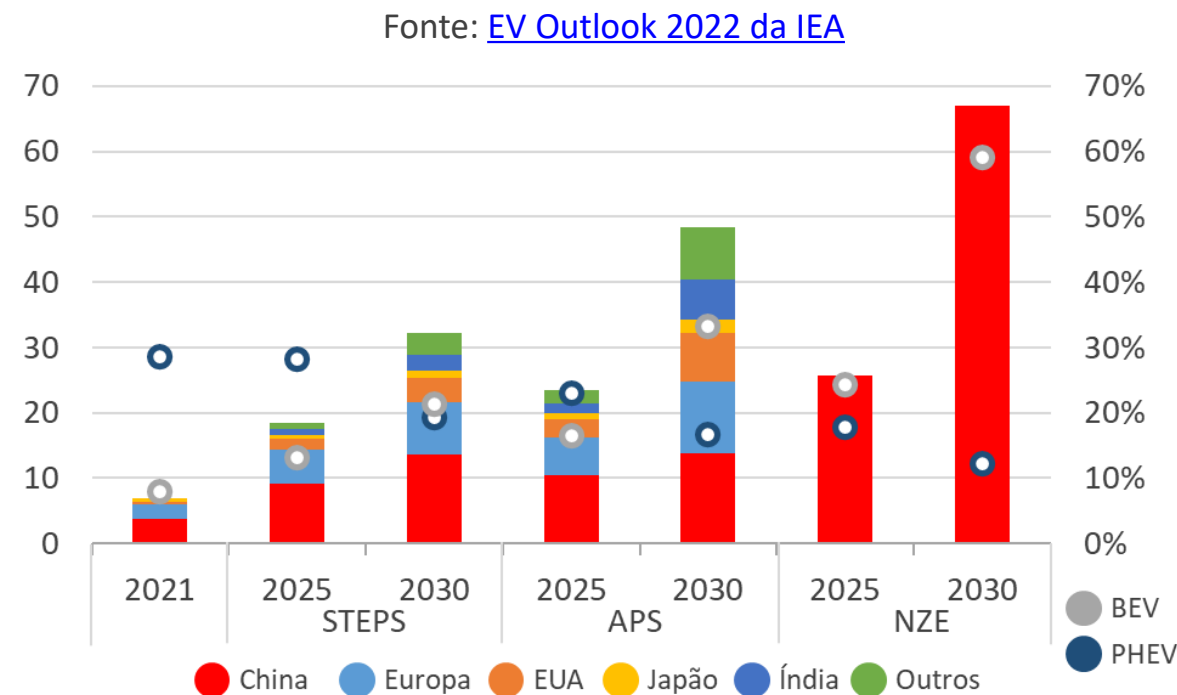
# Evolução dos preços e das vendas

Comparação de preços entre mercado total e elétricos (mil US\$) Fonte: [EV Outlook 2022 da IEA](#)



- Os preços de veículos elétricos ainda são **em média 50% mais elevados** do que seus similares a combustão interna na Europa e EUA. No entanto, os **preços na China começam a se equiparar aos verificados para os veículos a combustão**.

Vendas globais de VEs (milhão VE) e participação de BEVs e PHEVs nas vendas totais (%) Fonte: [EV Outlook 2022 da IEA](#)

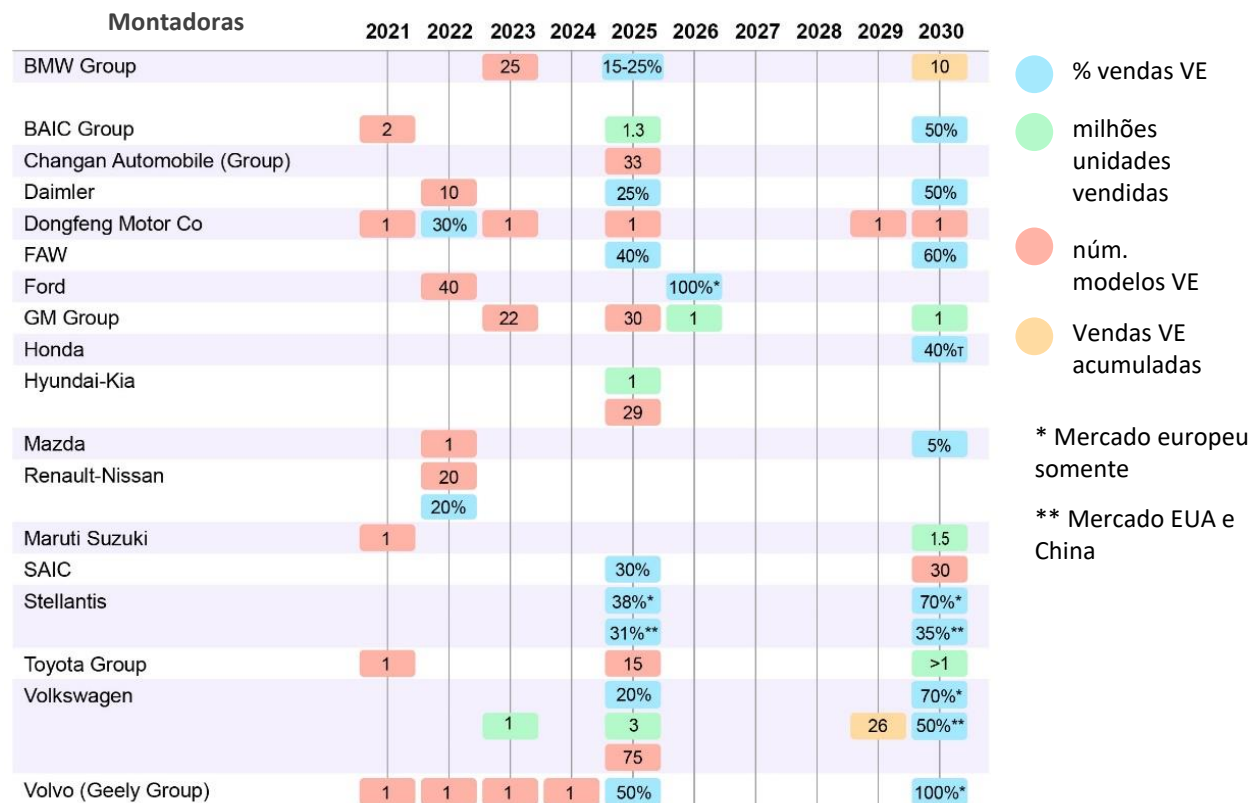


- Projetam-se aumentos da participação dos VEs nas vendas total em todos os cenários da IEA. Em 2030, esta varia de 20% no cenário conservador STEPS, para 60% no cenário otimista NZE.
- Cenários otimistas de penetração dependem da premissa de que os custos seguirão declinando ao longo dos anos.

# Comprometimento de montadoras

## Anúncios de montadoras sobre veículos elétricos

Fonte: [EV Outlook 2021 da IEA](#)

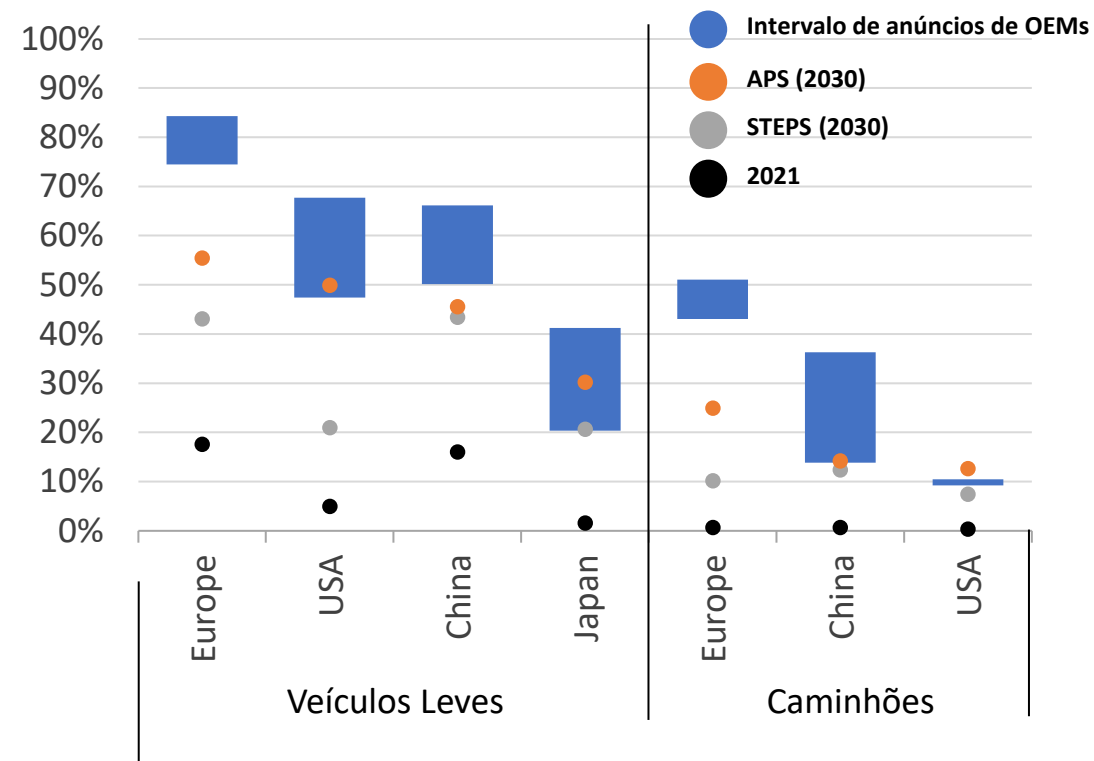


- Metas para a produção de veículos elétricos foram anunciadas por 18 entre as 20 principais montadoras mundiais.

Nota: OEM = Montadoras de automóveis (Original Equipment Manufacturer)

## Anúncios de montadoras comparadas aos cenários da IEA

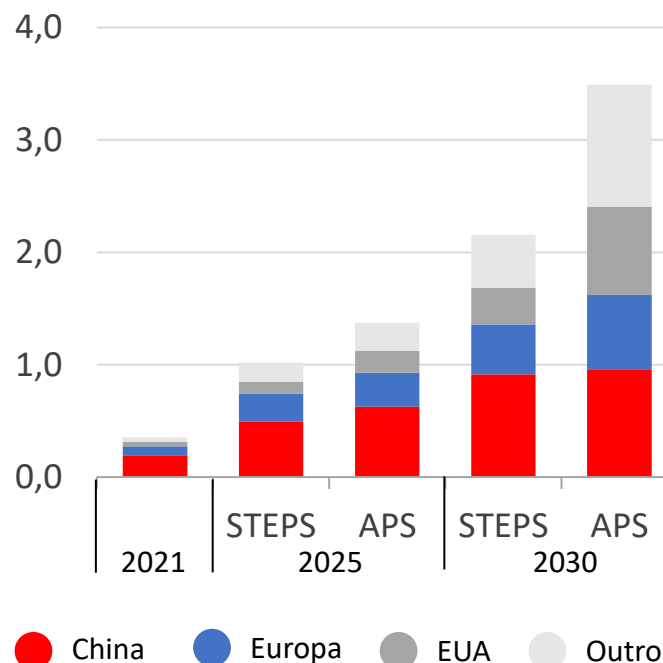
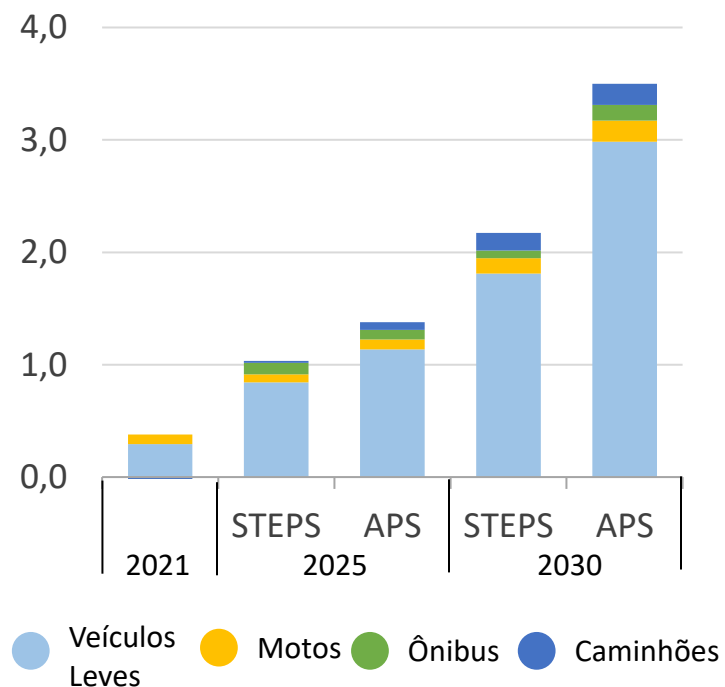
(%vendas) Fonte: [EV Outlook 2022 da IEA](#)



- Quando consolidadas, as metas combinadas das montadoras são mais ambiciosas do que a projeção do cenário mais sustentável da IEA (APS). Isso ancora ainda mais as perspectivas de um aumento considerável das vendas globais para os próximos anos.

## Demanda por baterias para VEs por modo e por região (TWh)

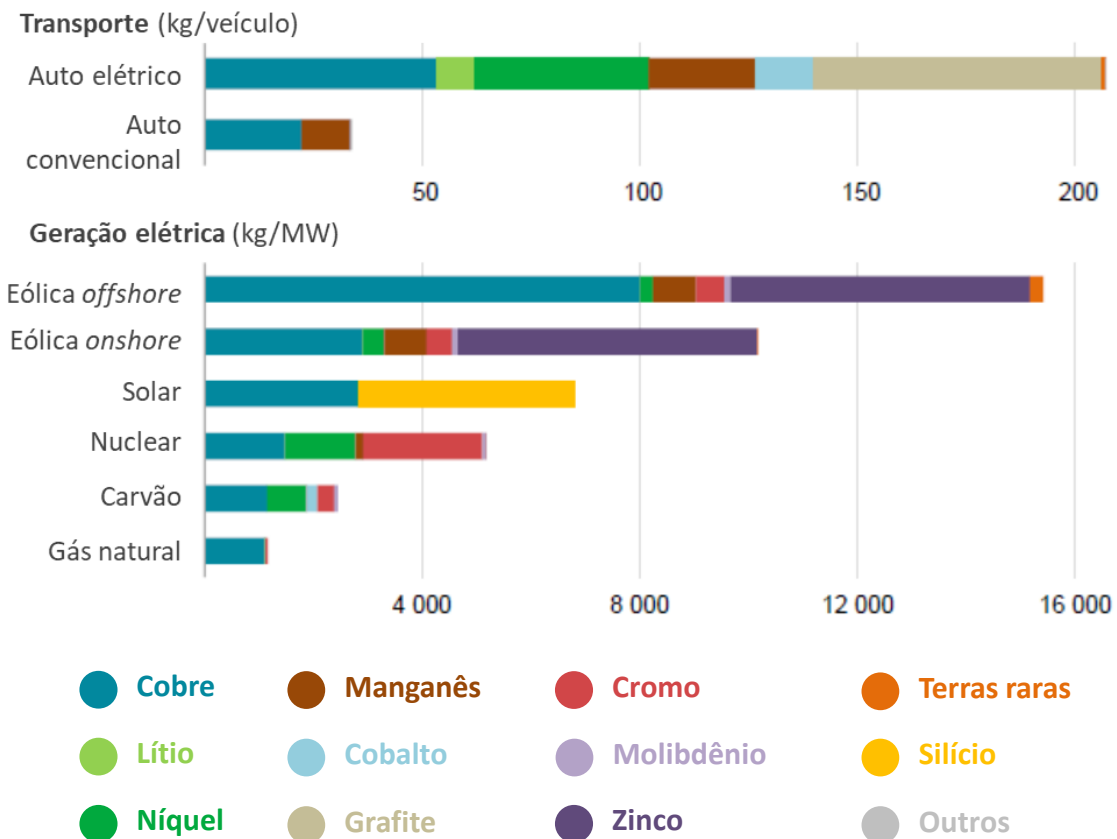
Fonte: [Securing Clean Energy Supply Chains da IEA](#)



- A demanda global por baterias para automóveis dobrou em 2021, para 350 GWh. Mesmo no cenário STEPS mais conservador, essa demanda tende a mais do que quintuplicar até 2030, podendo ser multiplicada por dez no cenário APS mais renovável.
- A demanda por todos os insumos integrantes das cadeias logísticas de baterias deve aumentar, **requerendo um aumento expressivo da oferta, especialmente de minerais como lítio, níquel, cobalto, baterias e automóveis elétricos.**

## Minerais utilizados em tecnologias associadas às energias limpas

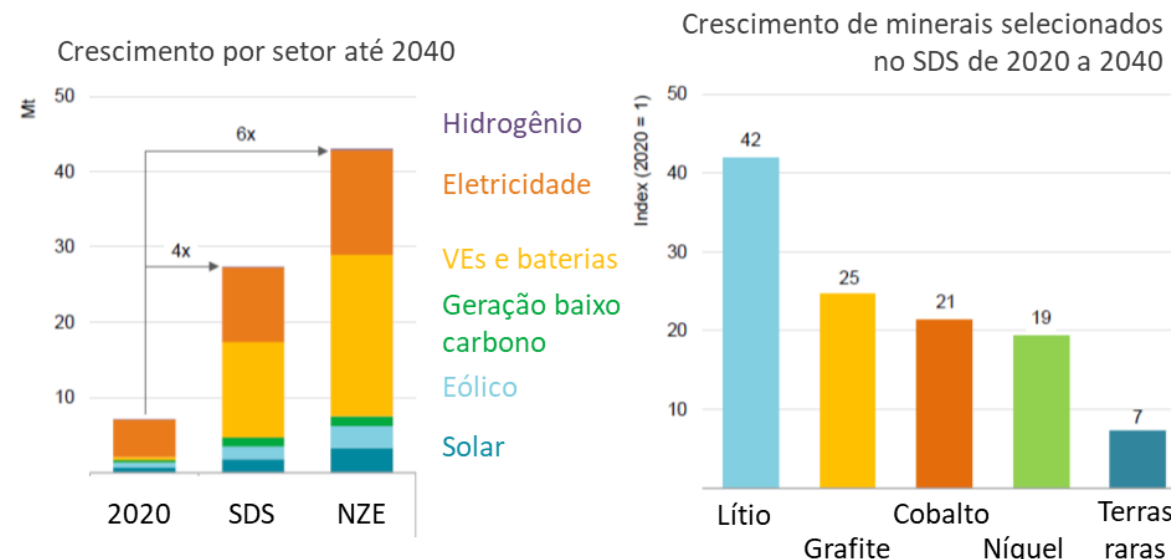
Fonte: Adaptado de [Role of Critical Materials da IEA](#)



Nota: Tecnologias limpas são as soluções para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>.  
Estão incluídas células fotovoltaicas, pás de turbinas eólicas, baterias, entre outros.

