



cpee

PROF. URBANO ERNESTO STUMPF



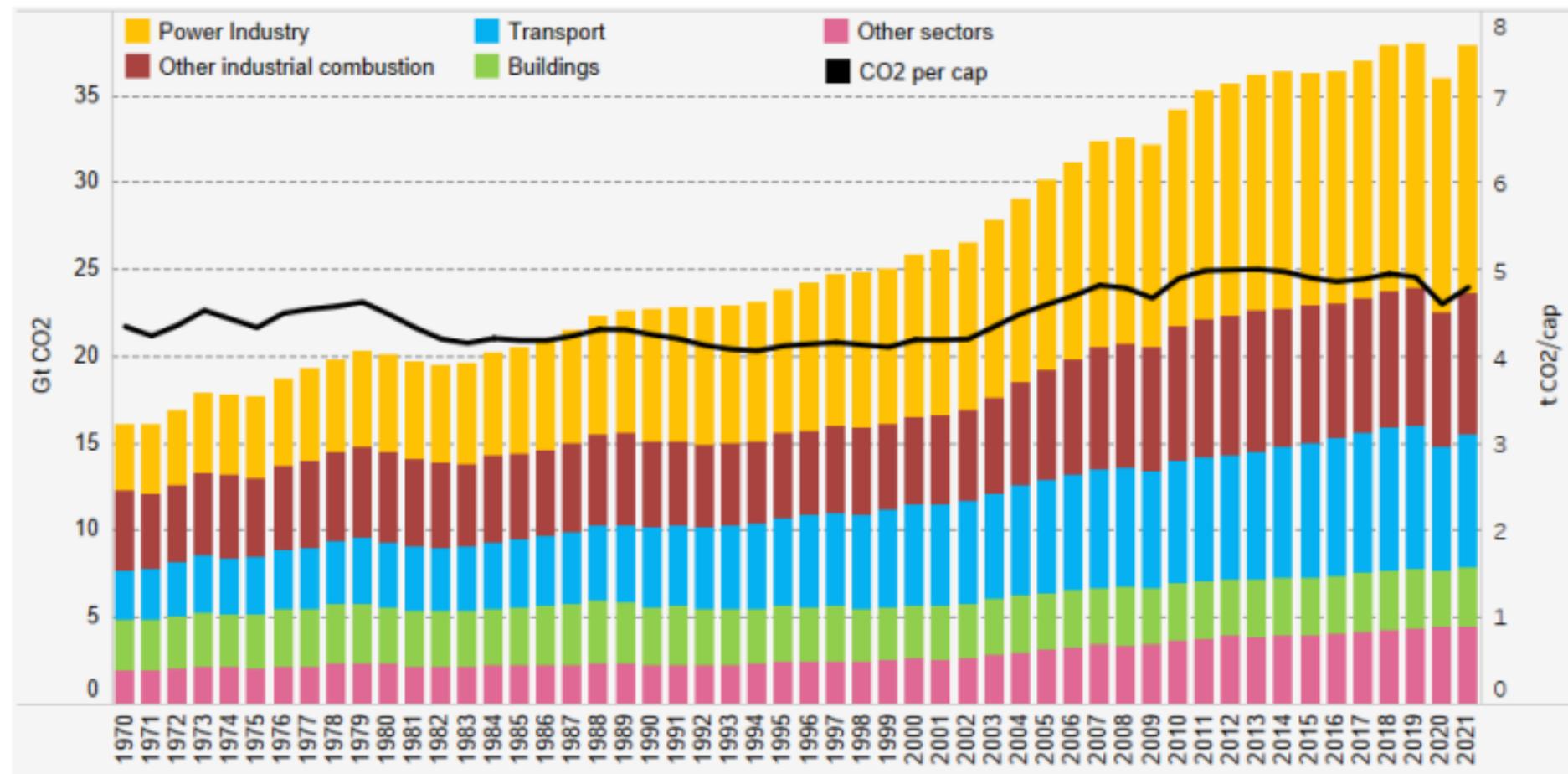
USP



Preocupações atuais:

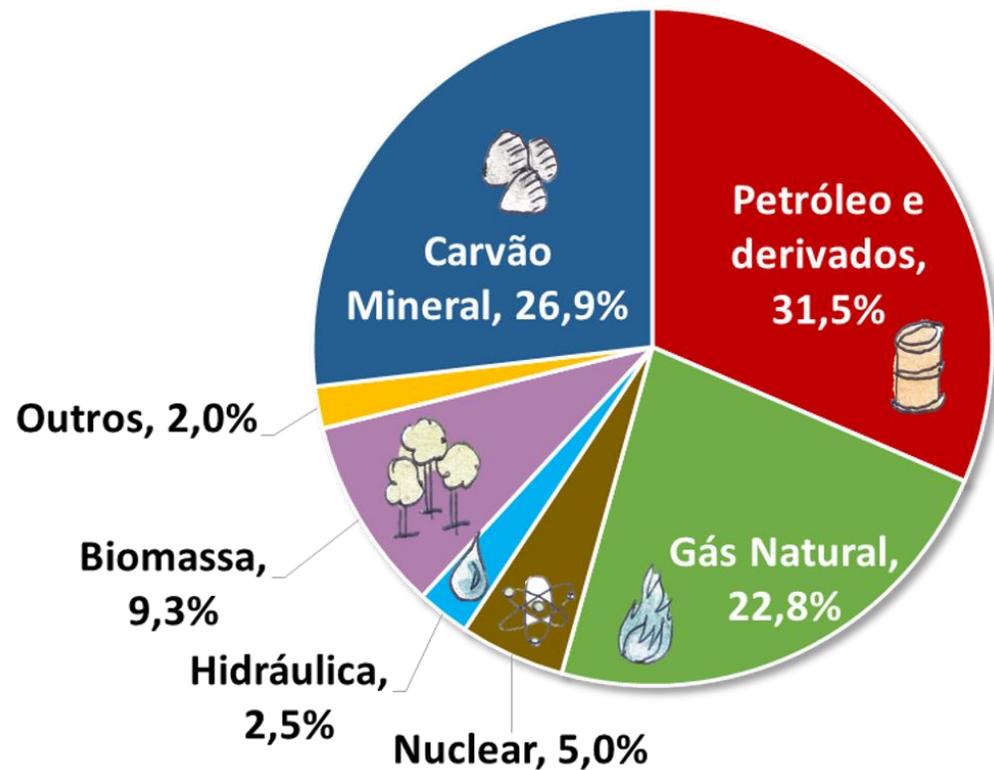
- Aquecimento global (emissões de gases de efeito estufa, principalmente CO₂)
- Poluição em grandes centros (emissão de gases CO, HC, NO_x e material particulado)
- Eficiência energética (consumo de energia)

Emissões de CO2 por setor (Europa, EUA, China, Russia, India e Japão)

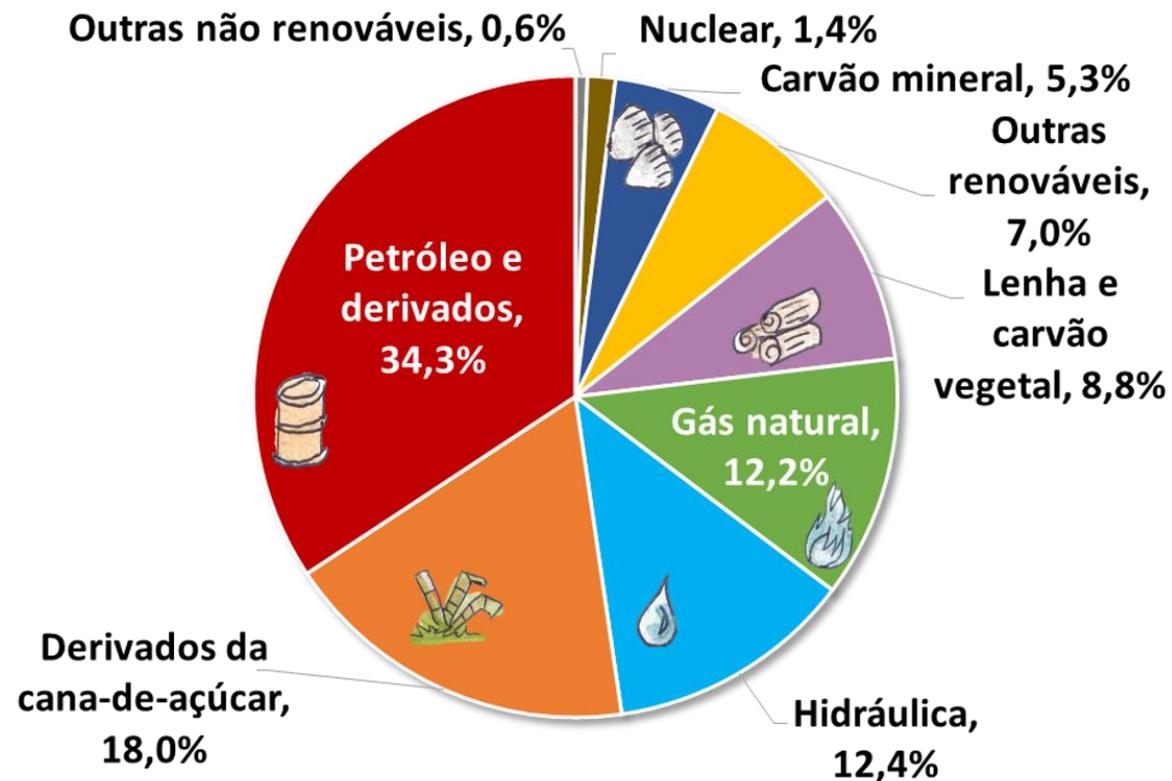


Fonte: Crippa M., Guizzardi D., Banja M., Solazzo E., Muntean M., Schaaf E., Pagani F., Monforti-Ferrario F., Olivier, J.G.J., Quadrelli, R., Risquez Martin, A., Taghavi-Moharamli, P., Grassi, G., Rossi, S., Oom, D., Branco, A., San-Miguel, J., Vignati, E. CO2 emissions of all world countries – JRC/IEA/PBL 2022 Report, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/07904, JRC130363.