## Demanda mineral para atender tecnologias limpas até 2040

Fonte: Adaptado de [Role of Critical Materials da IEA](#)



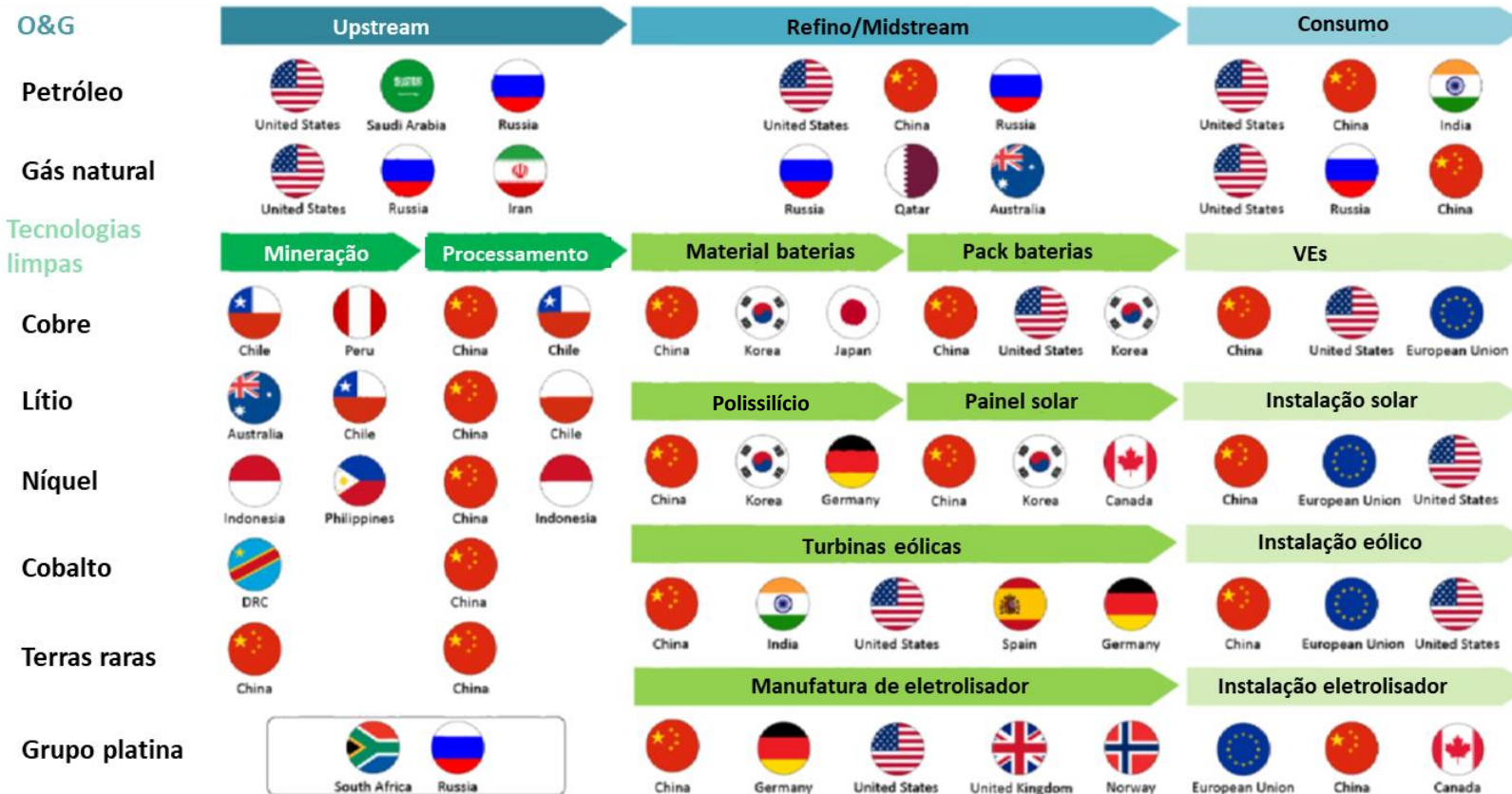
- **Tecnologias limpas** recebendo investimentos hoje são intensivas em alguns minerais críticos.
- A IEA projeta um **aumento de quatro vezes na demanda mineral para tecnologias limpas até 2040** no cenário renovável, podendo chegar a seis vezes no *net-zero*.



# Oferta de minerais críticos e questões geopolíticas

## Cadeias logísticas para óleo e gás e tecnologias limpas

Fonte: Adaptado de [WEO da IEA](#)



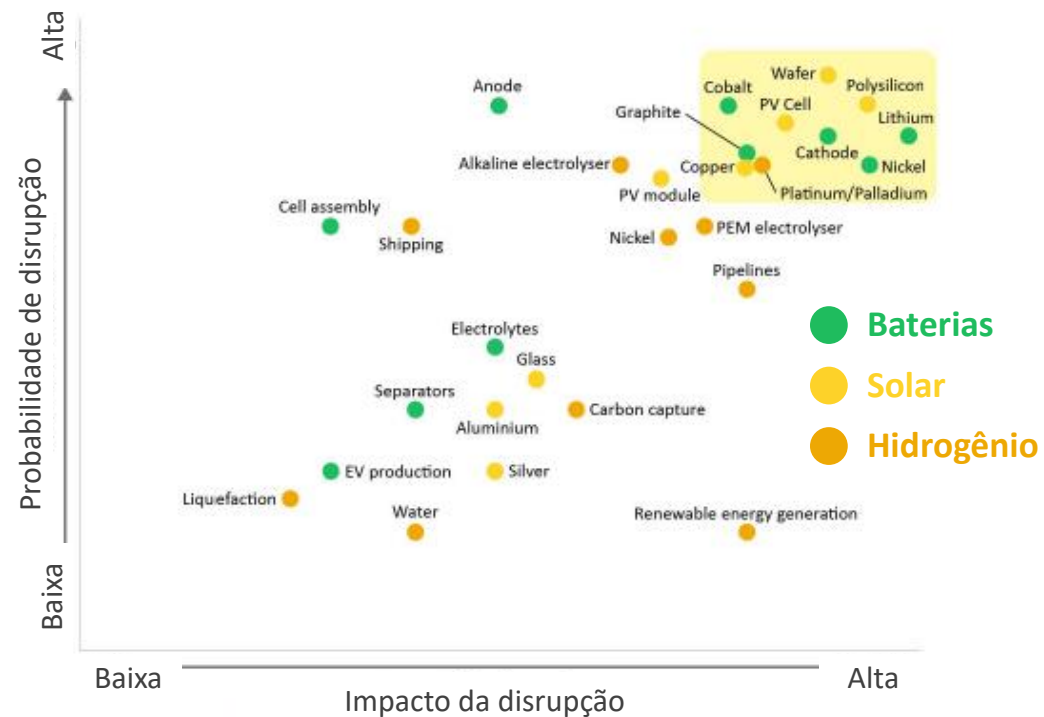
- Produção de minerais requeridos para a transição energética é mais concentrada geograficamente que a de óleo e gás, alçando **considerações geopolíticas** a uma relevância ainda maior. Muitos dos materiais também são produzidos em **locais com estresse hídrico elevado (IEA)**.
- O **processamento** desses minerais críticos é **ainda mais concentrado**, com a **China** sendo responsável por **entre 40% e 80%** para materiais como cobre, níquel, cobalto, lítio e terras raras ([IEA](#)).
- **Investimentos em países com mão de obra mais onerosa e mais controles e regulações serão necessários para mitigar esse risco geopolítico, onerando a produção.**



# Potencial escassez de oferta de minerais críticos

## Probabilidade e magnitude dos potenciais impactos em cadeias de suprimentos para tecnologias limpas

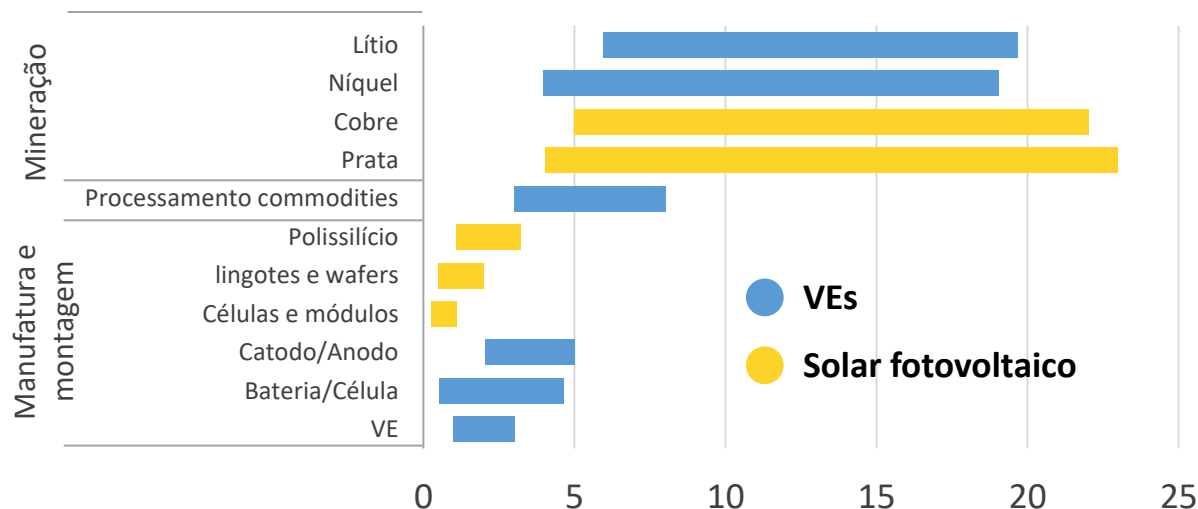
Fonte: [Securing Clean Energy Supply Chains da IEA](#)



- Segundo a [IEA](#), a oferta deve ser suficiente para suprir os insumos requeridos para o cenário conservador STEPS. No entanto, destaca-se um **possível descompasso entre oferta e demanda em cenários mais verdes**.

## Prazo de maturação de novos investimentos em insumos e processos para fabricação de VEs (anos)

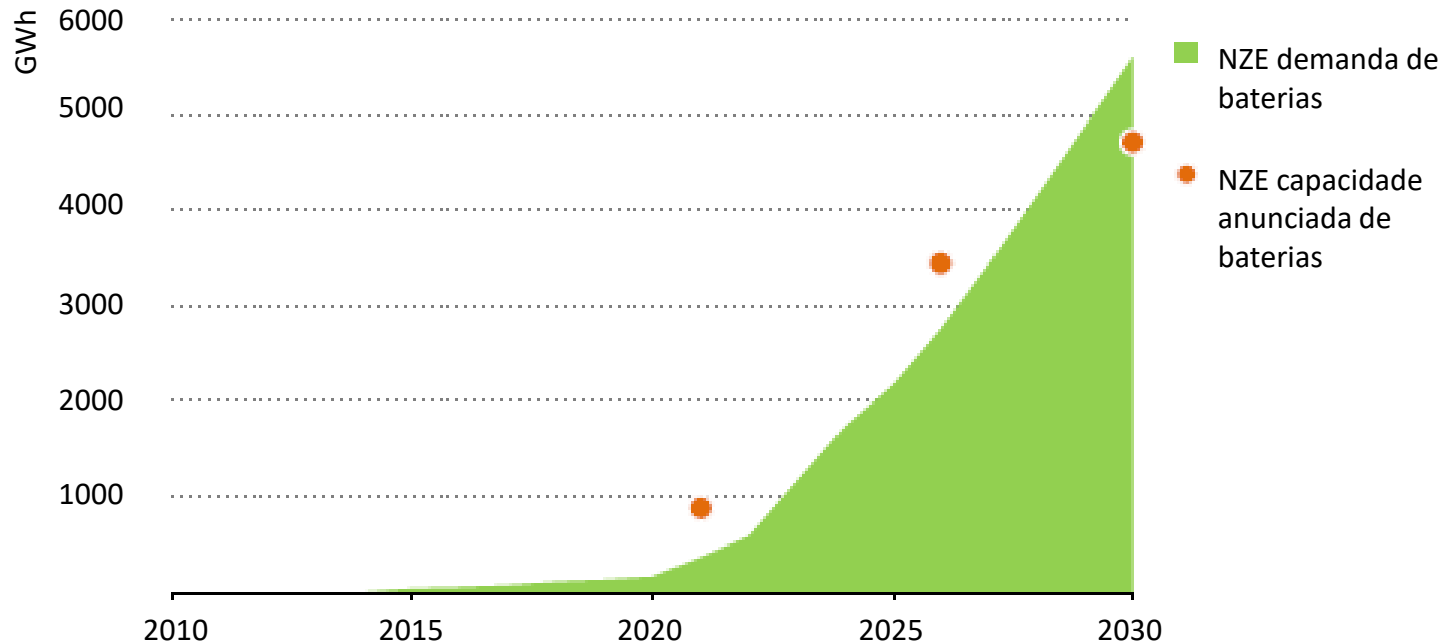
Fonte: [Securing Clean Energy Supply Chains da IEA](#)



- Os investimentos estão aumentando, no entanto em ritmo **insuficiente**, especialmente **devido aos longos prazos de maturação de novos investimentos minerários** ([IEA](#)).
- A oferta esperada de minas existentes e de projetos em construção atenderão somente 50% da demanda de lítio e 80% da demanda de cobre projetada para 2030 no cenário NZE ([IEA](#)).

## Crescimento da demanda por baterias no transporte no cenário *net-zero* e capacidade manufatureira anunciada de baterias

Fonte: [WEO da IEA](#)

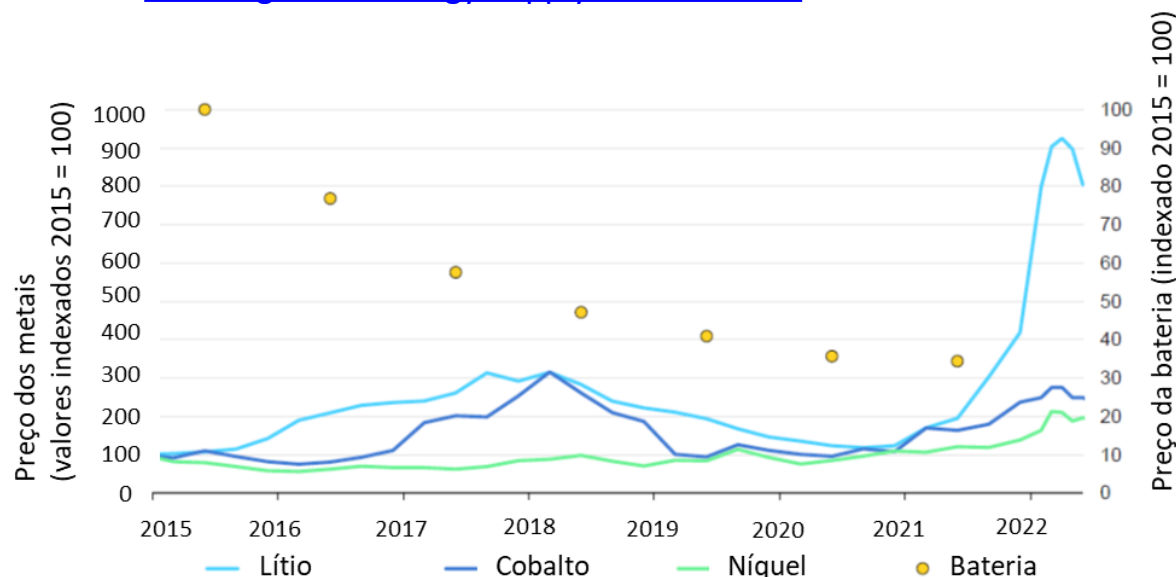


- A demanda de baterias pode mais do que **setuplicar até 2030**, especialmente pelo aumento de veículos elétricos e armazenamento estacionário.
- **Apesar de construção de novas giga-fábricas** (a partir de 40 GWh/ano) de baterias nos EUA, Europa e China, e do anúncio de mais outras, **há possibilidade de escassez de baterias**.
- Mesmo considerando possíveis aumentos de oferta futura, **para os cenários mais otimistas de adoção de veículos elétricos, pode não haver capacidade suficiente de produção de baterias**

# Preços das baterias

## Preços de metais utilizados em baterias e de baterias

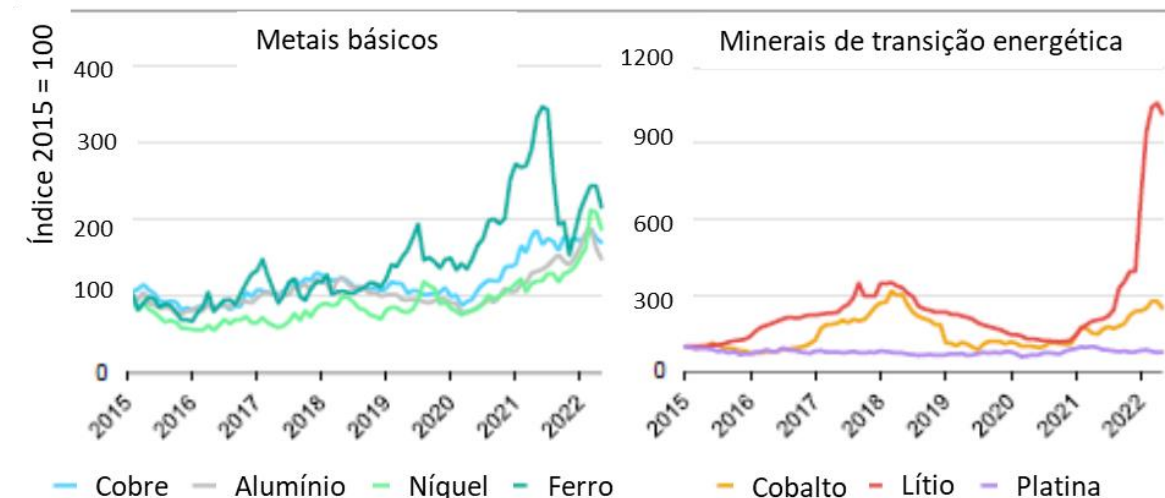
Fonte: [Securing Clean Energy Supply Chains da IEA](#)



- Na última década, o custo da bateria de íon-lítio caiu em 90%, em grande parte por reduções nos custos de manufatura advindos de ganhos de escala ([MDPI](#)). Com isso, a **proporção do gasto com a compra de matérias-primas no valor da bateria passou de 40%-50% há 5 anos para 50%-70% ([IEA](#))**.

## Preços de metais selecionados e minerais críticos para a transição

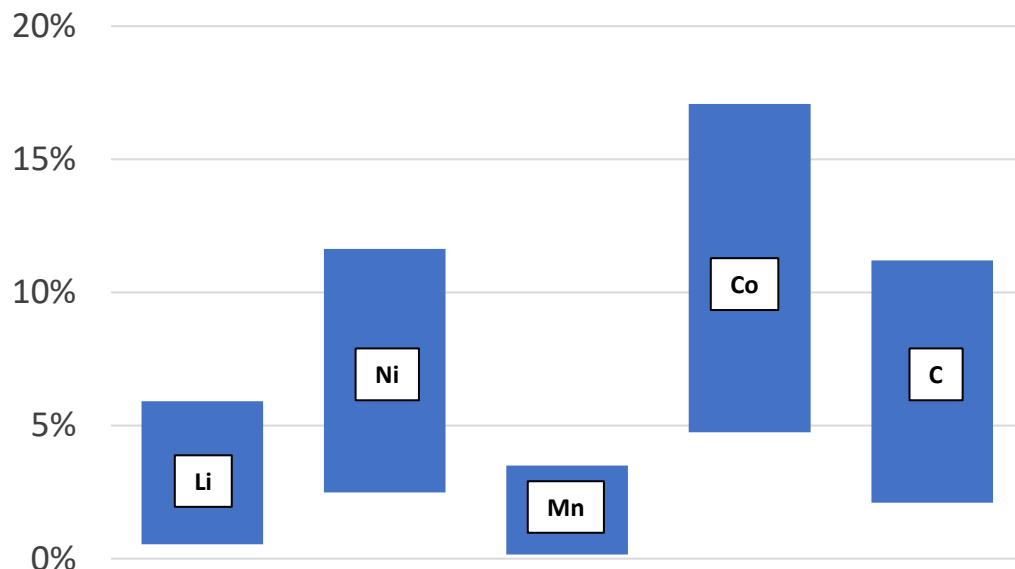
Fonte: [Securing Clean Energy Supply Chains da IEA](#)



- Os **preços de metais e minerais críticos elevaram-se, acompanhando** a aceleração nas **vendas** de veículos elétricos desde 2020.
- A **crise energética europeia em 2022**, resultante do conflito na Ucrânia, **antecipou os investimentos em alternativas aos combustíveis fósseis**, causando uma **aceleração da alta dos preços**.

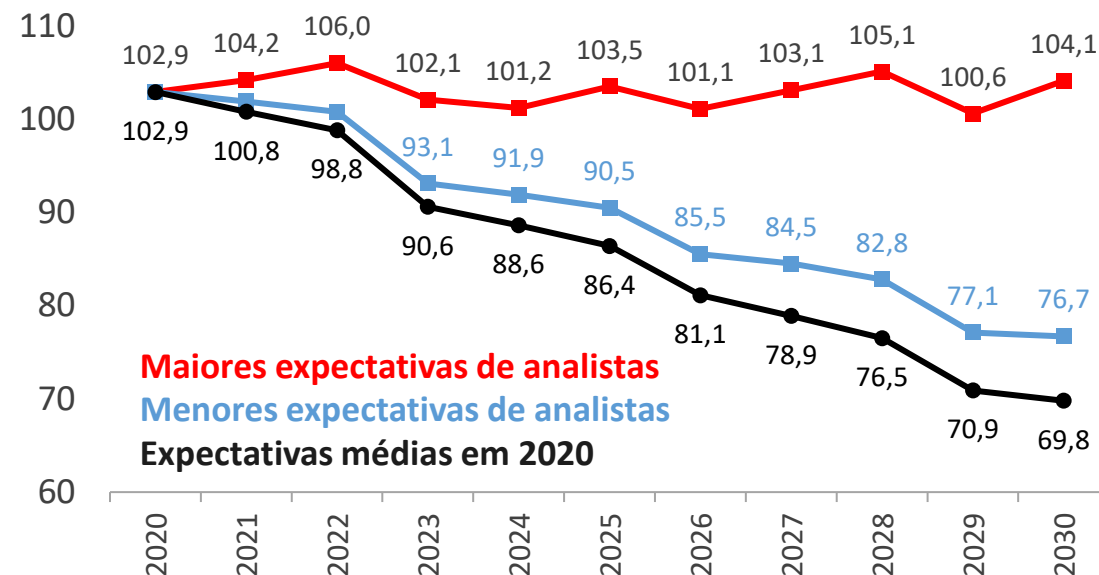
# Incerteza sobre o futuro dos preços das baterias

Distribuição das expectativas de aumento dos preços de matérias-primas (pontos percentuais) Fonte: [MDPI](#)



- Caso os preços de **lítio** ou de **níquel** dobrassem haveria um aumento do custo de baterias em 6%. Uma duplicação de ambos **eliminaría todos os ganhos de preço projetados para as baterias no futuro** ([IEA](#)).

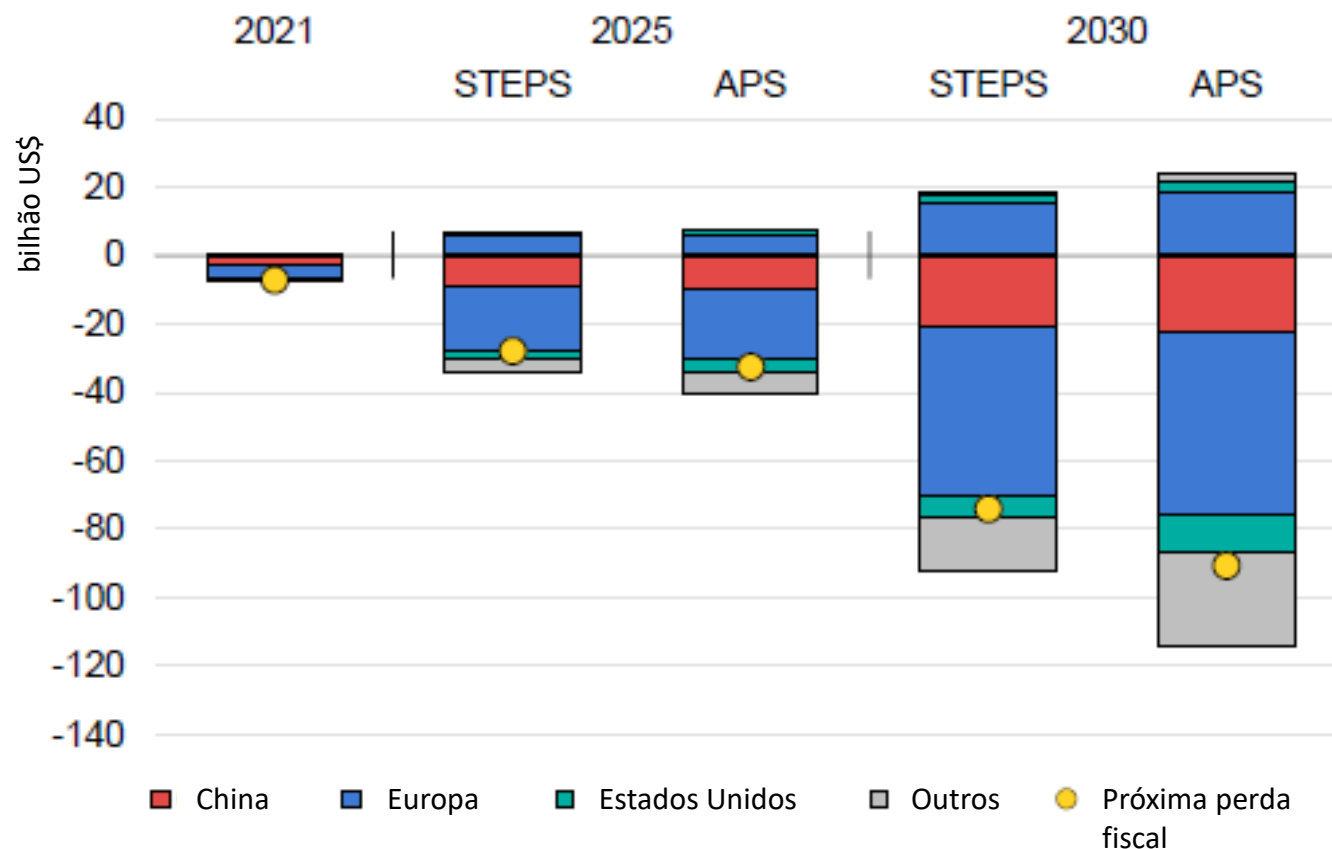
Projeções do custo das células de baterias considerando cenários de aumentos de preços de matérias-primas (US\$/kWh) Fonte: [MDPI](#)



- Existem **divergências** sobre a direção dos preços das baterias. Entretanto, em média, há expectativa de um **aumento dos preços dos materiais** componentes das baterias. Em 2021, 63% do custo das baterias correspondiam somente aos custos associados com o catodo e anodo. A manufatura e depreciação contabiliza 24% do custo ([MDPI](#)).

Perda de arrecadação por cenário: receita fiscal adicional com eletricidade (valores positivos) e perda fiscal com redução na comercialização de combustíveis fósseis (valores negativos)

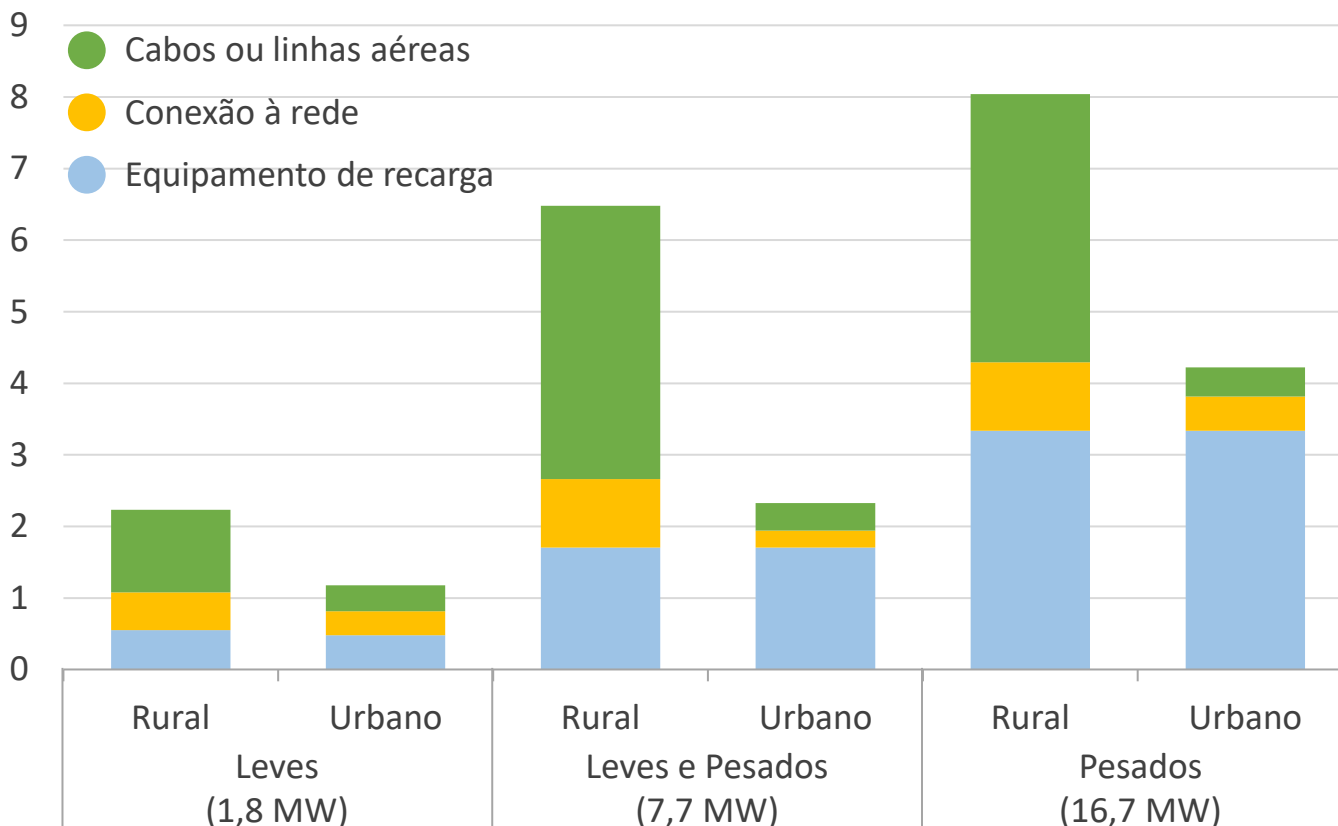
Fonte: [EV Outlook 2022 da IEA](#)



- A tributação de combustíveis fósseis é uma importante fonte de receita de governos ao redor do mundo.
- No cenário mais renovável (APS), a queda anual de receitas passa de US\$ 100 bilhões somente em 2030. No cenário *net-zero* esse valor seria consideravelmente maior.
- Essa queda de receitas gera a **necessidade** de busca por **receita adicionais**. Neste sentido, uma vez consolidadas, as **tecnologias alternativas aos combustíveis fósseis podem se tornar alvo de incremento da tributação, reduzindo sua competitividade**.

## Investimentos requeridos para carregadores de automóveis elétricos por localização e tamanho (milhão US\$ 2022)

Fonte: [EV Outlook 2022 da IEA](#)



Nota: Considera-se uma distância média para a subestação mais próxima de 5 km em áreas urbanas e 15 km em rurais.