Matriz energética mundial (IEA, 2020)

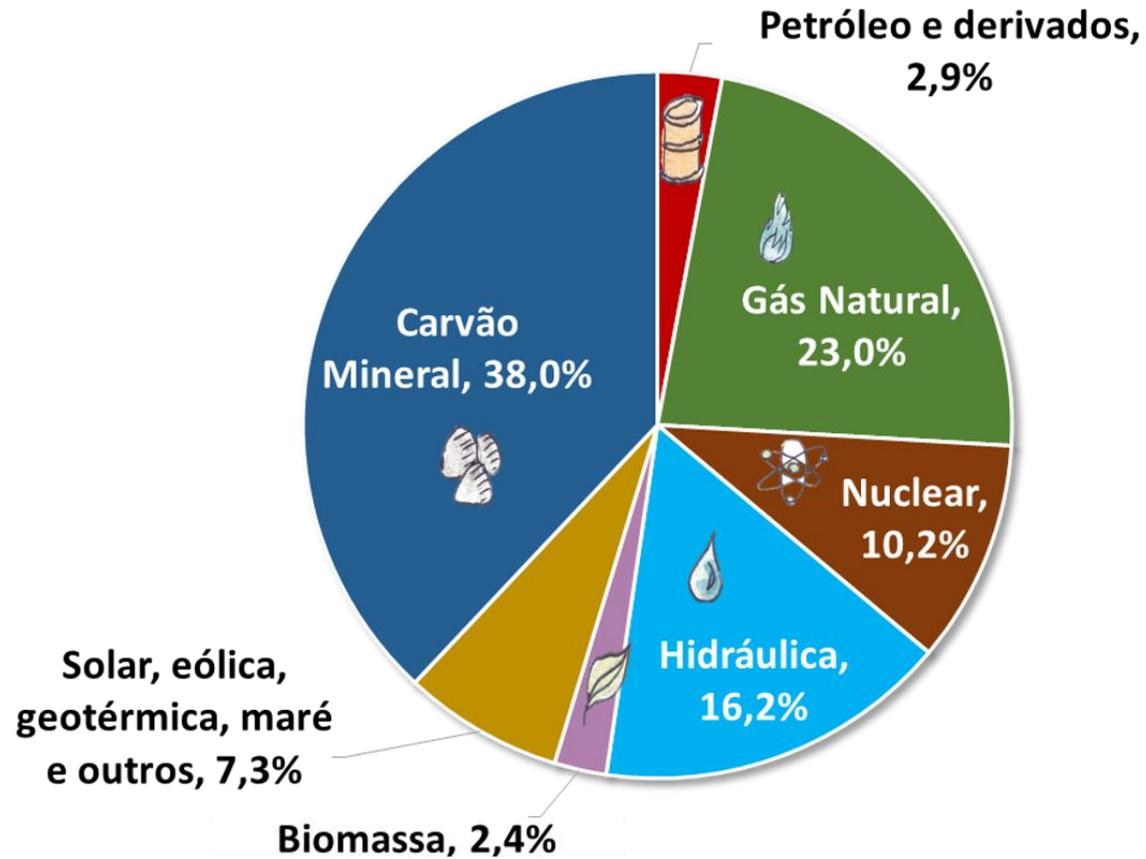


Matriz energética brasileira (BEN, 2020)

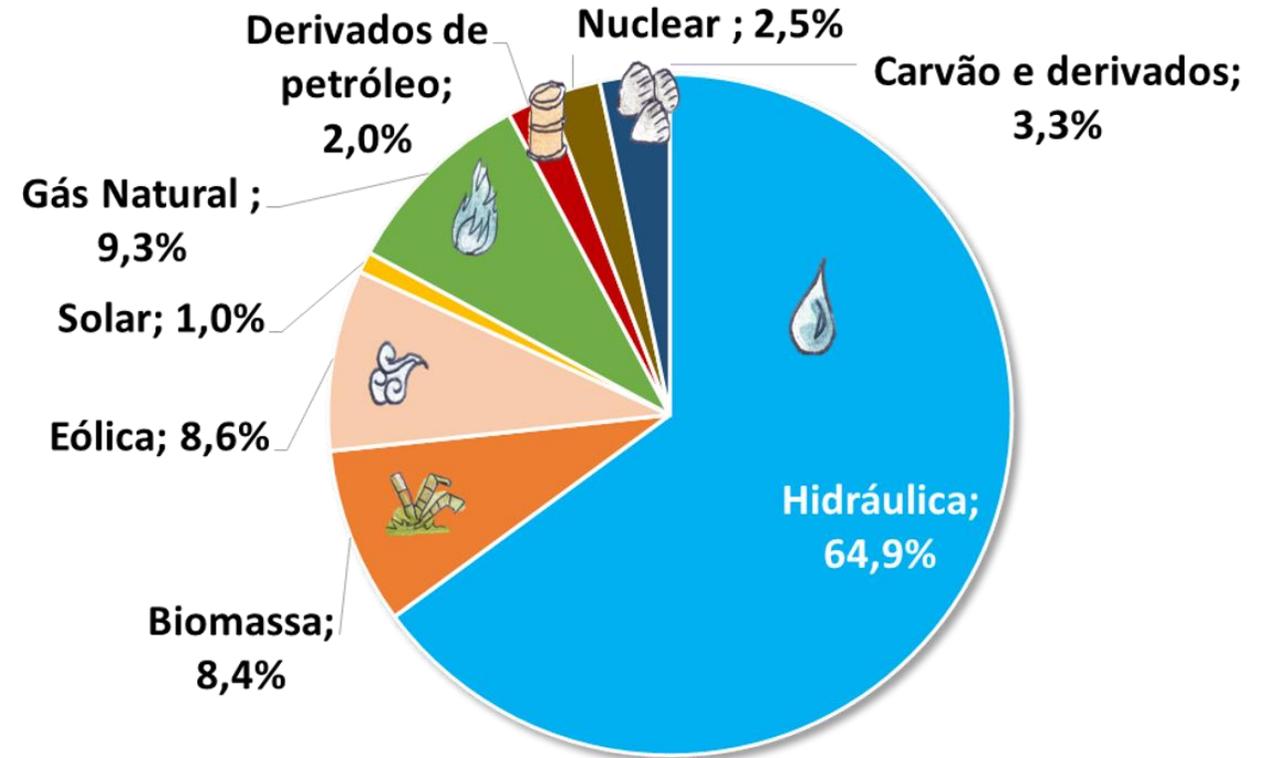


Fonte: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>

Matriz elétrica mundial (IEA, 2020)

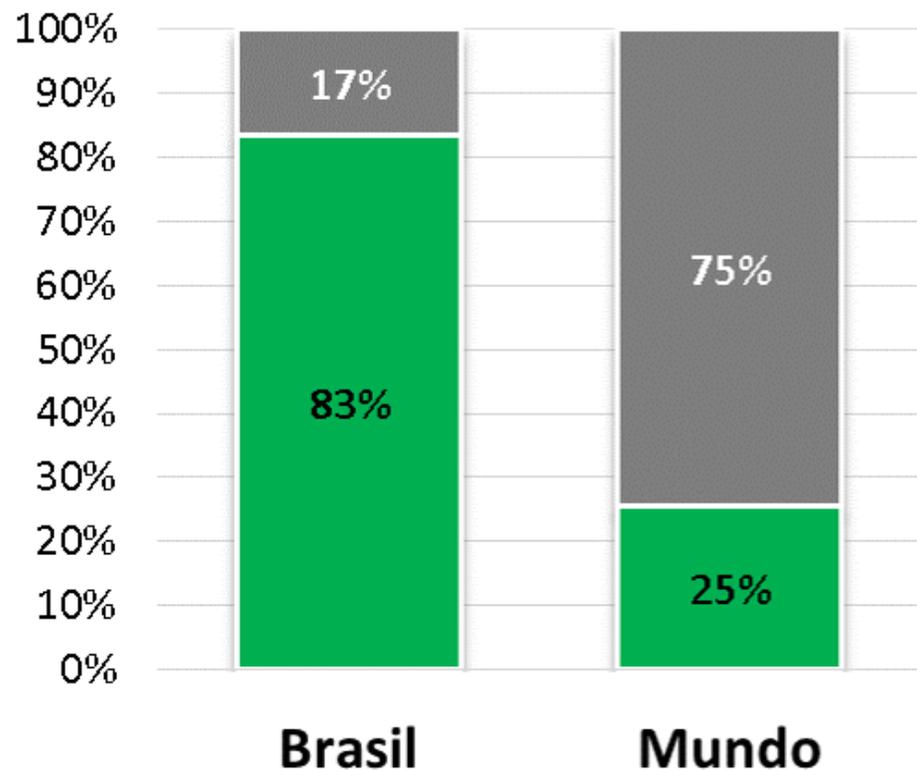


Matriz elétrica brasileira (BEN, 2020)