- Investimentos para instalação de carregadores terão de ser significativos para elevar rapidamente sua disponibilidade em qualquer país.
- O custo é particularmente elevado para veículos pesados, o que encarece a eletrificação de ônibus e caminhões. Esses valores são particularmente desafiadores para cidades menores, o que pode dificultar a adoção de veículos elétricos nessas localidades.
- O custo dos carregadores pode mais do que dobrar em áreas rurais, devido à necessidade de colocação de novos cabos e subestações. Isso torna a instalação de carregadores em ambientes rurais desafiadora, dificultando a presença de VEs no meio rural, e o carregamento de caminhões que percorrem longas distâncias.

- **Veículos elétricos** começam a alcançar **participações significativas das vendas** em regiões como a **China, EUA e Europa**. Isso foi possibilitado, entre outros, pelo **aumento de autonomia** e a **crecente disponibilidade de novos modelos** elétricos, além da **queda dos preços das baterias**.
- **Subsídios governamentais** e **investimentos** públicos e privados em **redes de carregamento** público também auxiliaram na escolha pela adoção dessa tecnologia.
- **Montadoras**, motivadas pela regulação, crescentemente **investem na eletrificação**, e divulgam **metas que poderão promover uma penetração acelerada dessa nova tecnologia**. Isso deve fazer a **demandas por baterias disparar na próxima década**.
- Aliada a investimentos em outras tecnologias, como baterias estacionárias e geração solar e eólica, a **transição deve pressionar a oferta de materiais críticos**. Isso deve suscitar **problemas como a suficiência de oferta desses materiais**, bem como **questões geopolíticas**, devido à **concentração da produção e processamento** desses materiais em países **fora da OCDE**.
- A **capacidade de produção de baterias** também **requer mais investimentos** para acompanhar a demanda. Esses **desequilíbrios entre oferta e demanda** começam a se refletir nos preços, aumentando a **incerteza sobre o futuro dos preços das baterias**, o que **pode dificultar a adoção da eletrificação na velocidade proposta**.
- **Governos terão de encontrar novas fontes de receita para se financiar**, caso a demanda por combustíveis fósseis sofra redução expressiva, o que **pode forçá-los a aumentar a tributação sobre tecnologias alternativas**, desacelerando sua adoção. O **custo da infraestrutura** também pode ser um **desafio para países menos desenvolvidos**, com maior extensão territorial, e com populações mais dispersas.

# Eletrificação de veículos leves no Brasil

Eletrificação na América Latina

Evolução do mercado automotivo

Barreiras à entrada

Biocombustíveis como alternativa

Eletrificação - última milha

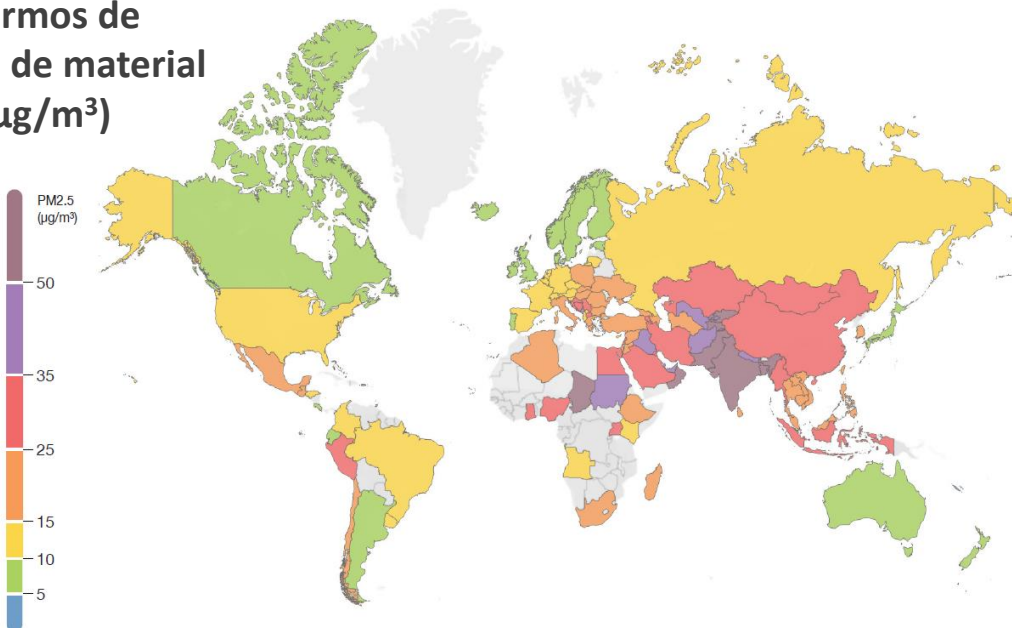
Projeção da frota por motorização no  
Brasil



# Motivações divergentes para acelerar eletrificação

## Cidades mais poluídas do mundo em termos de concentração de material particulado ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Fonte: [IQAir](#)



- O Brasil não sofre as mesmas pressões que outros países para eletrificar rapidamente sua frota (vide motivações ao lado), pois é relativamente pouco dependente de importações de energia; possui um mercado de biocombustíveis bem estabelecido, com atividade econômica e empregos bastante relevantes; não tem a mesma demanda emergencial por redução da poluição local, embora haja oportunidades de melhoria; e os recursos para subsidiar veículos elétricos disputam espaço com outras medidas para promoção de crescimento e distribuição de renda.

	PIB per capita (PPP) (US\$)	Exportações líquidas petróleo (mil b/d)	Exportações líquidas gás nat. (bilhões m3)
EUA	69 mil	-586	+103
China	19 mil	-11,426	-109
Europa	48 mil	-10,480	-104
Índia	7 mil	-3,874	-34
Brasil	16 mil	+821	-10

Nota: Valores de 2021;

Fontes: [IBRD](#), [BP](#), [ANP](#)

- Diferentes países têm diferentes motivações para acelerar a eletrificação dos transportes:
- **China e Índia:** elevados índices de **poluição local** e alta **dependência de importações** de petróleo e gás natural. A China busca a **liderança tecnológica**.
- **EUA:** **disputa** pela **liderança tecnológica** da 4ª e 5ª revolução industrial e **hegemonia mundial** ([IRA](#)).
- **Europa:** **dependência de importações** de petróleo e gás, renovadas preocupações com a **segurança energética** e pressões de suas populações para agir contra o **aquecimento global**.

# América Latina tem metas de eletrificação



## Metas de implementação de veículos elétricos em países da América Latina e Caribe

Fonte: [Anuário 2022 da PNME](#)

Tipo de VE	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Transporte Público por Ônibus</b> 	<b>Equador:</b> 3-5% <b>Colômbia:</b> Mínimo 10% <b>Panamá:</b> Mínimo 10%-20% (2027)	<b>Equador:</b> 20-30% <b>Colômbia:</b> Mínimo 60% <b>Panamá:</b> Mínimo 33% <b>Rep. Dominicana:</b> 30%	<b>Colômbia:</b> 100% <b>Chile:</b> 100% novos ônibus <b>Costa Rica:</b> 70%	<b>Equador:</b> 60-70%		<b>Rep. Dominicana:</b> 100% <b>Costa Rica:</b> 100%
<b>Veículos Elétricos Leves</b> 	<b>Equador:</b> 0,2-0,5%	<b>Colômbia:</b> 600 mil VE <b>Equador:</b> 3-5% <b>Panamá:</b> 10%-20% da frota e 25-40% das vendas <b>Rep. Dominicana:</b> 10%	<b>Chile:</b> 100% das vendas <b>Costa Rica:</b> 25%	<b>Equador:</b> 20-25%		<b>Rep. Dominicana:</b> 70% <b>Costa Rica:</b> 100% das vendas e 60% da frota
<b>Frotas públicas</b> 	<b>Colômbia:</b> 30% de VE <b>Panamá:</b> Mínimo 10%-25% (2027)	<b>Panamá:</b> 40% <b>Rep. Dominicana:</b> 30%				<b>Rep. Dominicana:</b> 100% <b>Costa Rica:</b> 60%
<b>Taxis Elétricos</b> 	<b>Equador:</b> 2-4%	<b>Equador:</b> 15-20%	<b>Chile:</b> 100% das vendas <b>Costa Rica:</b> 70%	<b>Equador:</b> 55-60%		<b>Costa Rica:</b> 100%
<b>Caminhões Elétricos</b> 	<b>Equador:</b> 1-3%	<b>Equador:</b> 5-10% <b>Rep. Dominicana:</b> 10%		<b>Equador:</b> 30-40% <b>Chile:</b> 100% das vendas de maquinária para construção	<b>Chile:</b> 100% vendas de caminhões e ônibus rodoviários	<b>Rep. Dominicana:</b> 50%

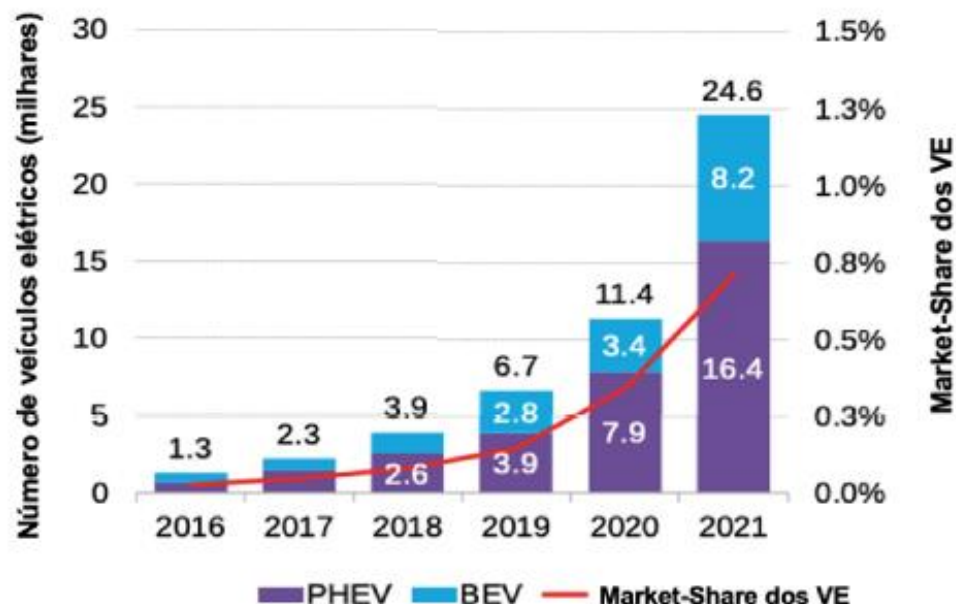
- Alguns países na América Latina anunciaram metas de eletrificação de suas frotas.
- O Brasil não implementou metas de eletrificação. O governo objetiva, via **Rota 2030** e **Programa Combustível do Futuro**, propor medidas para desenvolver a eficiência e incrementar o uso de combustíveis sustentáveis e de baixa intensidade de carbono, bem como a aplicação de tecnologia veicular nacional, com biocombustíveis, com vistas a maior descarbonização da matriz de transporte ([MME](#)) ([Rota 2030](#)).

# Vendas de eletrificados na América Latina



## Vendas anuais de elétricos na América Latina (mil)

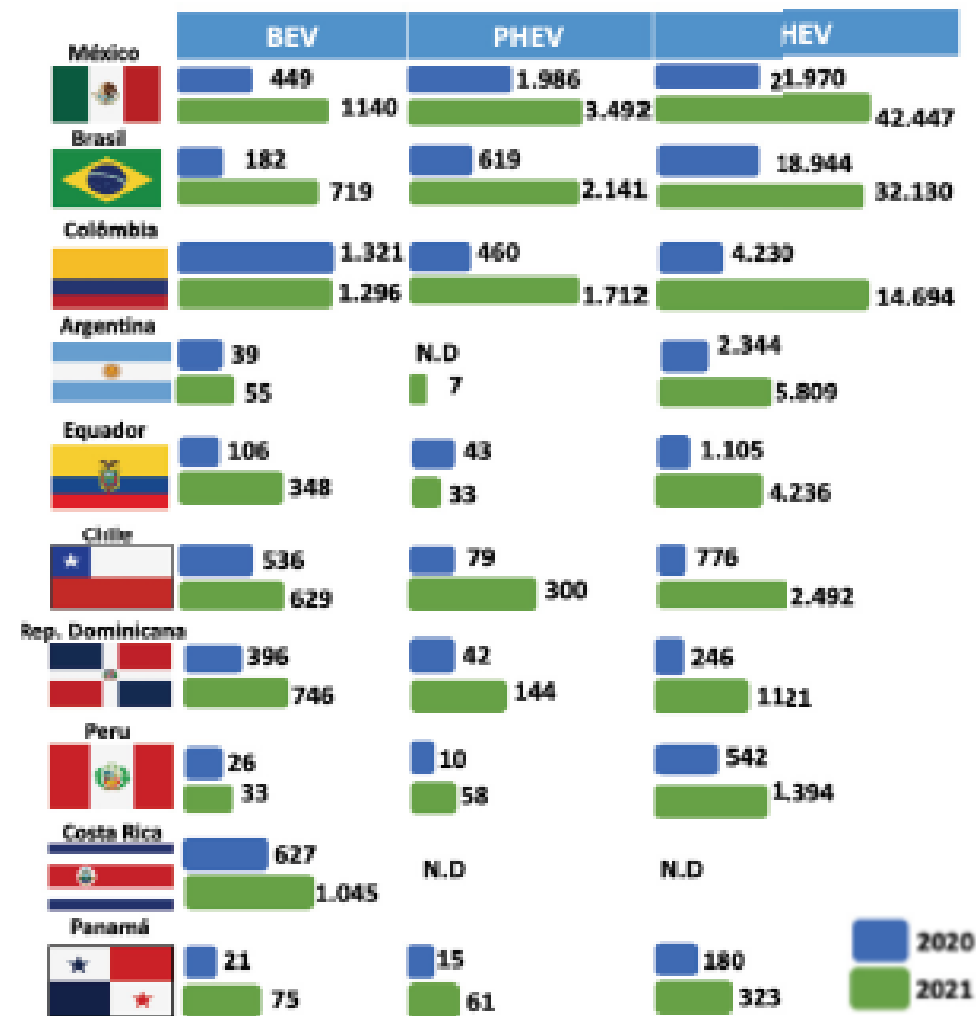
Fonte: [Anuário 2022 da PNME](#)



- As taxas de crescimento das vendas de veículos leves elétricos na América Latina são similares às registradas em países desenvolvidos. No entanto, a penetração dessa tecnologia está abaixo de 1% na região, enquanto chegou a 5% nos EUA e mais de 15% na Europa e China em 2021.
- Apesar de não haver metas no **Brasil**, licenciamentos registram **importante crescimento quantitativo e percentual**, chegando a 300% em veículos a bateria (BEV) entre 2021/2022.

## Número de veículos leves elétricos vendidos na América Latina

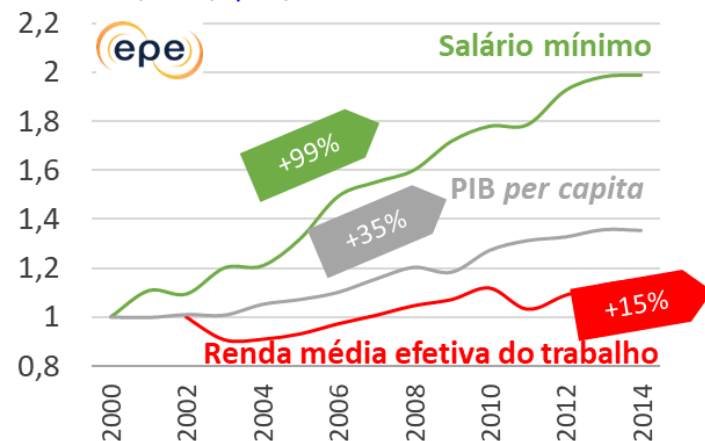
Fonte: [Anuário 2022 da PNME](#)



# Mercado automotivo se desenvolve de 2000-2014

## Indicadores macroeconômicos (ano 2000 = 1)

Fonte: EPE, [BCB](#), [Ipea](#), [IBGE](#)

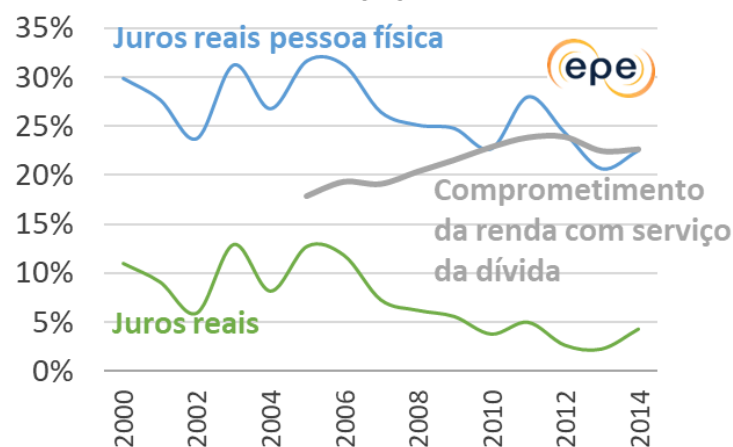


## Aquisição e financiamento de automóveis (ano 2000 = 1)

Fonte: EPE, [BCB](#), [IBGE](#)

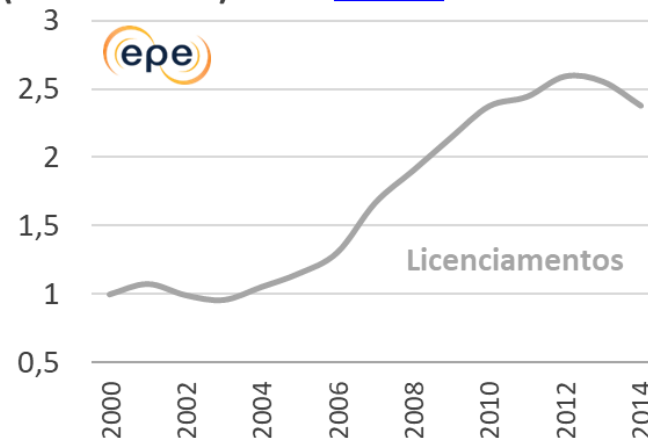


## Indicadores de crédito (%) Fonte: [BCB](#), [IBGE](#)



## Licenciamento de veículos leves (ano 2000 = 1)

Fonte: [Anfavea](#)



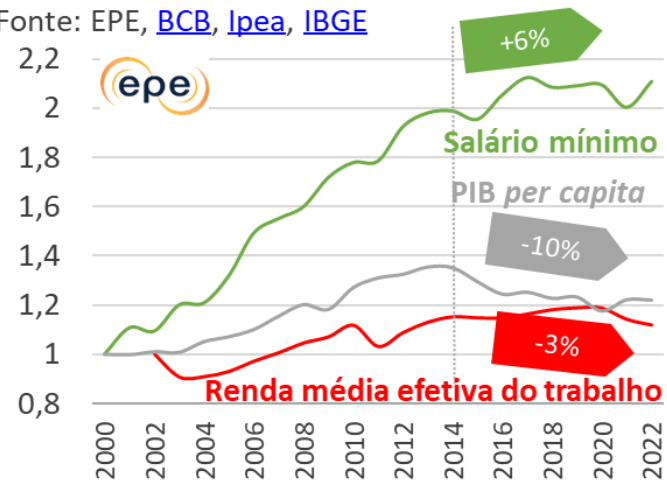
- A consolidação da **estabilização econômica** permitiu o **crescimento sustentado do PIB per capita**, da **renda do trabalho**, e do **salário mínimo**.
- A **estabilização e queda dos juros**, aliado à estabilidade dos preços reais dos **automóveis mais acessíveis**, permitiram uma **queda do valor da prestação** dos automóveis populares em relação à renda média da população.
- O aumento da renda e uma **melhor distribuição**, a **redução dos juros**, a manutenção dos preços reais dos veículos, e um aumento das **opções de financiamento** para classes antes sem acesso a crédito alavancaram as vendas.

Nota: Todos os valores são corrigidos para os valores de outubro de 2022 pelo IPCA. Todas as taxas de crescimento são reais. Prestação calculada usando Tabela Price.

# Crise e estagnação do mercado entre 2014 e 2022

## Indicadores macroeconômicos (ano 2000 = 1)

Fonte: EPE, [BCB](#), [Ipea](#), [IBGE](#)



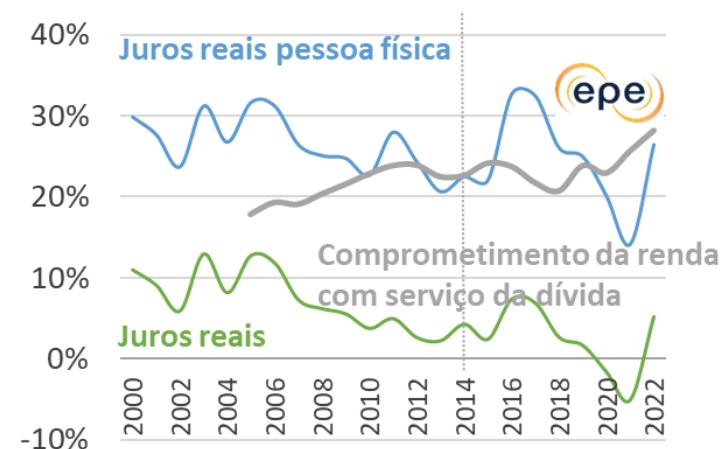
## Aquisição e financiamento de automóveis

(ano 2000 = 1) Fonte: EPE, [BCB](#), [IBGE](#)



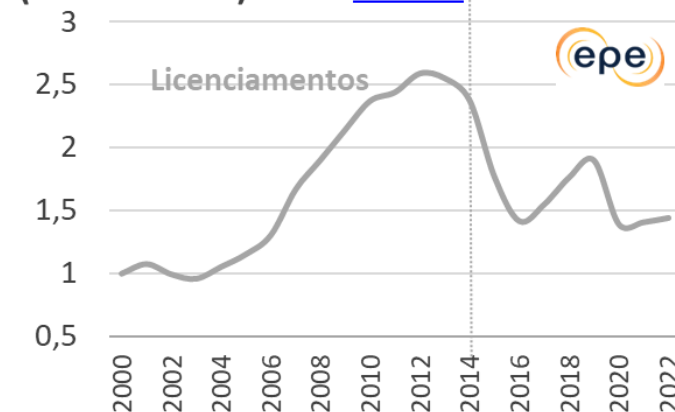
## Indicadores de crédito (%)

Fonte: [BCB](#), [IBGE](#)



## Licenciamento de veículos leves

(ano 2000 = 1) Fonte: [Anfavea](#)



- A crise econômico-financeira institucional iniciada em 2014 foi muito prejudicial para a renda e sua distribuição.
- Mesmo a redução dos juros reais não impediu o aumento do comprometimento da renda com serviço da dívida das famílias, reduzindo o seu poder de compra.
- A redução da renda das famílias coincidiu com o aumento do preço dos automóveis, parcialmente motivado pelo aumento de itens de segurança obrigatórios e de restrições mais severas às emissões.
- A pandemia e a concentração de renda contribuíram para redução nas vendas e elevação dos preços.

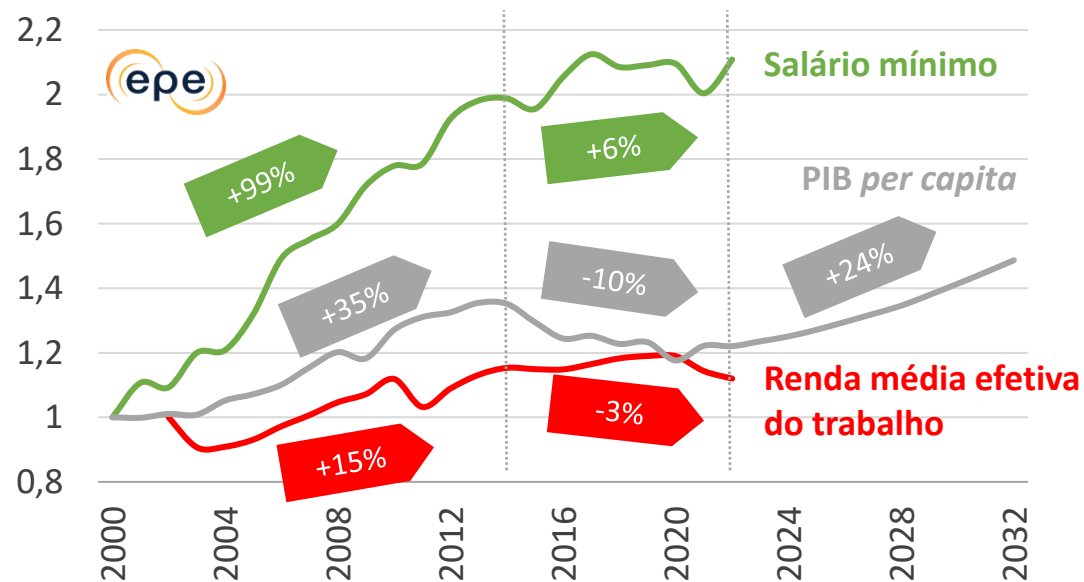
Nota: Os valores de 2022 são os registrados até outubro.



# Recuperação da renda e mercado no decênio

## Indicadores macroeconômicos (ano 2000 = 1)

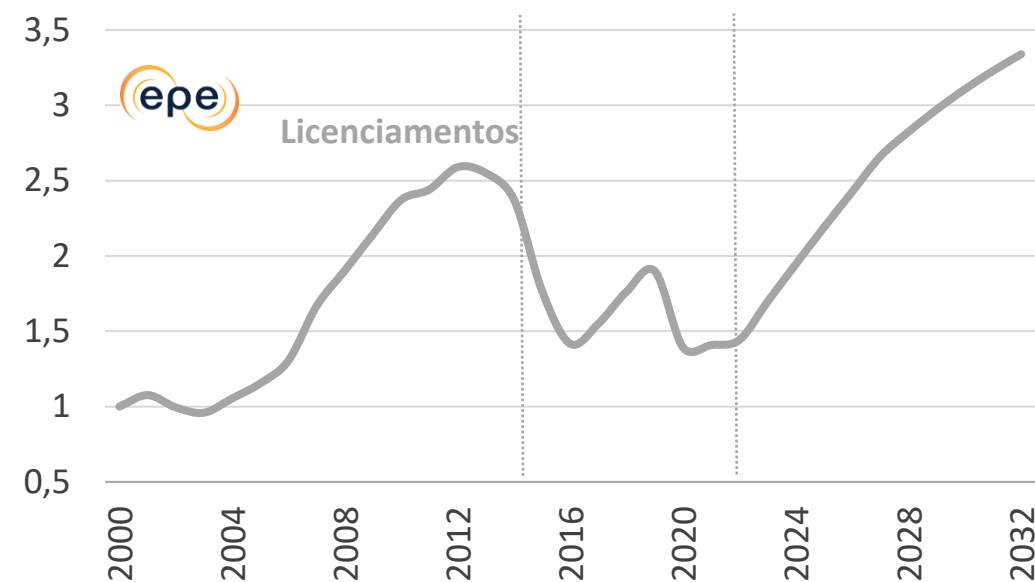
Fonte: EPE, [BCB](#), [Ipea](#), [IBGE](#)



- Projeta-se uma **volta do crescimento** ao longo do próximo decênio. O crescimento de setores domésticos como o extrativo e o agronegócio, além da volta dos setores de serviço e construção civil, são indutores do crescimento do PIB, com o **PIB per capita** ultrapassando seu recorde anterior de 2013 em 2028.

## Licenciamento de veículos leves (ano 2000 = 1)

Fonte: [Anfavea](#)



- O **crescimento da renda**, a tendência a **juros reais comedidos**, e a **reposição da frota sucateada** devem promover a **recuperação dos licenciamentos** domésticos, ultrapassando o valor máximo registrado em 2012 (3,6 milhões) já em 2027, chegando a 4,7 milhões em 2032.

 <b>BATERIAS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Desempenho</b> (capacidade de potência e quantidade de energia armazenada)</li><li>• <b>Matérias-Primas</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Autonomia, tempo de recarga e peso dos veículos</b></li><li>• <b>Disponibilidade, altos custos e fabricação doméstica</b></li></ul>
 <b>INFRAESTRUTURA</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Postos de Recarga ou Eletropostos</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Investimentos elevados</b></li><li>• <b>Arcabouço regulatório e precificação horária da energia</b></li><li>• <b>Especificações das instalações</b></li><li>• <b>Mão de obra qualificada</b></li></ul>
 <b>PREÇO</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Custo dos Veículos</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Custo de baterias</b></li><li>• <b>Investimentos em tecnologia</b></li><li>• <b>Impacto nas tarifas públicas (ônibus elétricos)</b></li></ul>

Em 2013, **130 mil veículos** vendidos (**3,6% do licenciamento** de 3,6 milhões) **premium** (>**R\$100 mil** ; R\$ 170 mil corrigido pelo IPCA).

## HÍBRIDO CERCA DE 30% MAIS CARO QUE MODELO SIMILAR



**SEDAN DE LUXO MCI**

A partir de  
**R\$ 140 mil**



**SEDAN DE LUXO HÍBRIDO**

A partir de  
**R\$ 180 mil**

## PREFERÊNCIA DO CONSUMIDOR: SEDAN DE LUXO OU COMPACTO HÍBRIDO/ELÉTRICO?



**SEDAN DE LUXO MCI**

A partir de  
**R\$ 140 mil**



**COMPACTO ELÉTRICO**

A partir de  
**R\$ 150 mil**



**SEDAN ELÉTRICO**

A partir de  
**R\$ 250 mil**

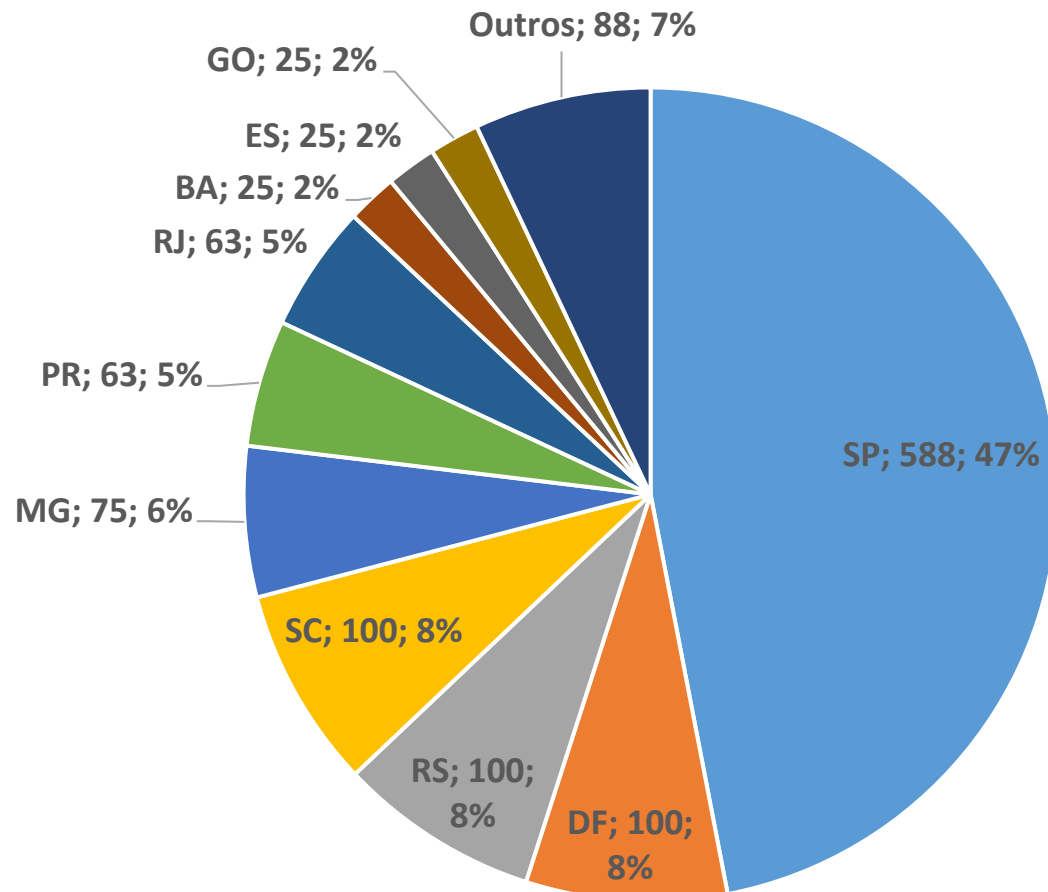
Em 2021, **120 mil veículos** (**6,5% do licenciamento** total de 1,8 milhão) **premium** (>**R\$200 mil**).

**Vendas** devem ser **inicialmente limitadas** ao mercado **premium**, e às camadas da **população com maior poder aquisitivo**.