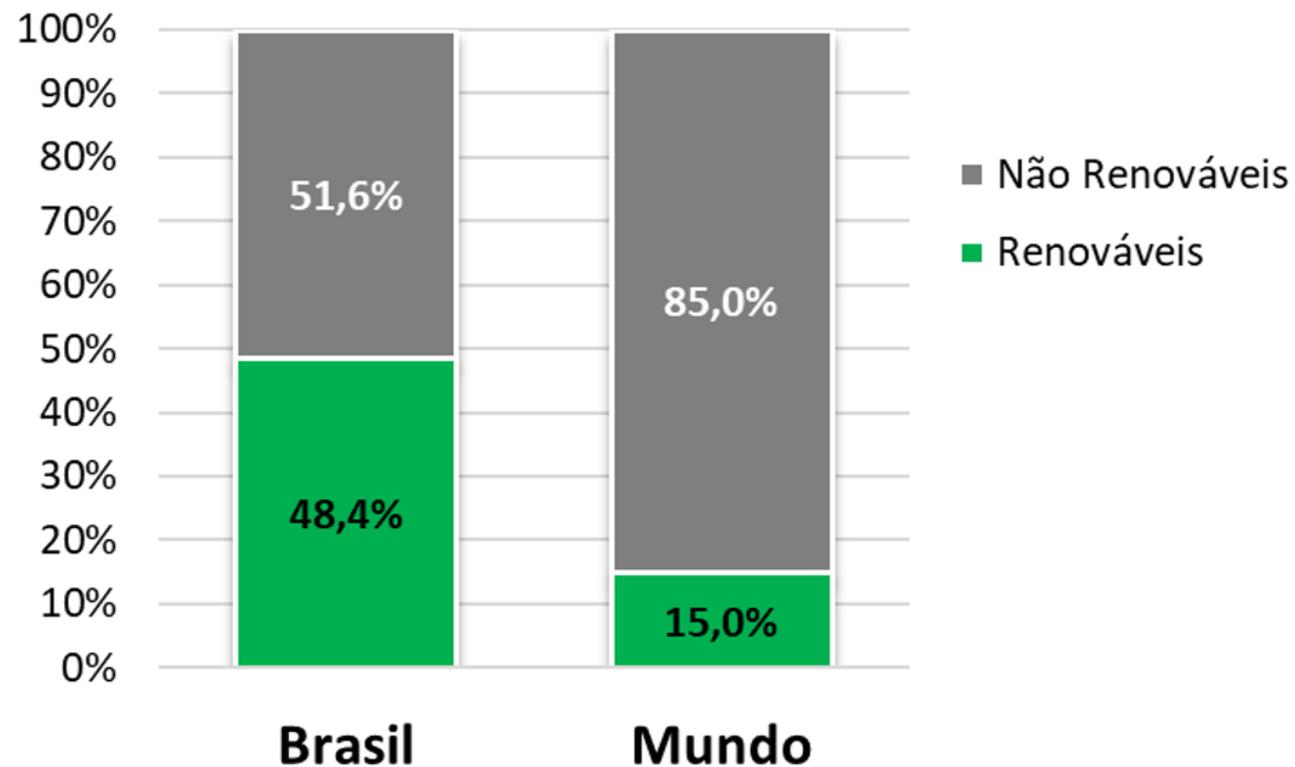


Fonte: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>

Matriz elétrica mundial vs. brasileira

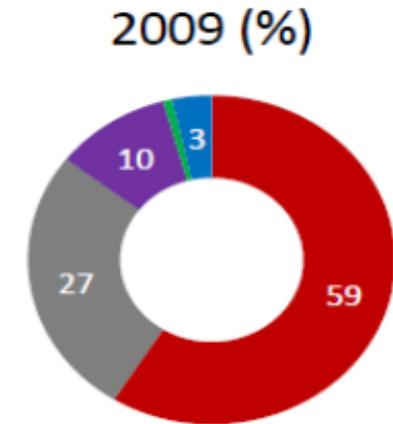
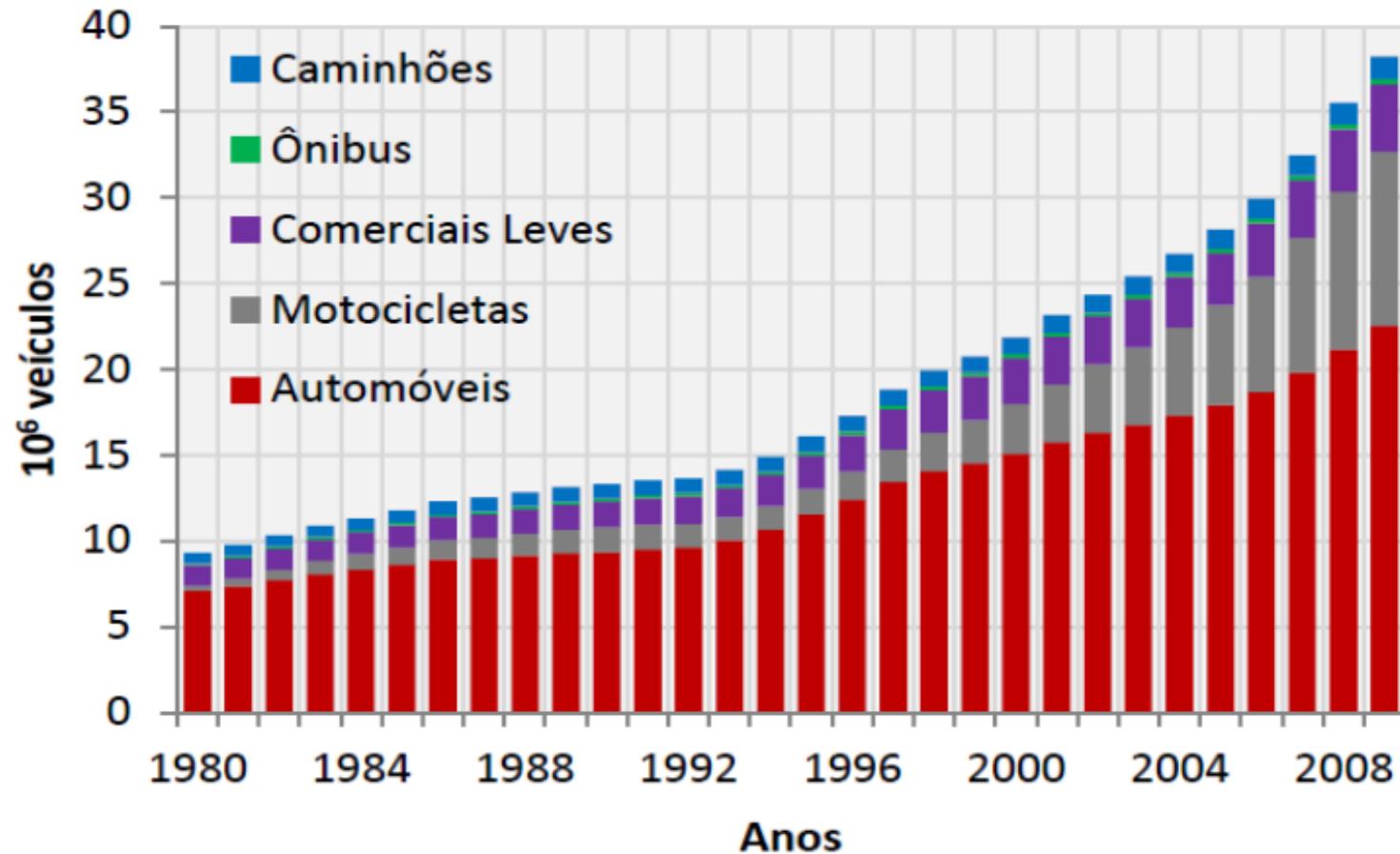


Matriz energética mundial vs. brasileira



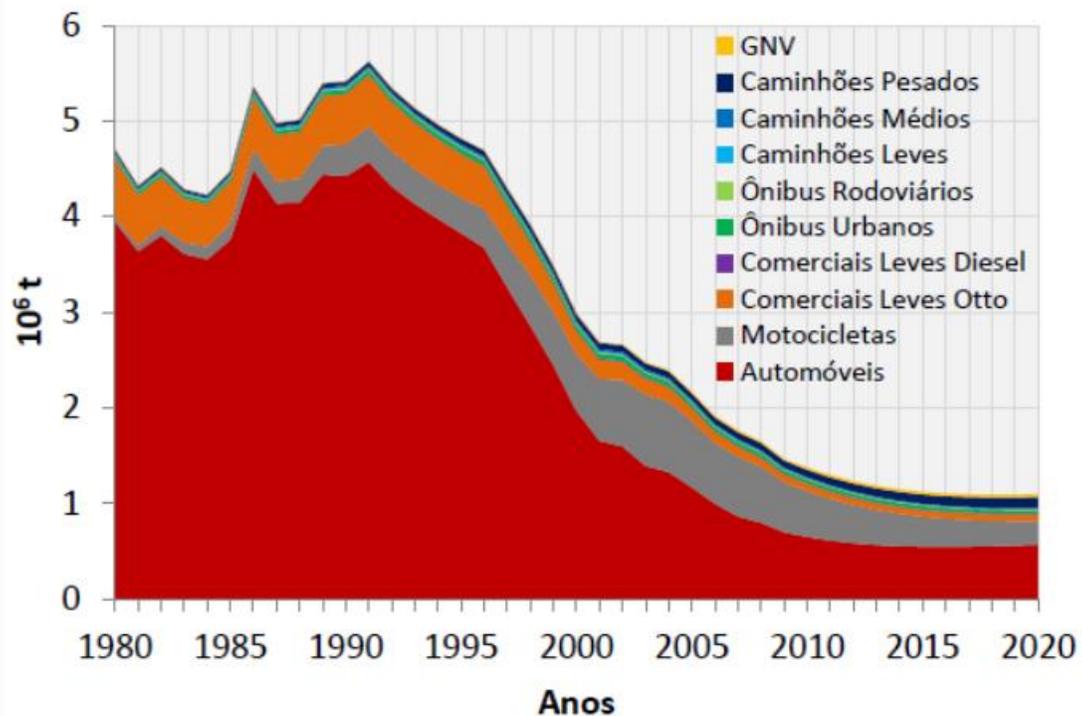
Fonte: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>

Evolução da frota estimada de veículos por categoria

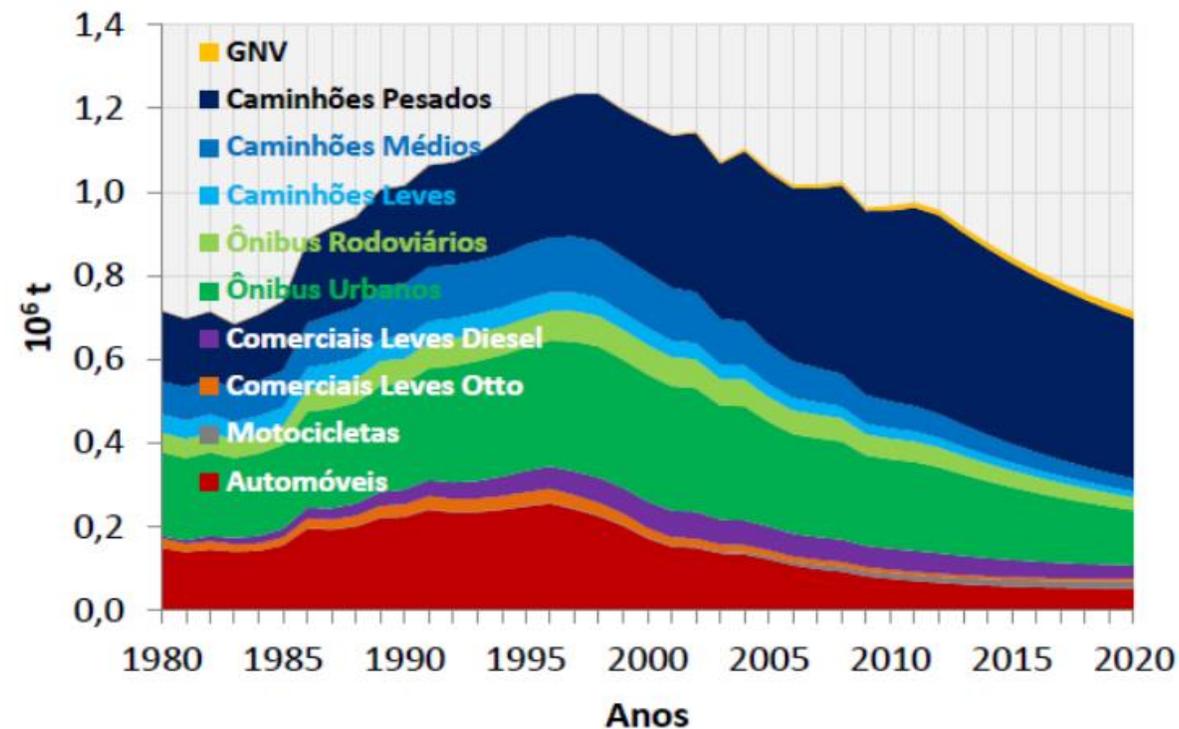


Fonte: Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cmads/apresentacoes-em-eventos/eventos-2014/3-4-2013-poluicao-atmosferica-nas-g>

Emissões de CO por categoria de veículos

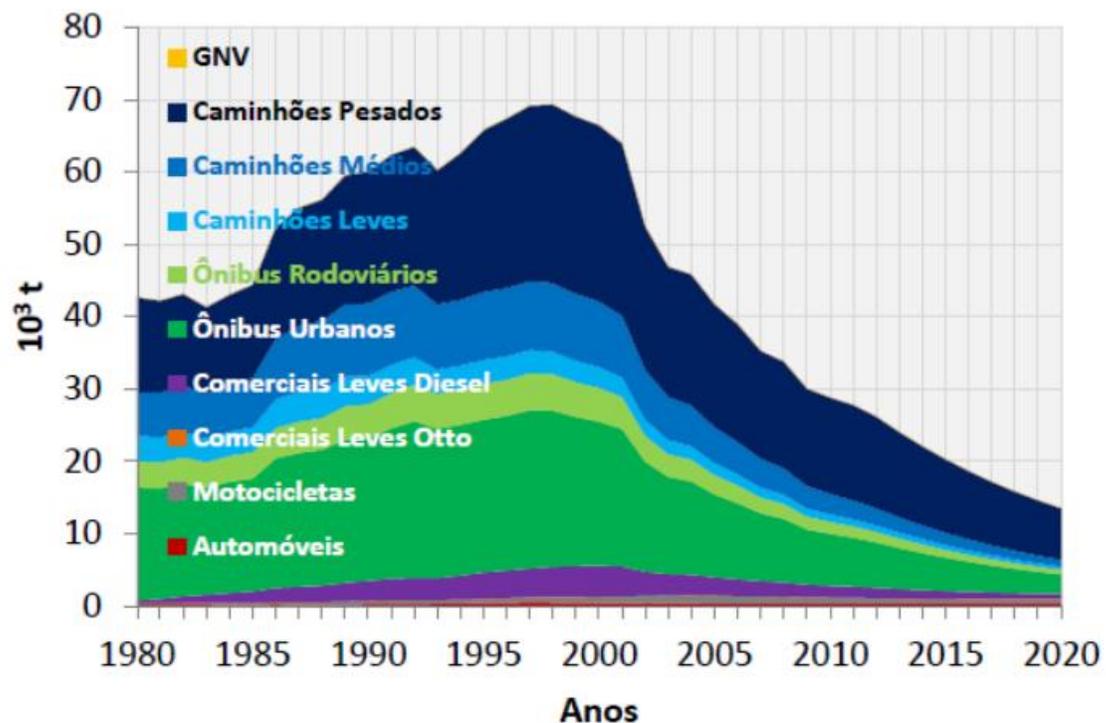


Emissões de NO_x por categoria de veículos

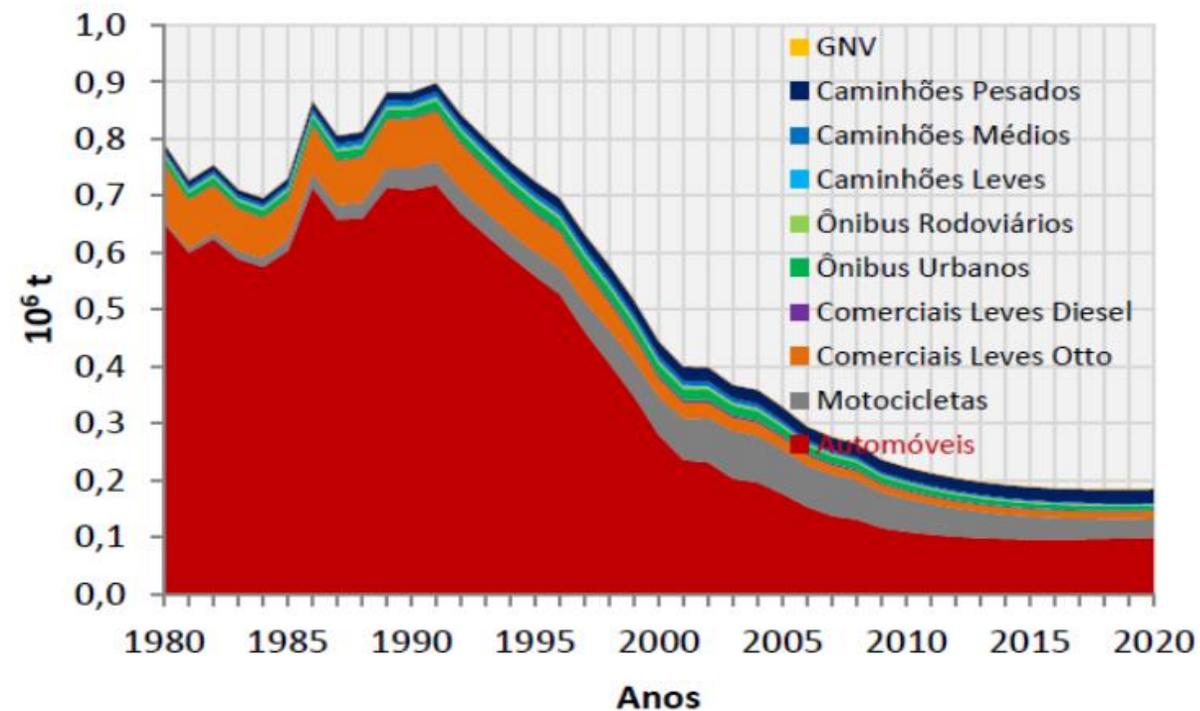


Fonte: Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cmads/apresentacoes-em-eventos/eventos-2014/3-4-2013-poluicao-atmosferica-nas-g>

Emissões de Material Particulado por categoria de veículos



Emissões de NMHC por categoria de veículos



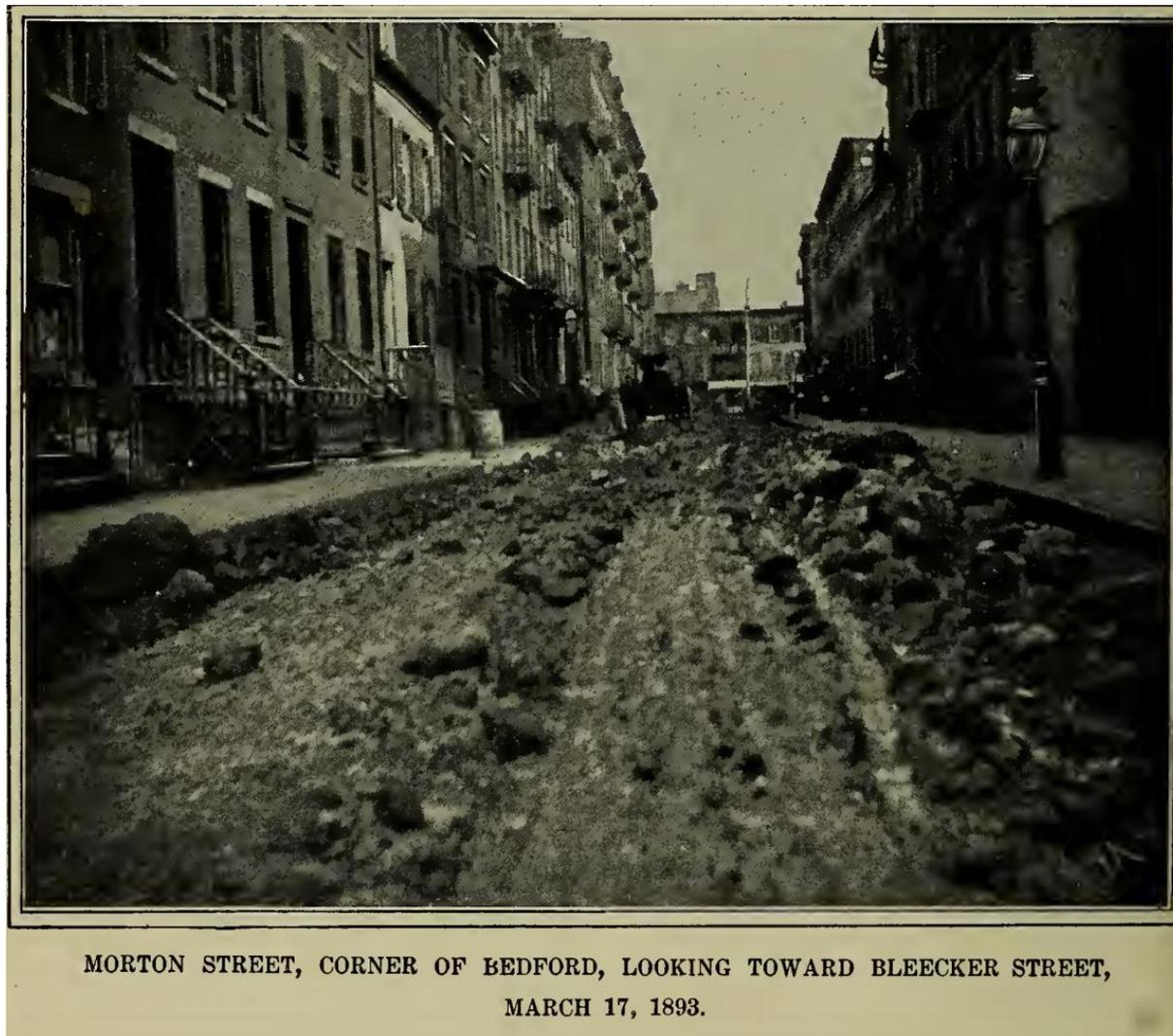
Fonte: Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cmads/apresentacoes-em-eventos/eventos-2014/3-4-2013-poluicao-atmosferica-nas-g>



Fonte: <https://wallup.net/1899-1905-bonhams-veteran-car-run-vintage-retro-race-racing-rally-2/>



Nova York, 1893 – 170.000 cavalos trabalhando em turnos de 12h (urinam a cada 3 ou 4 horas e defecam a cada 2 horas)

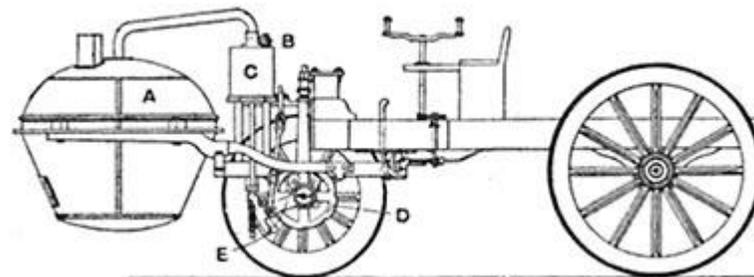


MORTON STREET, CORNER OF BEDFORD, LOOKING TOWARD BLEECKER STREET,
MARCH 17, 1893.