## Distribuição da infraestrutura de recarga no Brasil (2022)

Fonte: [Anuário 2022 da PNME](#)

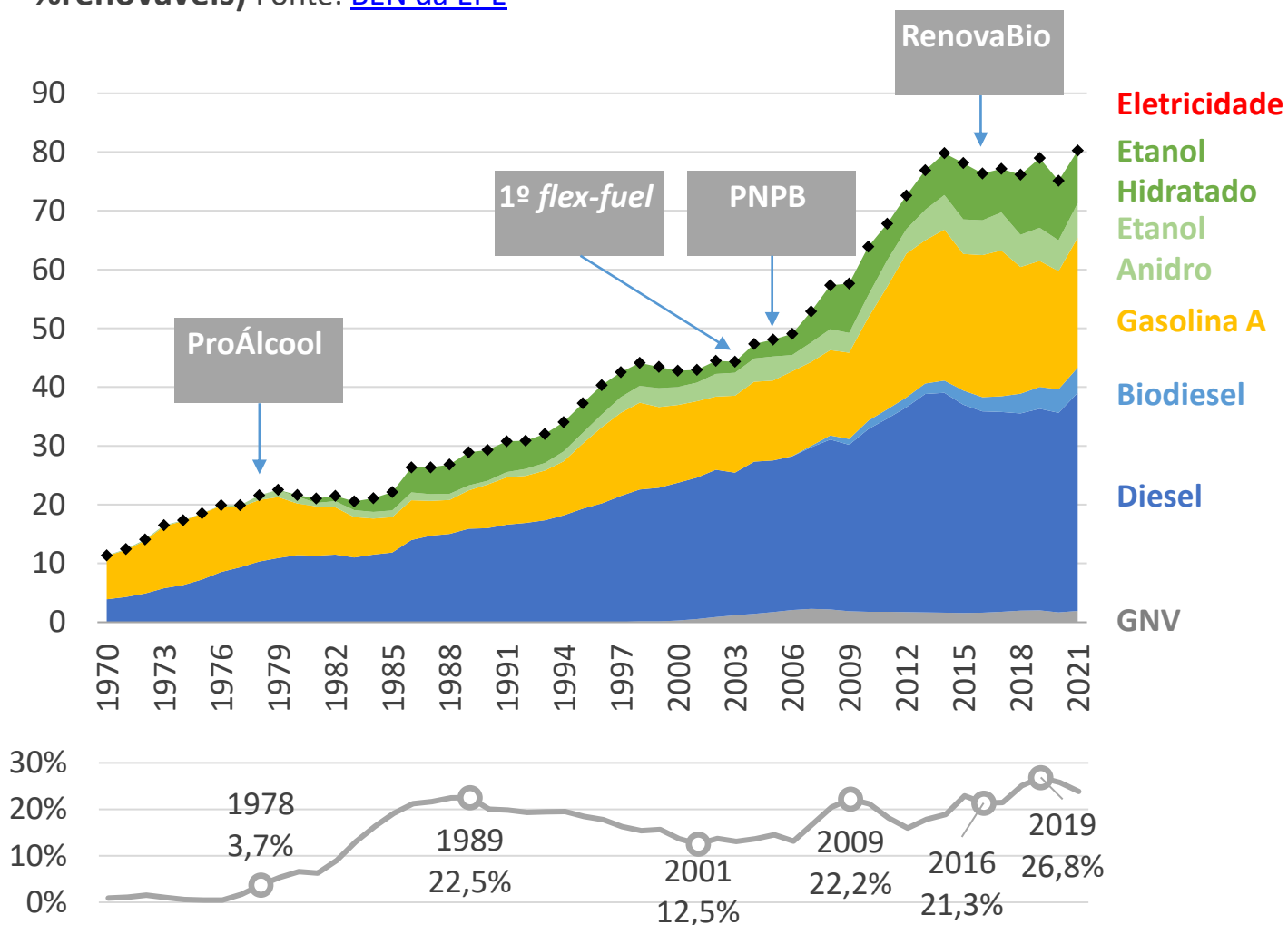


- A infraestrutura de recarga de automóveis elétricos começa a crescer no Brasil, mas ainda é  **muito concentrada no estado de SP**, e existem poucas unidades principalmente públicas, e especialmente as de carregamento rápido.
- O acesso à infraestrutura de carregamento auxilia na adoção de veículos elétricos, devendo influenciar crescentemente essa alternativa à medida em que ela ganha escala.

# Biocombustíveis são alternativa importante no Brasil



Consumo energético do transporte rodoviário (milhão tep;  
%renováveis) Fonte: [BEN da EPE](#)



Nota: Renováveis: Etanol hidratado, anidro e biodiesel.

- Disponibilidade de combustíveis renováveis domesticamente produzidos, com capacidade instalada, tecnologia *flex-fuel* disseminada, e compartilhando a infraestrutura de abastecimento dos combustíveis fósseis, permite que o País melhor gerencie o ritmo de eletrificação conforme o desenvolvimento da indústria global, sem necessidade de se comprometer com uma rota específica.
- A adoção precoce de inovações, e um *lock-in* tecnológico, implicam investimentos em tecnologias que eventualmente podem vir a ser abandonadas.
- Afetam o ritmo de adoção da eletrificação o fato do Brasil ter capacidade de produção de combustíveis renováveis e um parque fabril com capacidade para desenvolver tecnologias locais, como ocorreu com o *flex-fuel*.

## ...como da entrega em última milha

### Renault Kangoo Z.E. Maxi

400 vendidos em 2022\*



### Peugeot E-Expert

208 vendidos em 2022\*



### Citröen Ę-Jumpy

242 vendidos em 2022\*



### BYD T3

35 vendidos em 2022\*



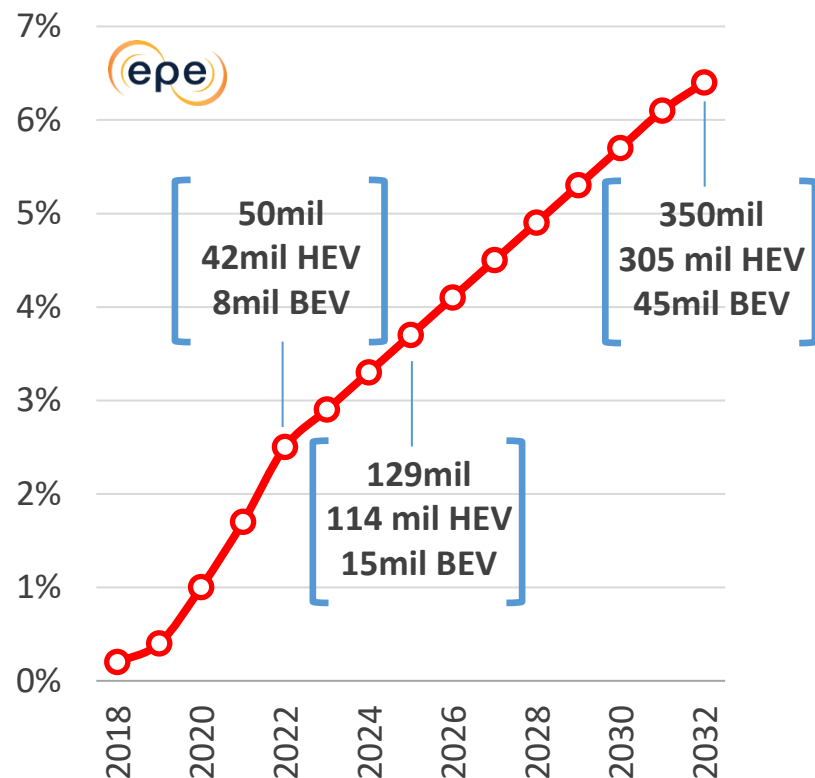
- Mesmo após o retorno das atividades presenciais, a **pandemia auxiliou na disseminação do comércio eletrônico**, que aumenta a demanda por transportes diretamente até as residências (***last-mile delivery***), efetuada principalmente por comerciais leves.
- Planos de Mobilidade Urbana devem levar a **crescentes restrições às emissões e à circulação de veículos poluentes em áreas urbanas, principalmente metrópoles**.
- **Empresas** estão sendo **pressionadas** a reduzir suas emissões devido a **compromissos ESG**, impostos pelo **mercado financeiro e consumidores**.
- **Empresas com alto consumo** podem adquirir **energia elétrica** diretamente no **mercado livre**, reduzindo o custo de combustíveis. Além disso, a **geração distribuída** pode reduzir ainda mais a pegada de carbono da empresa, **potencialmente reduzindo também o custo de combustíveis**.

Nota: ESG = Governança ambiental, social e corporativa ((*Environmental, Social, and corporate Governance*));

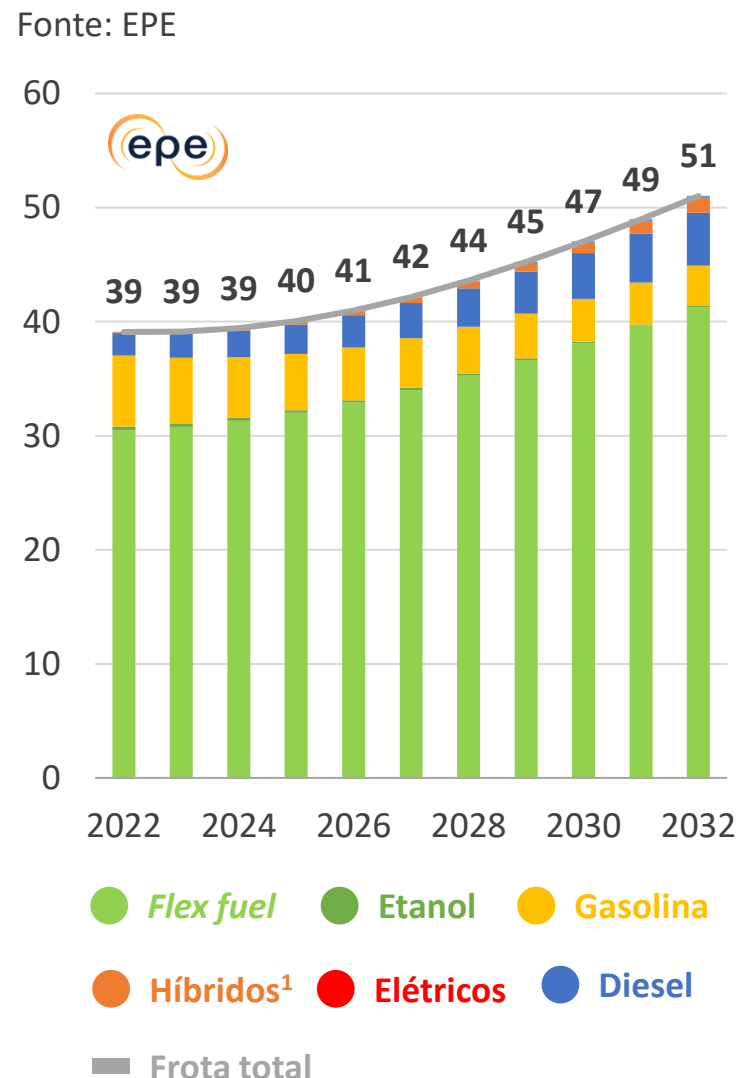
\*Vendas acumuladas até outubro ([ABVE](#));

# Projeção da frota por motorização no Brasil

## Licenciamento de veículos leves híbridos e elétricos (%) Fonte: EPE



## Frota de veículos leves por motorização (milhão de veículos) Fonte: EPE



Nota: 1 A frota de híbridos é composta em sua grande maioria de veículos *flex*. Projeta-se um frota de híbridos 97% *flex* em 2032.

- A eletrificação de veículos tem ganhado relevância no Brasil, sendo estimulada por incentivos estaduais e municipais, como a isenção de rodízio de carros, e descontos em impostos em alguns estados e municípios.
- As barreiras à entrada devem, inicialmente e em grande medida, limitar a demanda por veículos eletrificados (BEV + HEV) aos compradores do segmento premium veículos leves.
- Projeta-se uma penetração progressiva, elevando-se rapidamente na próxima década, apesar de intensidade mais forte em híbridos.
- A frota de HEV e BEV deve ultrapassar 1 milhão de unidades em 2030.

# Eletrificação de ônibus no Brasil

Eletrificação de pesados

Subsídios eletrificam ônibus na China

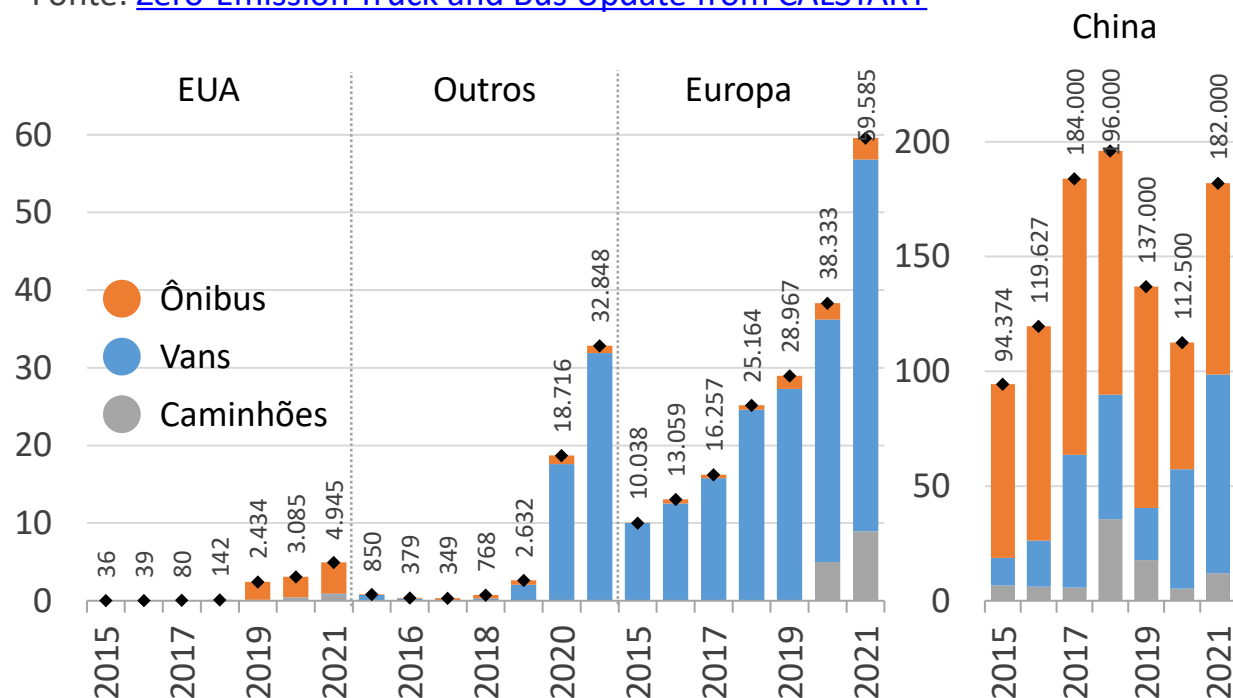
Eletrificação exigiu aumento da frota

Eletrificação de ônibus no Brasil

# Eletrificação de veículos pesados

## Vendas de veículos zero-emissões (ZEV) (mil unidades)

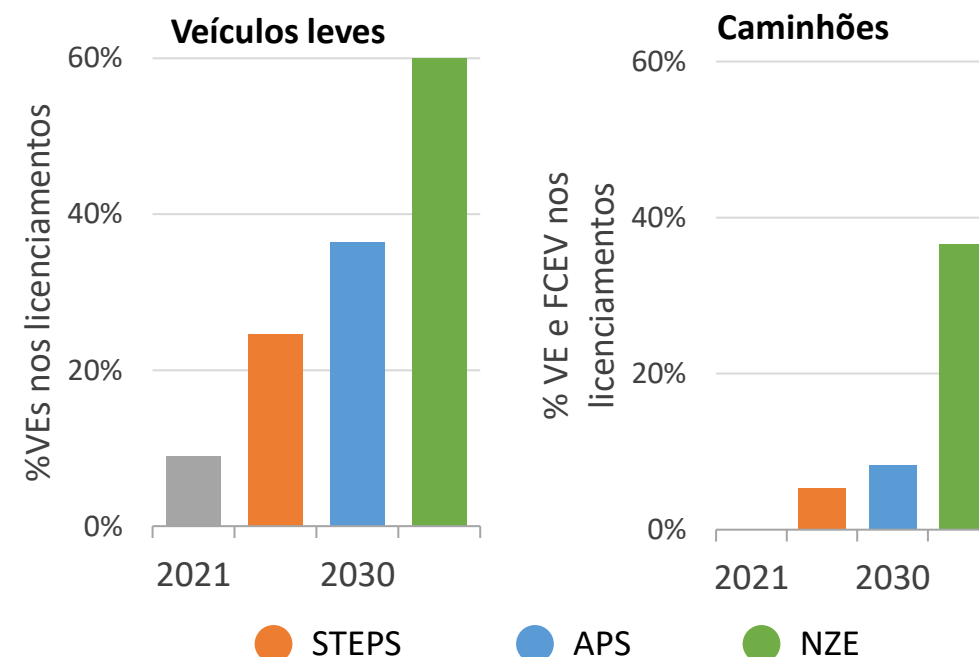
Fonte: [Zero-Emission Truck and Bus Update from CALSTART](#)



- Vendas de veículos pesados ainda não atingiram a mesma escala. **Eletrificação de ônibus está avançada na China**, e país também iniciou o processo de eletrificação de pesados. **Europa começa o movimento**, mas volumes ainda são baixos.

## Penetração de tecnologias alternativas por cenário em 2030

Fonte: [WEO da IEA](#)



- A **eletrificação de veículos pesados é um desafio** pelo **requerido tamanho e peso das baterias**, para que esses caminhões tenham a autonomia e capacidade de tração necessárias para efetuarem o mesmo trabalho.

Nota: FCEV = Veículo a célula combustível (*Fuel Cell Electric Vehicle*);  
Low Emissions inclui biocombustíveis, hidrogênio e combustíveis a base de hidrogênio.