Fonte: <https://archive.org/details/streetcleaningdi00wari/page/n29/mode/2up?view=theater>

Carro a vapor - 1771

Fonte: <https://muquiranas.com/a-garagem-do-bb-26-cugnot-o-primeiro-veiculo-a-vapor/>



Carro com motor de combustão interna - 1885



Fonte: <https://www.daimler.com/company/tradition/company-history/1885-1886.html>

Carro elétrico – 1888

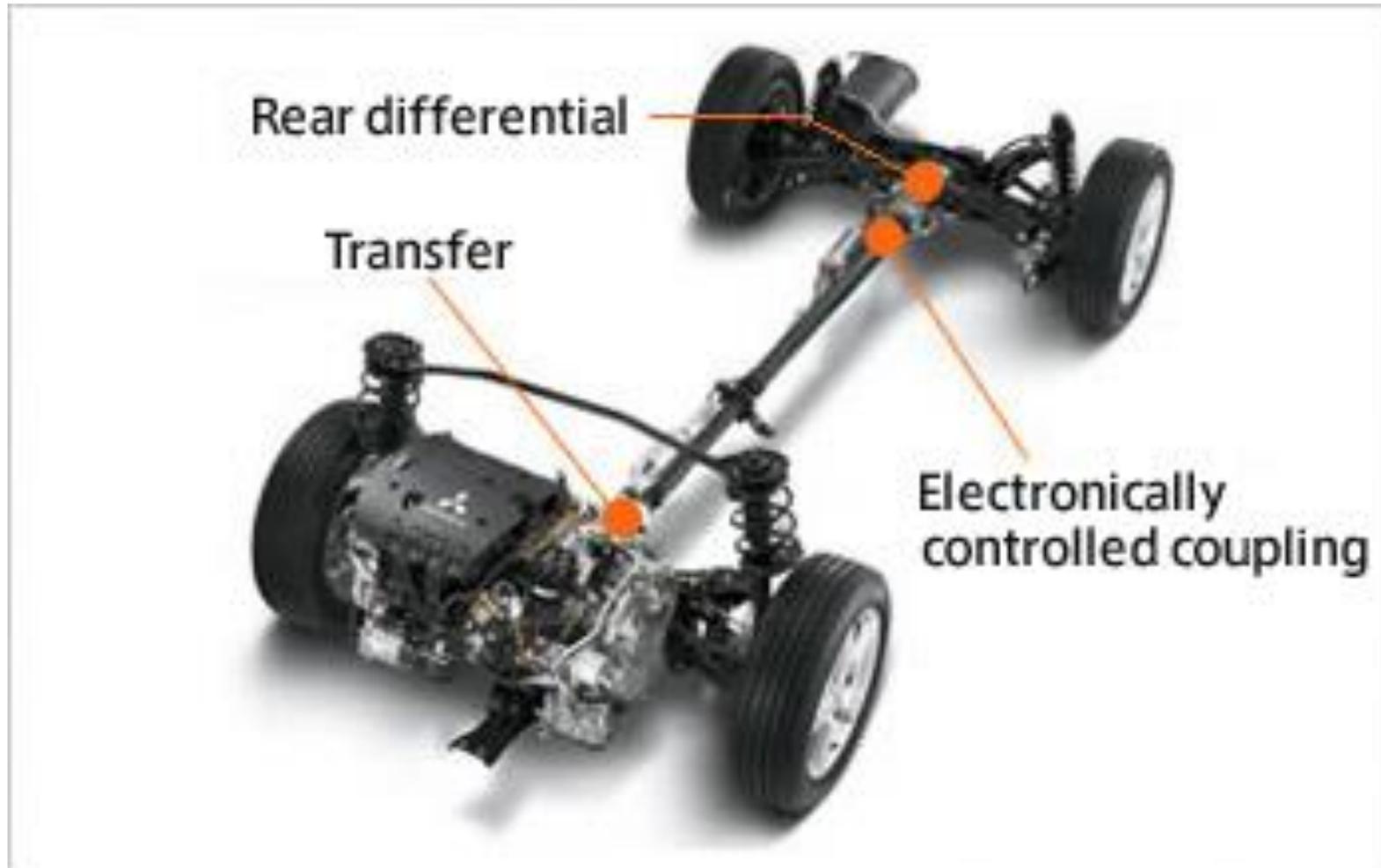


Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Flocken_Elektrowagen

MCI (ou ICE) - Evolução

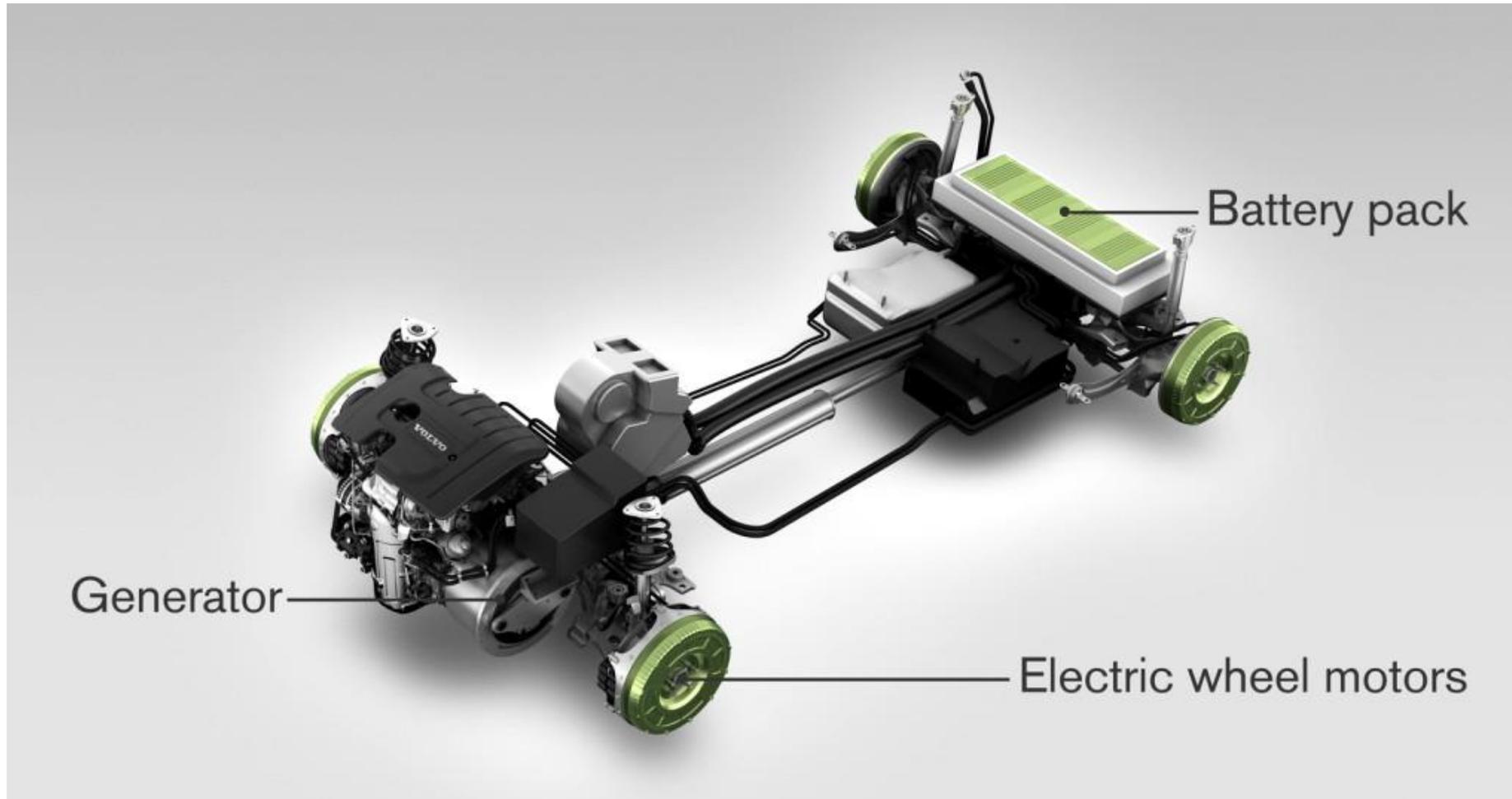
- Até 1900 – Objetivo: funcionar e não quebrar
- Até década de 1930 – Objetivo: não quebrar
- 1930 – 1950. Objetivo: não quebrar e melhoria da eficiência
- 1950 – 1970. Objetivo: aumento de potência
- A partir do 1º choque do petróleo - Objetivo: economia de combustível e eficiência
- A partir da década de 1970 – Objetivo: redução de emissões
- A partir dos anos 2000 – Objetivo: redução de emissões de CO₂

Veículo convencional - MCI



Fonte: <https://www.car-engineer.com/the-mitsubishi-4-wheel-drive-system/>

Veículo elétrico híbrido



Fonte: <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/12194/photos>

Veículo híbrido (HEV) e híbrido plug in (PHEV)

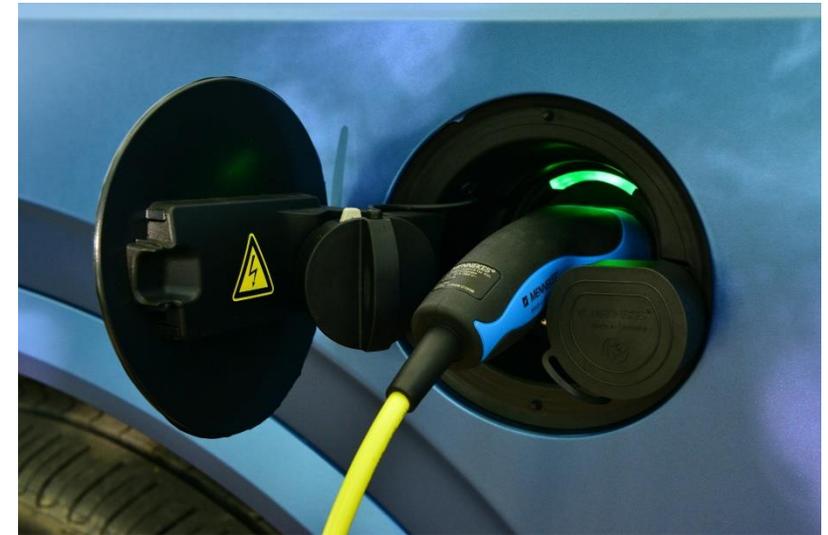
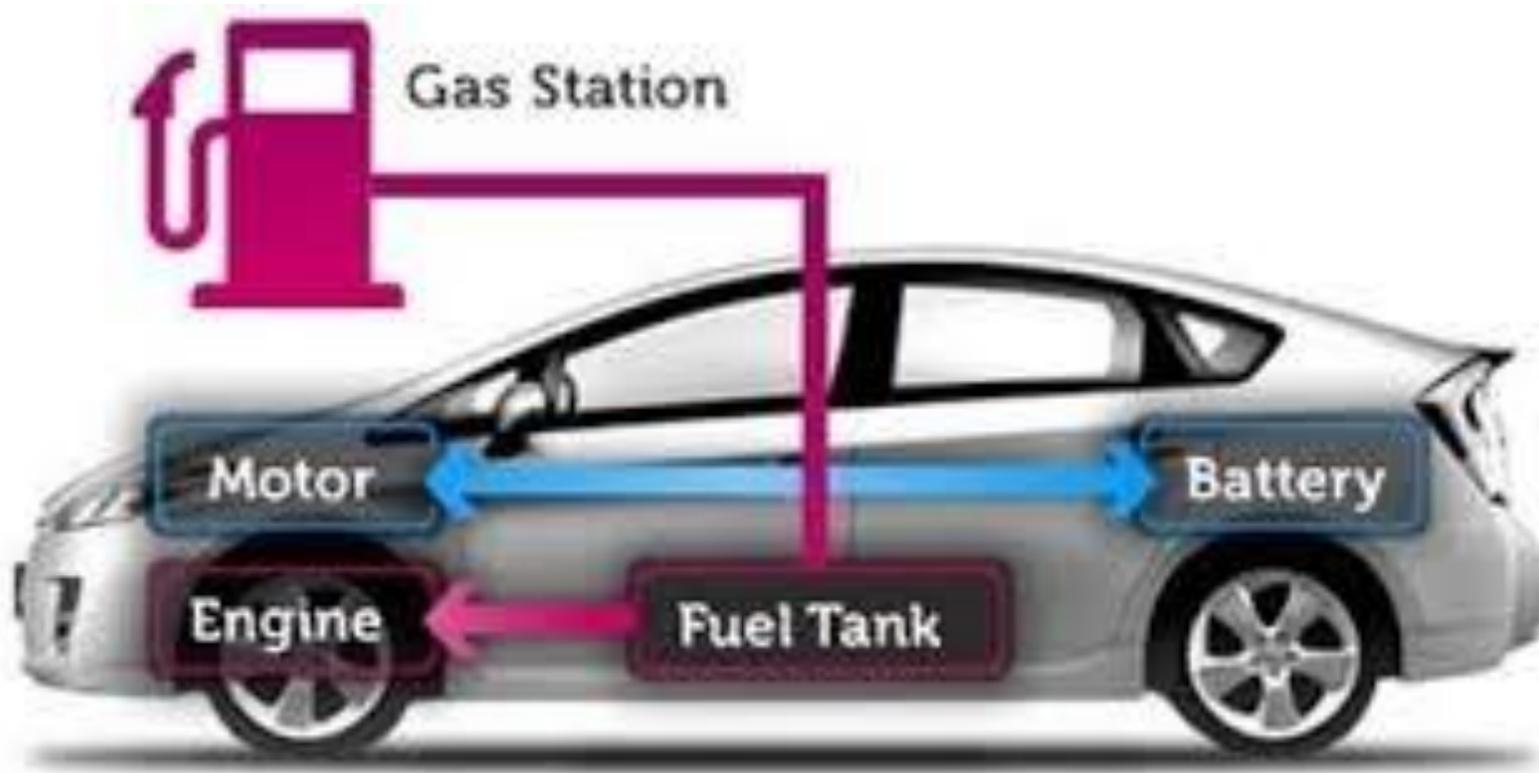
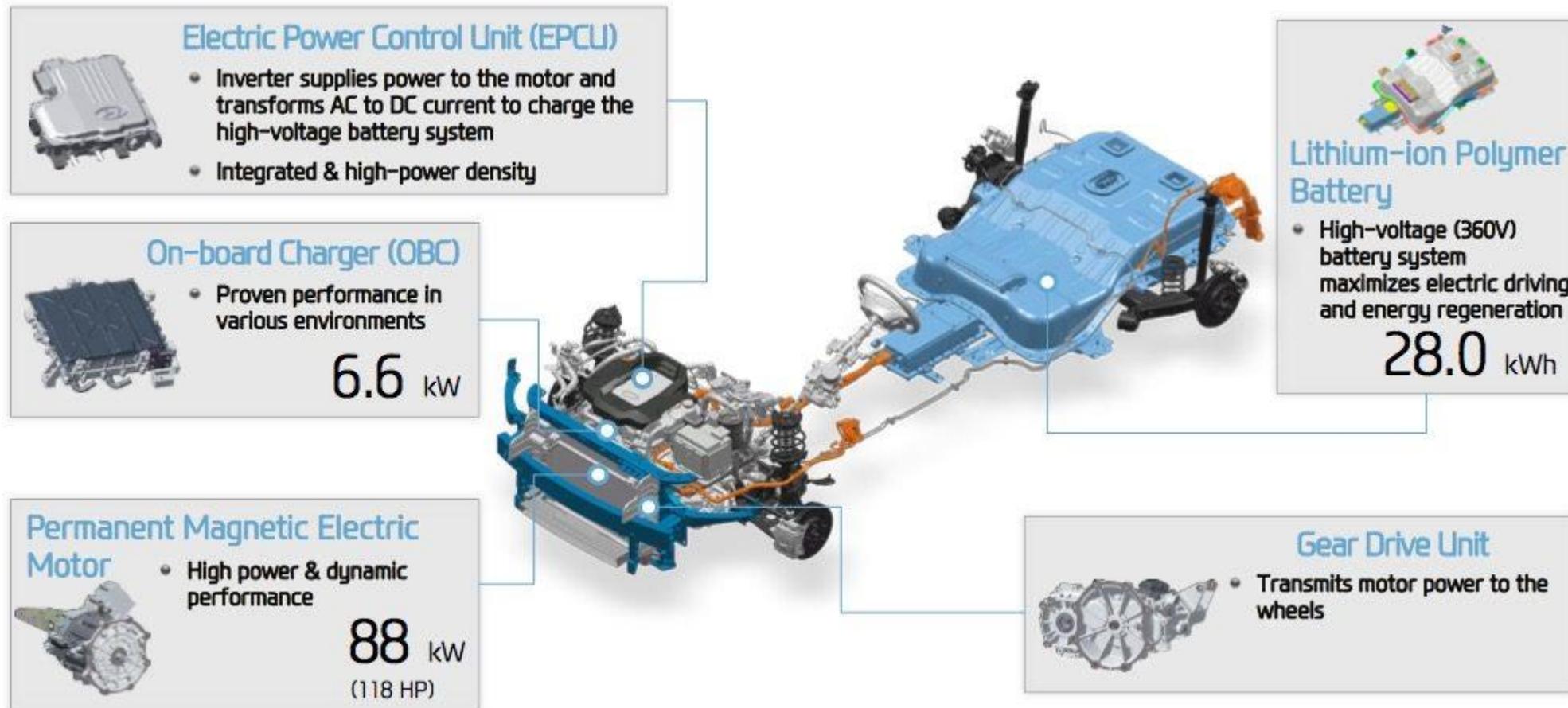


Foto: Volvo - Divulgação

Fonte: <https://www.daily-sun.com/post/306676/Global-Transition-to-Hybrid-Electric-Vehicles>

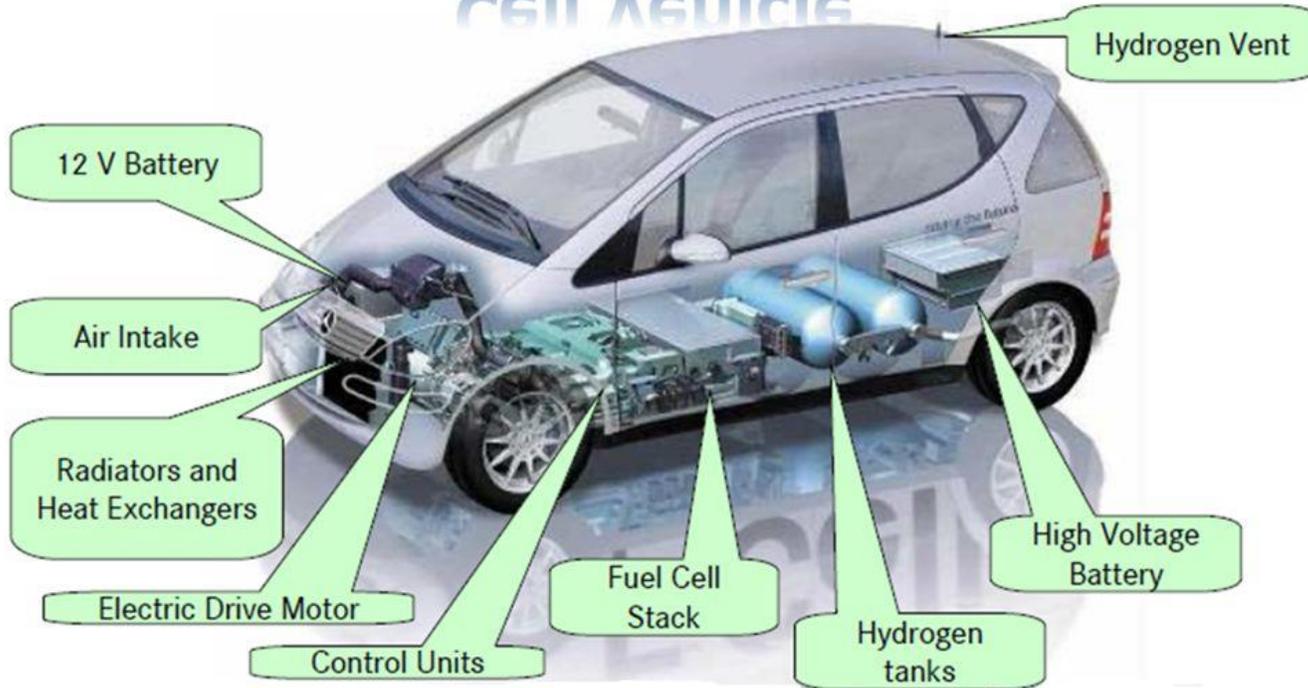
Veículo elétrico bateria (BEV)