# Subsídios ajudam a eletrificar frota de ônibus chinesa

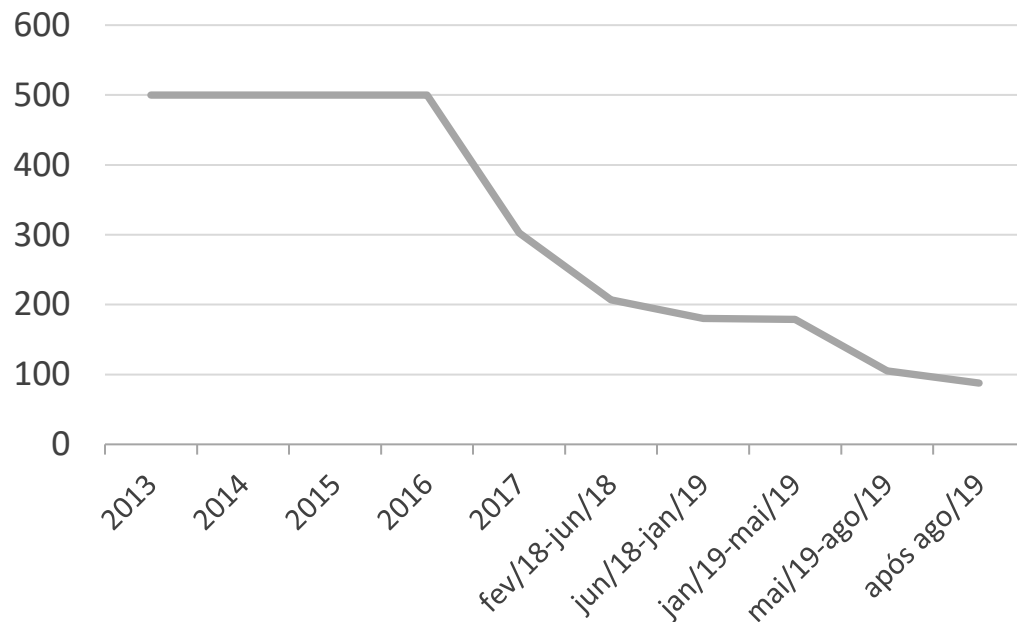


MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



## Subsídio federal para compra de ônibus elétricos (mil RMB)

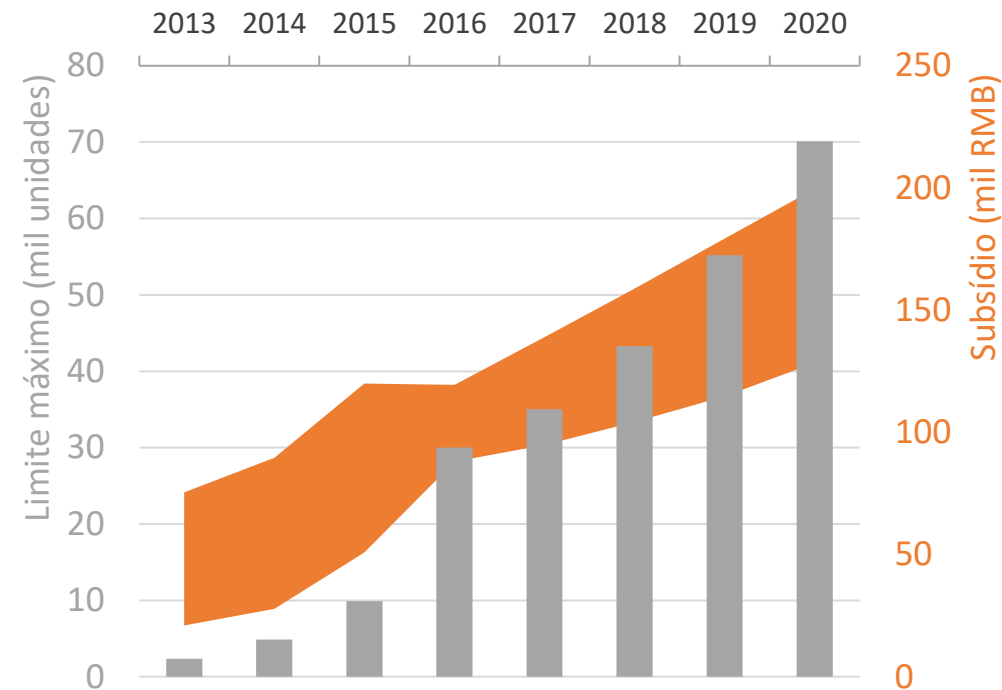
Fonte: [Operationalizing E-bus fleets in China da ITDP](#)



- **Subsídios federais** da ordem de RMB 500 mil (US\$ 72 mil) por ônibus foram acompanhados por subsídios municipais equivalentes, fazendo com que operadores efetivamente pagassem somente metade do valor do ônibus.

## Subsídios nacionais para infraestrutura de recarga em Beijing-Tianjin-Hebei, e deltas de Pearl River e Yangtze

Fonte: [Operationalizing E-bus fleets in China da ITDP](#)

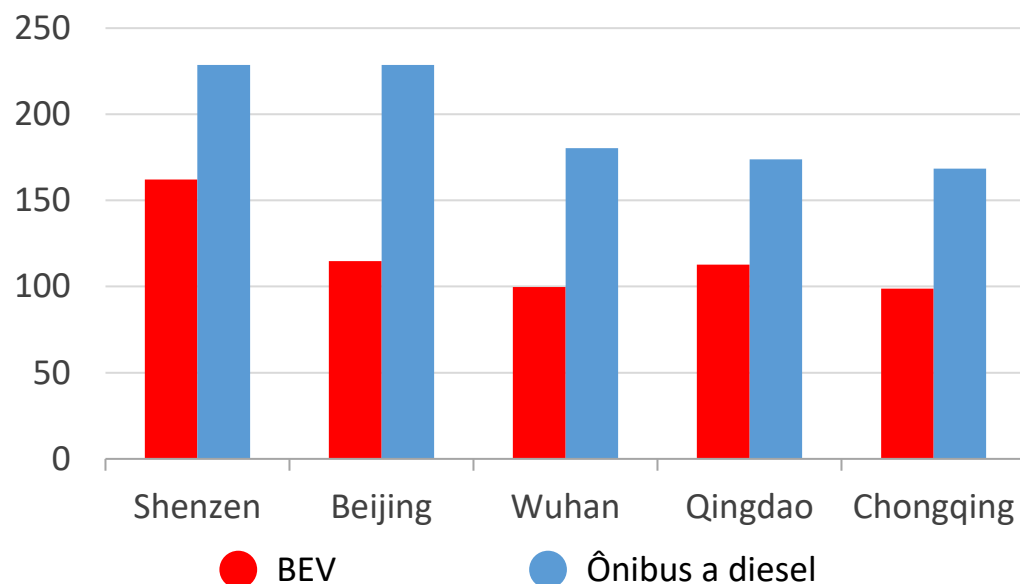


- **A partir de 2016**, governo passou a priorizar subsídios para a construção de infraestrutura de recarga para ônibus, tendo investido mais de RMB 20 bilhões (US\$ 2,9 bilhões) até 2020.

## ...exigem aumento da frota

### Quilometragem diária média por cidade e tipo de ônibus (km)

Fonte: [Operationalizing E-bus fleets in China da ITDP](#)

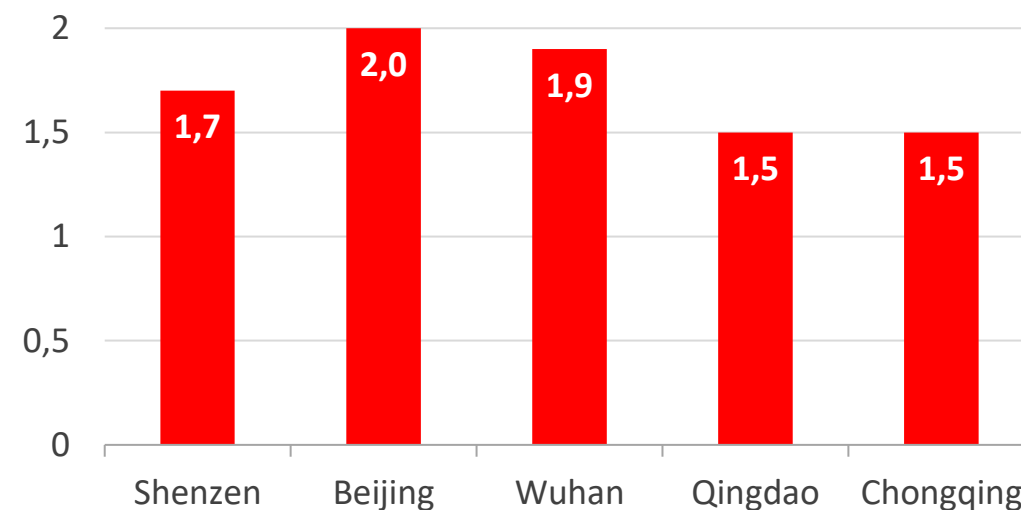


- Uma **insuficiência de carregadores rápidos e pantográficos\***, devido ao alto investimento inicial, e apesar dos subsídios, **exigiu uma redução na quilometragem diária** dos elétricos em relação aos movidos a diesel.

Nota: \*O carregamento pantográfico conecta os ônibus ao ponto de recarga via a elevação de um conector presente no teto do ônibus, permitindo o carregamento durante as paradas.

### Aumento da frota de ônibus quando da eletrificação total de cidades selecionadas

Fonte: [Operationalizing E-bus fleets in China da ITDP](#)

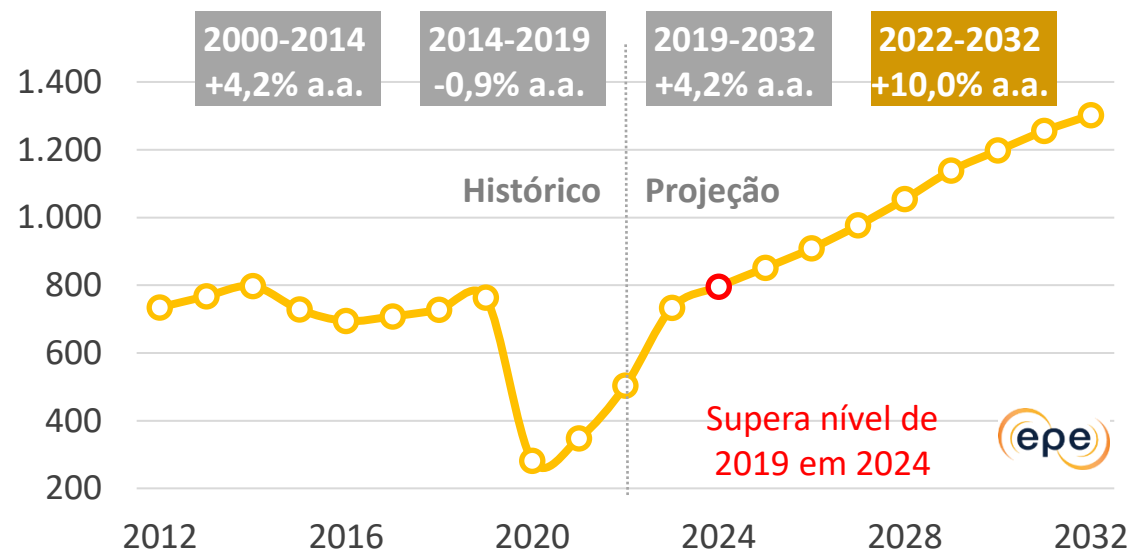


- **Importantes cidades na China tiveram que aumentar suas frotas em 50%-100%**. No entanto, **planos otimizados de rotas e carregamento** para ônibus elétricos antes de sua compra, **podem mitigar parcialmente esse aumento**, porém com um **custo inicial ainda mais elevado**.



# Demanda por ônibus

## Atividade de ônibus no Brasil (bilhão passageiros-quilômetro) Fonte: EPE

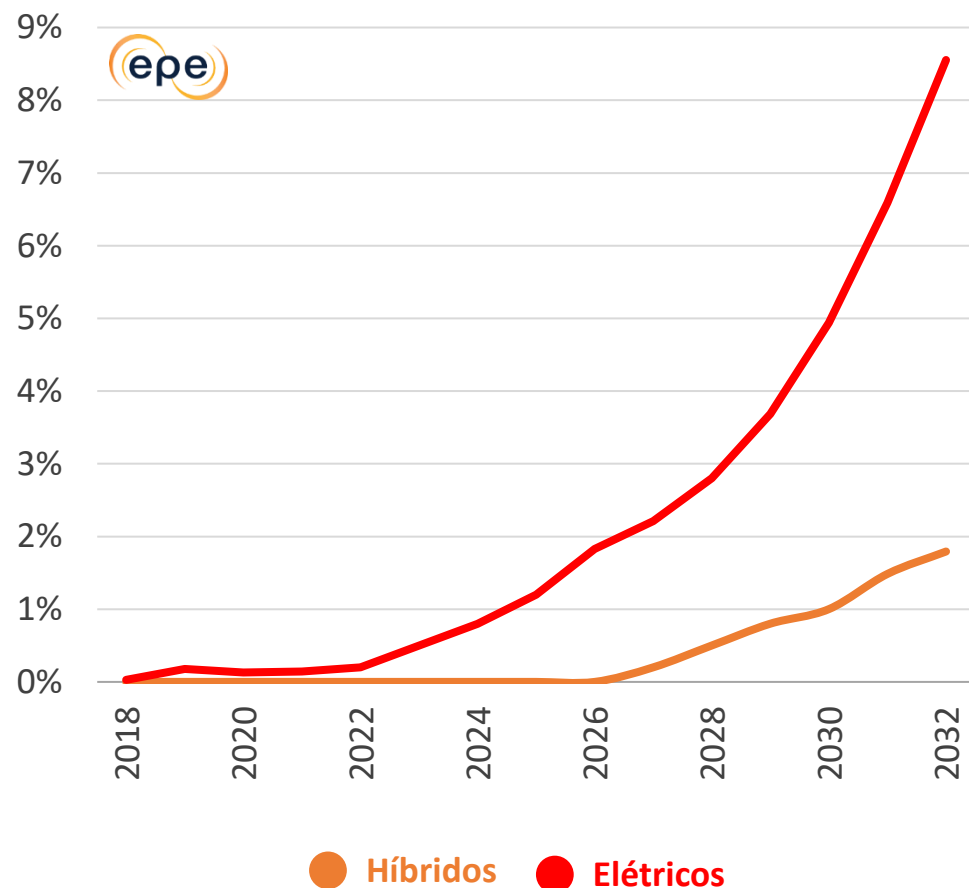


- O transporte representou **14,6% das despesas média mensal familiar** em 2017-2018 ([IBGE](#)). A **tarifa do ônibus em São Paulo**, de R\$ 4,83, representa **16% do salário mínimo** se considerarmos idas e voltas diárias ao local de trabalho ([SPTrans](#)).
- A **eletrificação do transporte tende a requerer um aumento das tarifas de transporte público**, em função do maior preço de aquisição dos veículos, dos investimentos iniciais em infraestrutura de recarga, e do aumento da frota para o caso de a cidade adotar a eletrificação completa de sua frota.

- Projeta-se a **retomada** tanto do crescimento do **PIB per capita**, como do emprego e da distribuição de renda para a próxima década. Isso deve influenciar na **recuperação da demanda por transporte de passageiros**, que cresceu 4,8% a.a. entre 2000 e 2014, estagnou entre 2014 e 2019, e agora deve tornar a crescer **3,1% a.a. entre 2019 e 2032** ([EPE](#)).
- Apesar do crescimento das vendas de **veículos leves novos**, a atividade desses deve aumentar somente em **2,0% a.a.**, levando a um **crescimento do atendimento da demanda por mobilidade da população por ônibus**, que deve registrar um crescimento de **4,2% a.a.** ([EPE](#)). Isso deve necessitar um **aumento da frota de 41%**.

## Licenciamento de novos ônibus híbridos e elétricos (%)

Fonte: EPE a partir de [Anfavea](#)



- Cada vez mais cidades estão se comprometendo com a adoção de ônibus com menores emissões. A **compra de ônibus elétricos a bateria (BEV)** tem sido **anunciada por diversas cidades brasileiras**, como [São Paulo](#), [São José dos Campos](#), [Salvador](#) e [Curitiba](#).
- Espera-se que os **ônibus híbridos** liderem as participações para **aplicações não urbanas e para cidades menores**. Além disso, projeta-se que parte dos BRTs (*Bus Rapid Transit*) serão elétricos.
- A **eletrificação ainda tem barreiras significativas no curto prazo**, em função do **preço de aquisição** dos ônibus e da **infraestrutura de carregamento**, o que **restringe o número de municípios** propensos a adotar essa tecnologia no curto prazo.
- Apesar disso, **pressões pela descarbonização devem acelerar a penetração de ônibus elétricos**, especialmente em algumas capitais. Política Nacional de Mobilidade Urbana levou à elaboração de Planos de Mobilidade Urbana ([MDR](#)), que preveem reduções das emissões e de poluentes locais. A adesão de algumas cidades brasileiras ao [C40](#) também pode acelerar a implementação de políticas para reduzir as emissões.

# Eletrificação de caminhões no Brasil

Subsídios para eletrificação

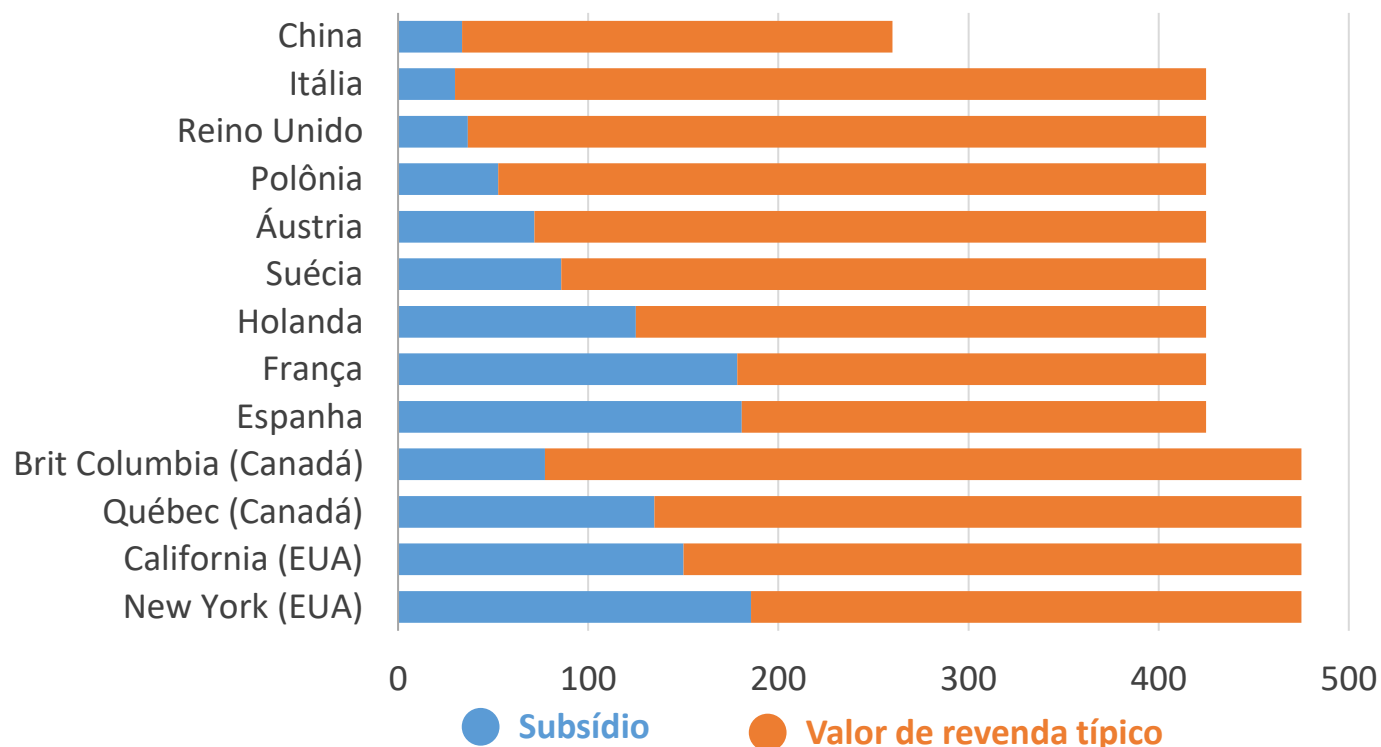
Motorização alternativa no Brasil

Caminhões leves

Caminhões pesados

## ...especialmente em regiões com subsídios

Subsídios para a compra de caminhões pesados em jurisdições selecionadas em 2021 e valores de venda (mil US\$) Fonte: [EV Outlook 2022 da IEA](#)



- Existem menos de 60 mil caminhões elétricos no mundo, sendo que 20 mil unidades foram vendidas em 2021. 90% desses na China, com a maioria com PBT variando de 3,5 a 8 toneladas ([ICCT](#))

- O número de modelos médios e pesados de caminhões elétricos começou a crescer ao longo dos últimos anos, e somente em alguns países. O número de modelos disponíveis globalmente aumentou em 50% somente em 2022, de 190 para 290 ([CALSTART](#)).
- Caminhões elétricos pesados ainda estão em estágios finais de testes, e a maior parte das vendas atuais concentram-se em caminhões leves e médios em jurisdições com algum tipo de subsídio, como nos EUA, Europa, Canadá e China.
- Além da autonomia e peso da bateria, o preço também é um entrave, o que explica a concessão de subsídios que podem chegar a mais de um terço do valor do veículo elétrico.

- Caminhões com motores de combustão interna, movidos a óleo diesel, deverão se manter predominantes.
- Projeta-se, porém, a **penetração gradual de caminhões elétricos, híbridos e a gás natural** na frota brasileira ao longo do horizonte decenal.
- Esse **movimento** tem se **intensificado nos últimos anos**, a partir da maior mobilização de empresas e governos em estratégias e iniciativas de sustentabilidade.
- As vendas de caminhões e ônibus elétricos e a GNV passaram de poucas dezenas em 2020, para 408 em 2021, e 1004 até novembro de 2022 ([Anfavea](#)).

## — Caminhões elétricos — BEV



Maior foco de elétricos e híbridos em nichos de mercado, como entregas comerciais em centros urbanos (“*last mile delivery*”) e em frotas dedicadas de serviço público (ex. coleta de lixo).

Modelo e-Delivery da Volkswagen, cuja **produção comercial em larga escala foi iniciada em junho/21**, possui 1.600 unidades encomendadas pela Ambev para serem entregues até 2023, e mais de 500 unidades vendidas em 2022.

## — Caminhões híbridos — HEV e PHEV



Atualmente não há no Brasil comercialização de modelo híbrido e nenhum anúncio de lançamento. Assume-se que a sua penetração ocorrerá em momento posterior, iniciando-se em torno da metade da década de 2020.

## — Caminhões a gás — GNC e GNL



**Comercialização** de caminhões a gás no Brasil foi **iniciada** pela Scania em **2020**, com foco em pesados.

Considera-se maior penetração nas categorias semipesados e pesados, e entrada mais acelerada de modelos a GNC do que a GNL.

Circulação limitada a regiões em que haja razoável oferta e infraestrutura de GNC/GNL.

## — Caminhões a célula combustível — FCEV



Apesar do desenvolvimento de diversos protótipos nos últimos anos e o início da produção comercial em alguns países, não foi considerada a entrada significativa de caminhões a célula combustível no Brasil, inclusive aqueles movidos a hidrogênio ou etanol, no horizonte decenal.

# Motorização alternativa: caminhões semileves a médios

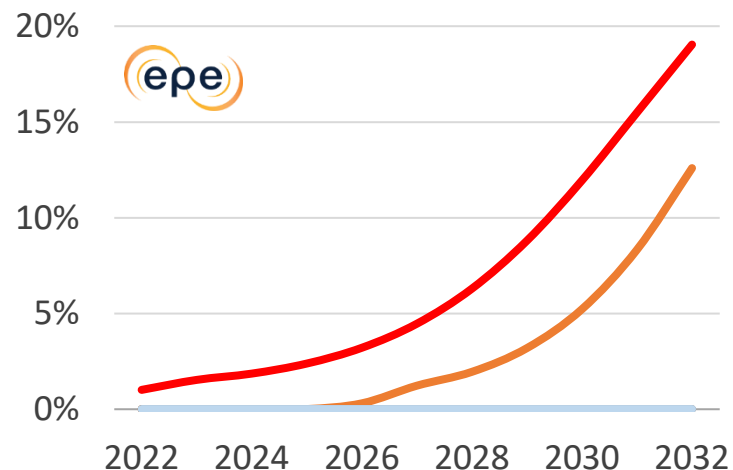


MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



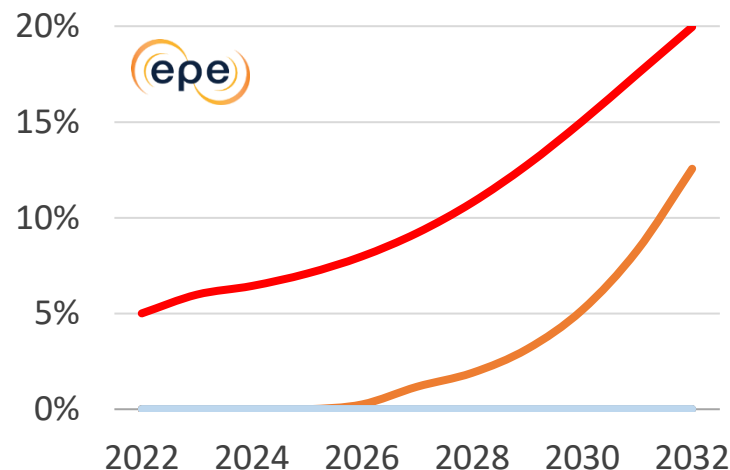
## Penetração de motorizações alternativas no licenciamento de novos caminhões semileves (%)

Fonte: EPE



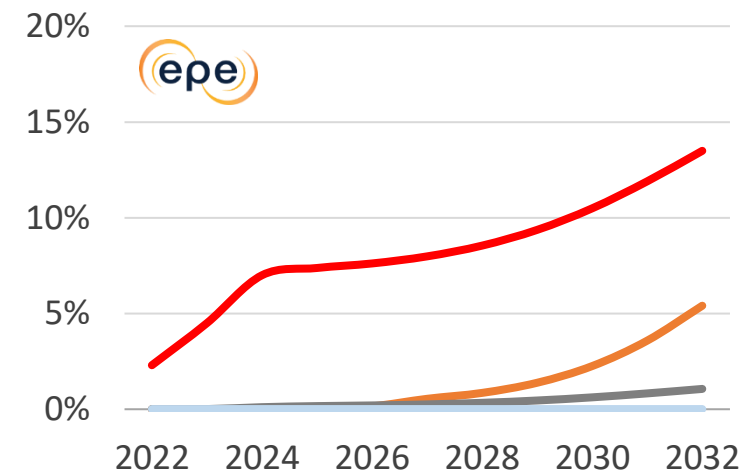
## Penetração de motorizações alternativas no licenciamento de novos caminhões leves (%)

Fonte: EPE



## Penetração de motorizações alternativas no licenciamento de novos caminhões médios (%)

Fonte: EPE

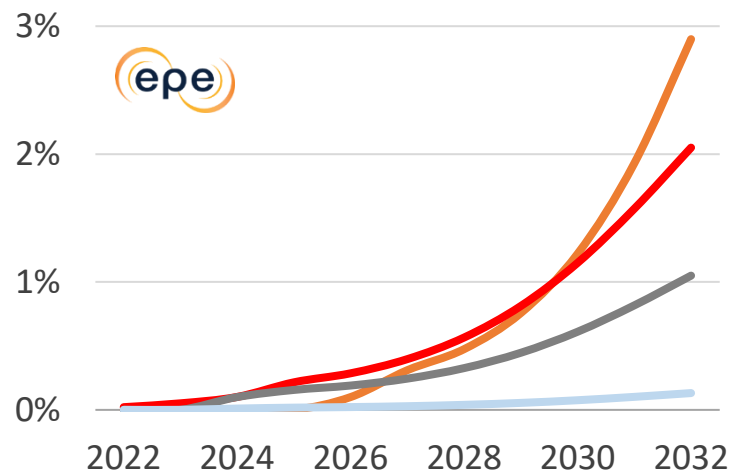


- Restrições à circulação de veículos poluentes em ambientes urbanos estimulam a **eletrificação** das **entregas** entre centros de distribuição e o varejo, mas também das entregas diretamente ao cliente final (*last-mile delivery*).
- Pressões ESG e a possibilidade de negociar a **compra de eletricidade no mercado livre**, além da possibilidade de **geração distribuída**, também estimulam a adoção de caminhões elétricos.
- Possibilidade de **recarregar baterias durante carga, descarga e à noite** otimiza utilização.



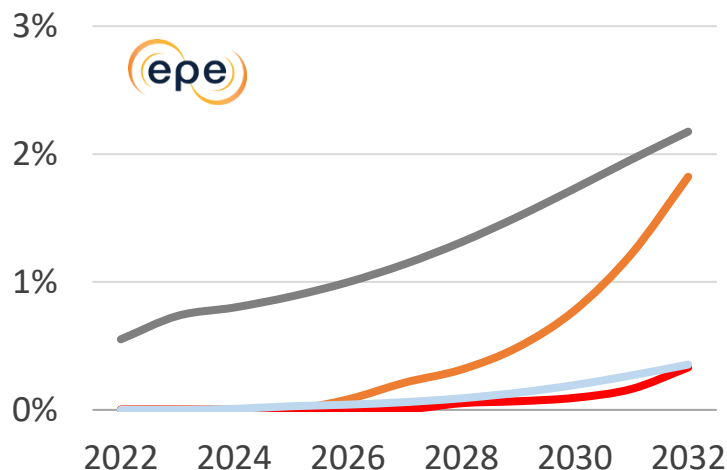
## Penetração de motorizações alternativas no licenciamento de novos caminhões semipesados (%)

Fonte: EPE



## Penetração de motorizações alternativas no licenciamento de novos caminhões pesados (%)

Fonte: EPE



- Híbridos (HEV)
- Elétricos (BEV)
- Gás natural comprimido (GNC)
- Gás natural liquefeito (GNL)

- Para veículos maiores, o **peso das baterias torna a eletrificação mais difícil e cara**, restringindo sua aplicação para distâncias menores.
- O licenciamento de veículos pesados a gás natural cresce significativamente, mas a disponibilidade de infraestrutura de abastecimento limita o aumento de sua participação.
- Hibridização é uma alternativa crescentemente interessante, especialmente devido ao aumento das restrições às emissões.
- Em prazos mais longos, investimentos em portos, ferrovias e células a combustível podem reduzir a dependência do óleo diesel.



# Destques e Considerações Finais

- A **eletrificação de veículos avança rapidamente** no mundo, atingindo participações significativas nos licenciamentos totais em alguns importantes mercados. A disponibilidade de novos modelos, a redução dos preços, pressões ESG e regulatórias, subsídios, investimentos e questões de segurança energética viabilizaram as vendas e **devem continuar acelerando a penetração de veículos elétricos na próxima década**.
- Essa aceleração nas vendas deve fazer a demanda por baterias se multiplicar, evidenciando problemas como, a potencial escassez de oferta minerais, sua alta concentração geográfica e os riscos geopolíticos associados à sua exploração, além da elevada demanda de água na produção em localidades vulneráveis a **estresse hídrico**. Esses condicionantes **contribuem para elevar custos** em um cenário de entrada acelerada de energias renováveis.
- **O desequilíbrio entre oferta e demanda de materiais e de baterias** começam a se **refletir nos preços**, dificultando a adoção generalizada e maciça de elétricos. A **dificuldade de financiar governos** devido à perda dos tributos sobre combustíveis fósseis, e o **custo da infraestrutura** de recarga e da rede elétrica também são **desafios**.

- Um dos **principais vetores** internacionais para **entrada de veículos elétricos** compreende a **redução das emissões** no transporte que, no **caso brasileiro**, é **contemplada pela presença significativa de biocombustíveis** na matriz rodoviária.
- A **frota brasileira se expandiu** significativamente **no começo do século XXI**, auxiliada pela estabilização econômica, que permitiu o crescimento e uma melhor distribuição da renda no contexto de uma redução estrutural dos juros e da inflação. A queda da prestação frente à renda média permitiu uma **popularização do automóvel**, e o aumento dos licenciamentos. O **mercado premium** também cresceu no Brasil, mas **nunca superou 6% das vendas**.
- **Veículos elétricos** enfrentam **barreiras à entrada**, particularmente em relação à **autonomia** e ao **custo das baterias**, à disponibilidade e ao investimento requerido em **infraestrutura**, e ao **preço dos veículos**. Licenciamentos de **eletrificados** devem ser **inicialmente limitados aos segmentos de maior renda**, mas espera-se uma **contínua expansão** do mercado, se aproximando de **7% dos licenciamentos em 2032**.
- Eletrificação deve avançar em nichos, como a entrega em última milha por comerciais leves e **caminhões leves (20% de penetração)**, e os ônibus urbanos, devido a restrições ambientais e pressões ESG sobre empresas. Para **caminhões semipesados e pesados, alguns nichos podem ser eletrificados**. No entanto, **tecnologias híbridas e a gás natural** devem se **expandir mais**, com manutenção do domínio da **combustão do diesel (95% das vendas em 2032)**.



[www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)

**Diretora**

Heloisa Borges Bastos Esteves

**Coordenação Técnica**

Angela Oliveira da Costa  
Marcelo C. B. Cavalcanti

**Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis**

**Equipe Técnica**

Bruno R. L. Stukart  
Carlos Augusto Góes Pacheco  
Celline Bernardo dos Santos  
Filipe de Pádua F. Silva

Gabriel da Silva Azevedo Jorge  
Marina Damiano Besteti Ribeiro  
Patrícia Feitosa B. Stelling  
Rachel Martins Henriques  
Rafael Barros Araujo

**EPE - Empresa de Pesquisa Energética**

Praça Pio X, n. 54 - 2º andar  
Centro - Rio de Janeiro/RJ  
20.090-040



Empresa de Pesquisa Energética



@EPE.Brasil



@EPE.Brasil



@EPE.Brasil



@EPEBrasil