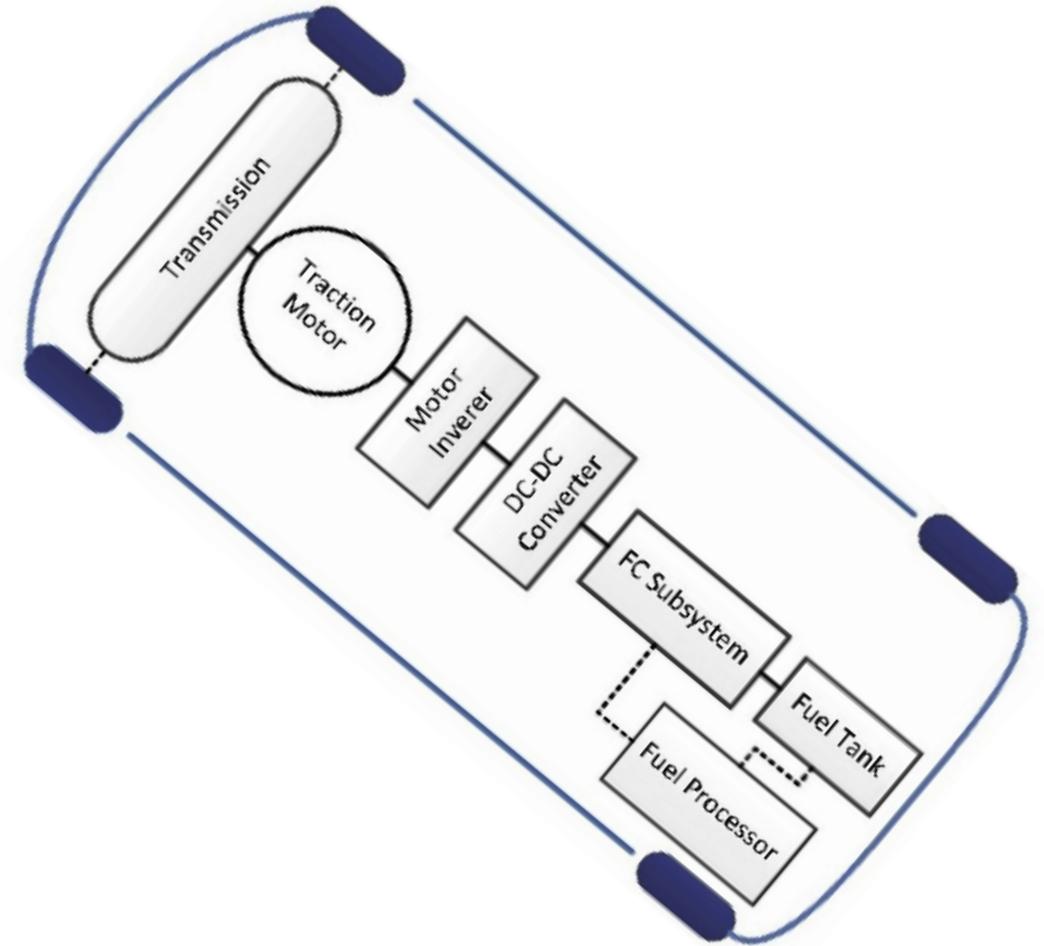
Fonte: <https://electricrevs.com/2018/05/08/whats-going-on-with-the-hyundai-ioniq-electric/> (Hyundai Motor America)

Veículo elétrico com célula de combustível (FCEV)

Construction of Hydrogen Fuel Cell Vehicle



DRB-HICOM



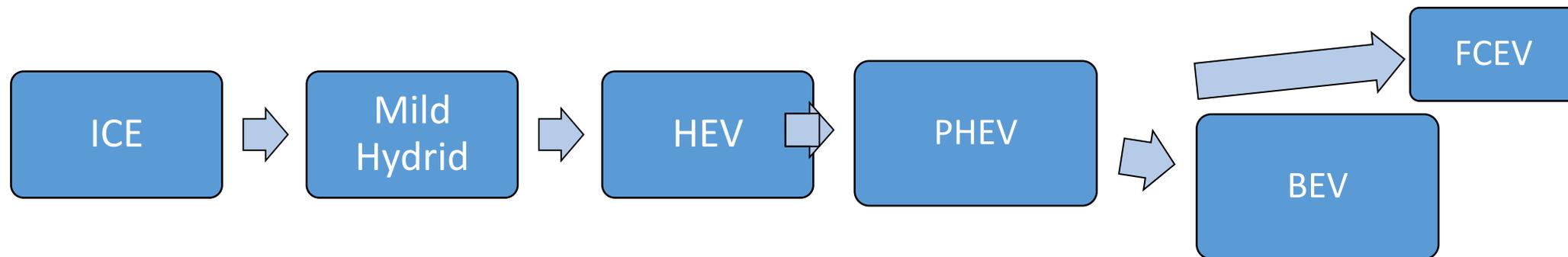
Carros elétricos

Vantagens:

- Emissões zero do tanque à roda
- Dirigibilidade
- Ruído
- Manutenção

Desvantagens:

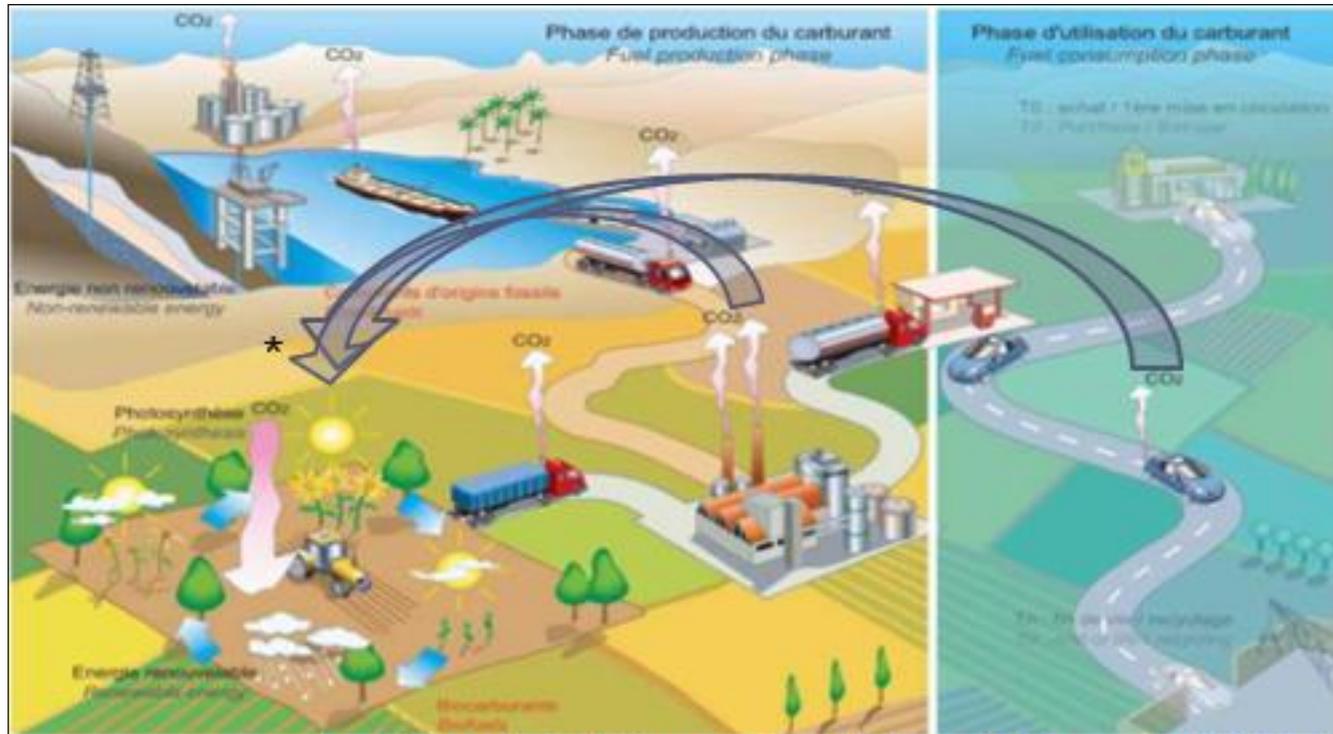
- Preço
- Tecnologia
- Revenda
- Tempo de recarga / autonomia
- Estações de recarga / autonomia



REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO₂ TANQUE À RODA



CUSTO



Intensidade de Carbono (IC) em gramas de CO₂e/MJ é a massa de CO₂ equiv. considerando o efeito de outros gases de efeito estufa emitidos na produção, distribuição e uso de energia disponível de um combustível.

* Reciclagem do CO₂ do escapamento e da fermentação dos combustíveis renováveis

	<u>GEE equiv da Origem (Poço) ao Tanque</u> gCO ₂ e/MJ	<u>GEE equiv do Tanque a Roda</u> gCO ₂ e/MJ	<u>GEE Reciclável do Comb. Renovável</u> gCO ₂ e/MJ	<u>IC = GEE Total da Origem (Poço) a Roda</u> gCO ₂ e/MJ
<u>Gasolina A</u>	24	75	0	99
<u>Etanol E100</u>	27	71,4*	-71,4*	27
<u>Gasolina C (E27)</u>	$0,27 \cdot 27 + 0,73 \cdot 24 = 25$	$0,73 \cdot 75 + 0,27 \cdot 71,4 = 74$	$-71,4 \cdot 0,27 = -19$	80

Fonte: White Paper AEA, 2017

ICE
GASOLINA



ICE ETANOL



REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO₂ TANQUE À RODA

0%

10%

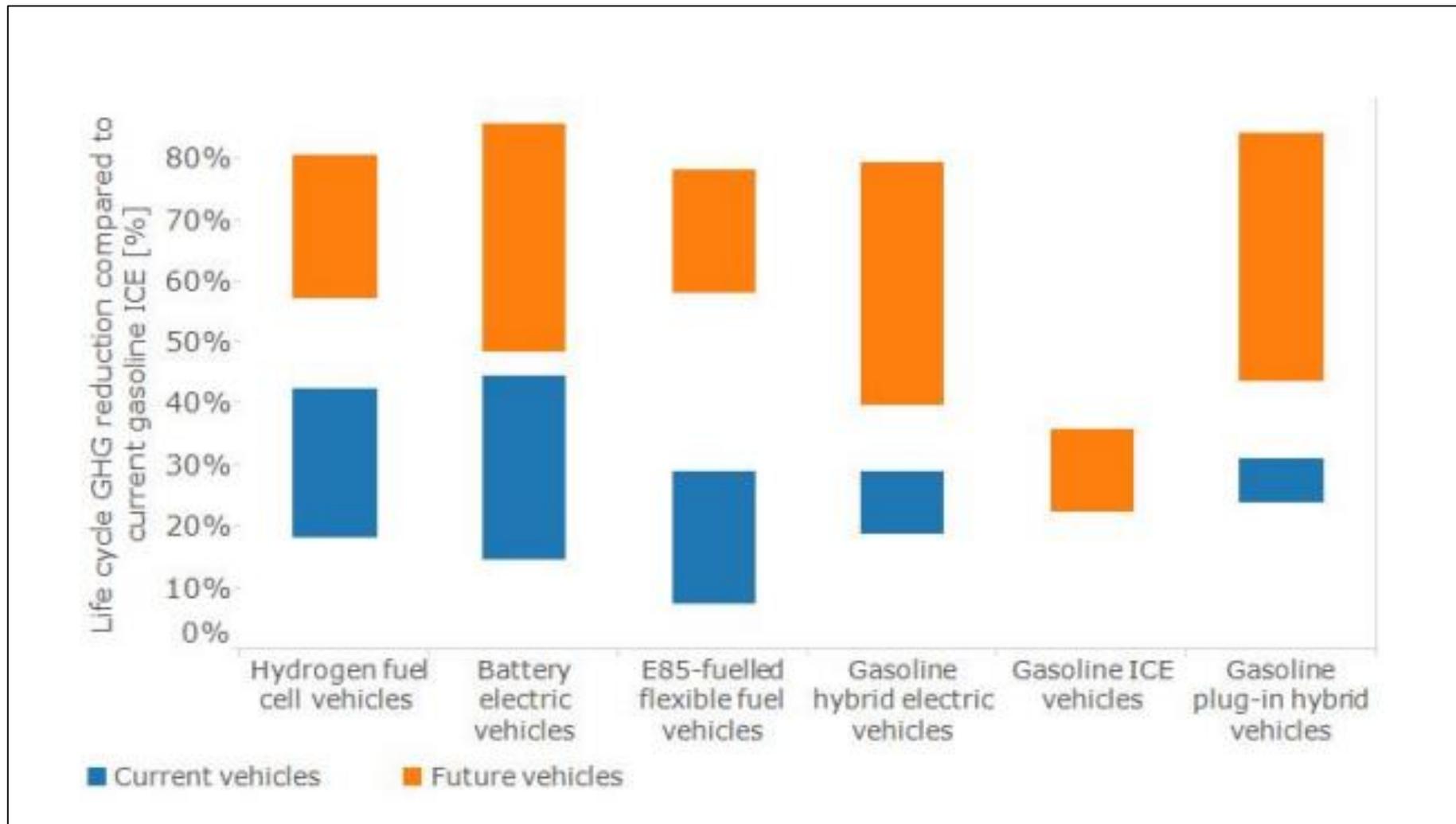
20%

70%

100%

?

CUSTO SIMILAR



Fonte: <https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/62943.pdf>

Pontos de atenção

- Renovação de frota
- Custo total de propriedade
- Tecnologia/custo
- CO₂ do berço ao túmulo
- Origem do veículo (vai depender do volume)
- Alternativas tecnológicas e energéticas locais
- Petróleo depende de MCI
- O futuro é elétrico

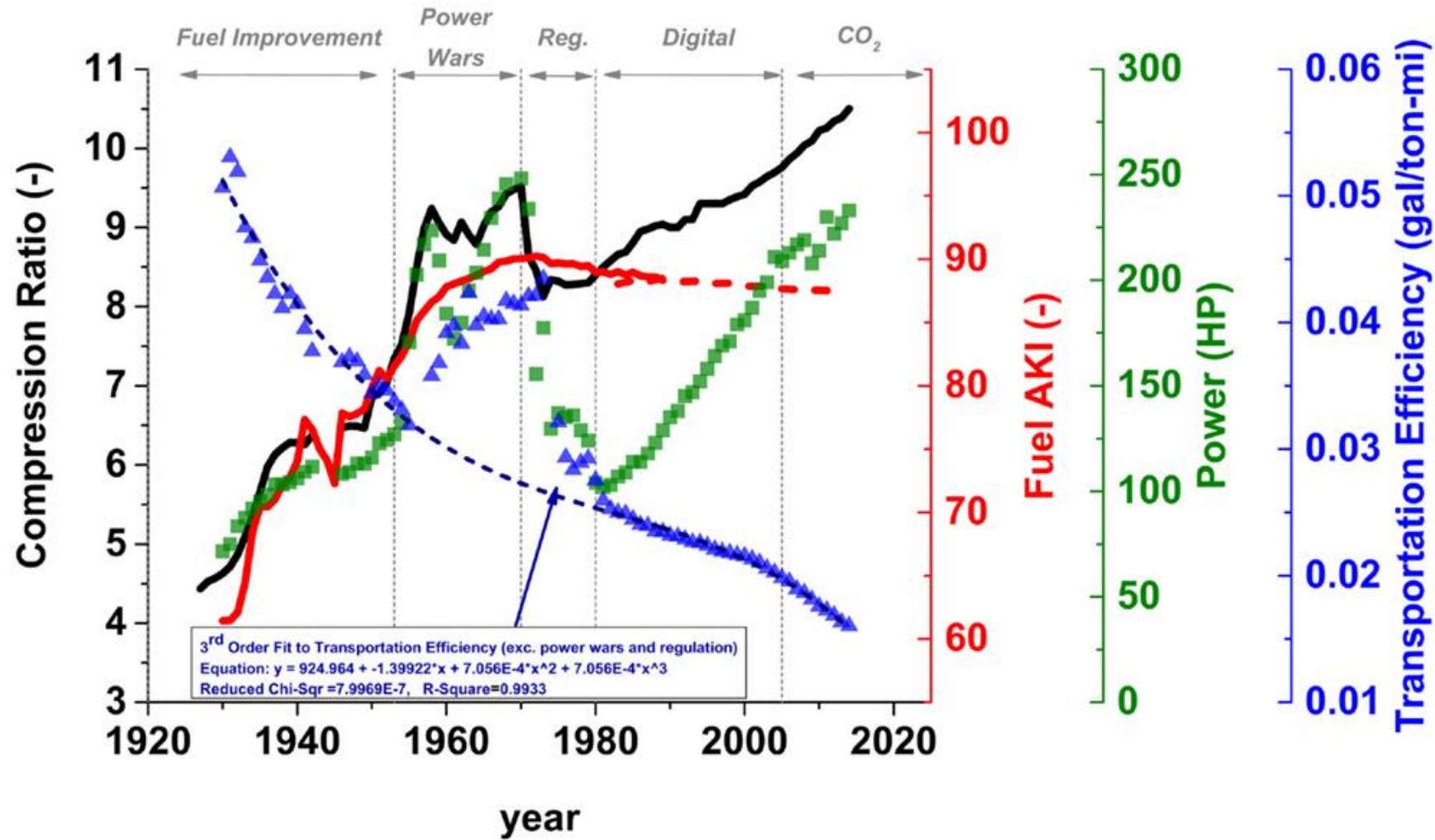
Obrigado!



Renato Romio

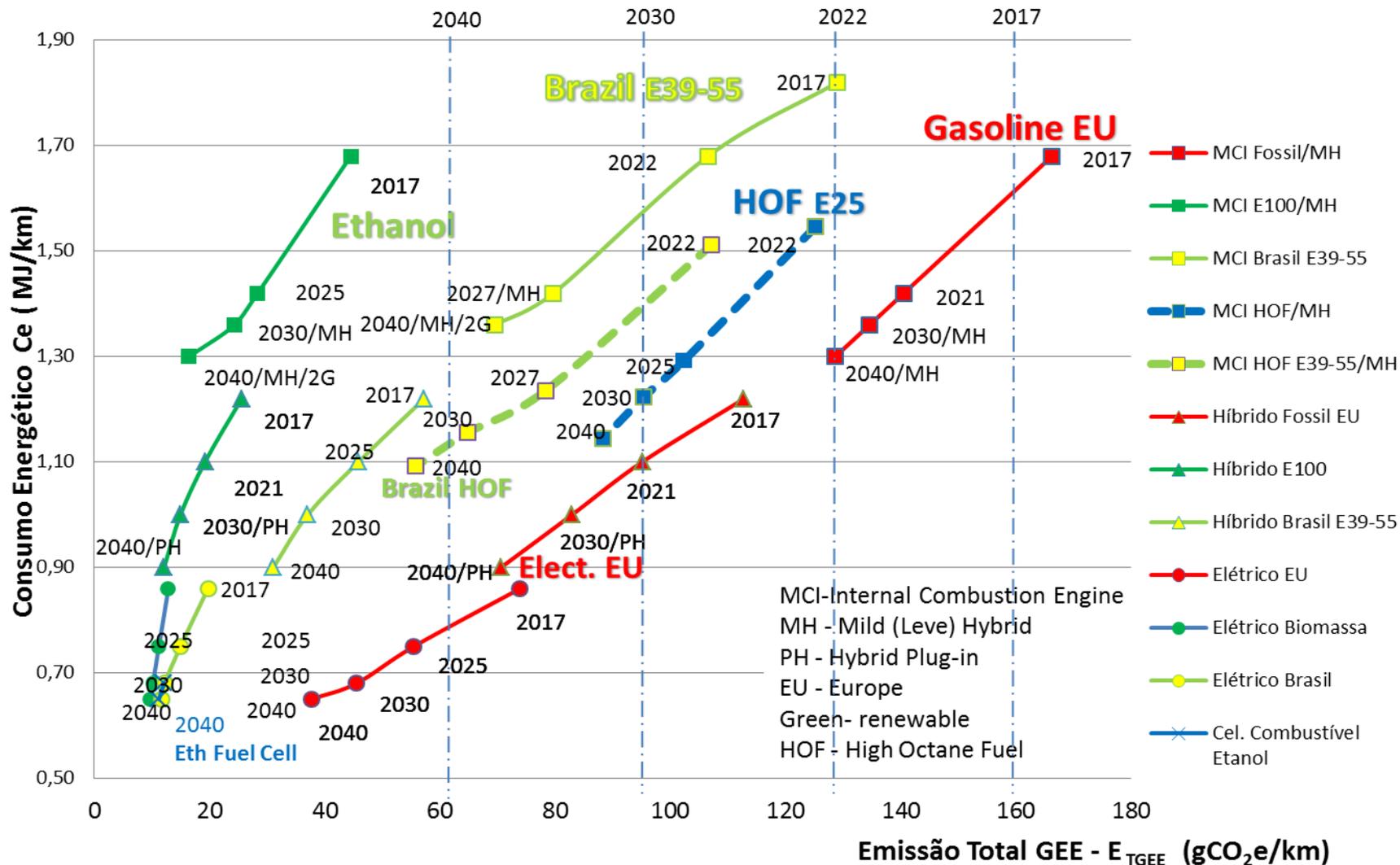
romio@maua.br





Fonte: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmech.2015.00016/full>

Ce x E_{TGGE} - Consumo Energético(MJ/km) x Emissão Total GEE (gCO₂e/km)



Fonte: White Paper AEA, 2017 – Preparado por Ricardo Abreu