



# Câmbios Automáticos nos Veículos Elétricos

# Apresentação Pessoal



## Prof. Alberto Puga Leivas

### Formação:

- Engenheiro Mecânico pela IEEP;
- Pós-Graduação Latu Senso em Gestão Empresarial – PUC MG;
- Formação Gerencial na Fundação Dom Cabral
- Cursos de Especialização em Motores na Mauá e Universidade de Michigan / Reparação de Aços Especiais e Fibra de Carbono na BMW AG
- Trabalhou na Honda Motors Brasil / Mercedes-Benz do Brasil / Fiat Automóveis / Audi Brasil e hoje atua em sua micro-empresa de consultoria (DEKRA – BMW, AXALTA, Rokim Automotive, Brazzo – Mobato e TTI – Grupo PSA são seus clientes);
- Ministra os módulos de Dinâmica Veicular e Organização de Oficina para a Tesla Brasil.

# Introdução – História dos Veículos Elétricos



**1859**

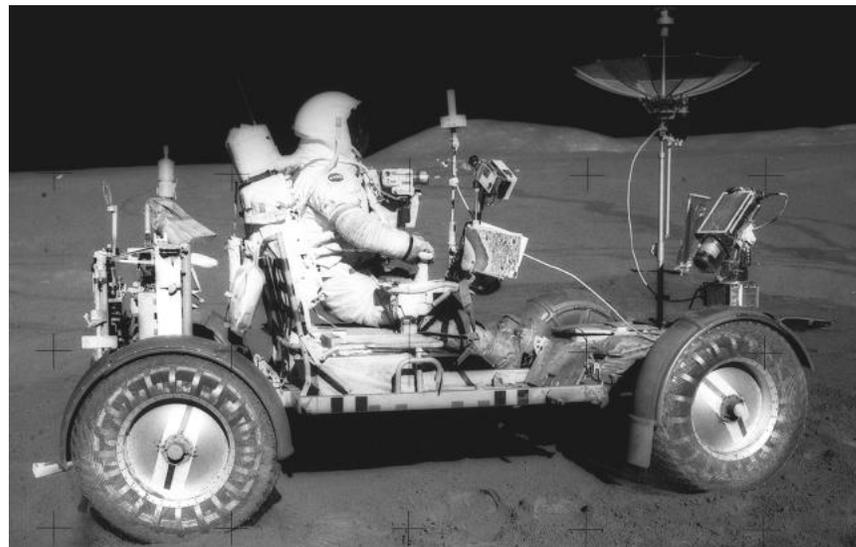
- O belga Gaston Plante realiza a demonstração da primeira bateria de **chumbo e acido**.

**1880**

- A bateria veio a ser utilizada em diversos veículos elétricos desenvolvidos na França, USA e Reino Unido.

Em **1909** terminam as aplicações de baterias em veículos.

**Motivo:** baixa densidade de energia (tinha que recarregar muitas vezes em curtos espaços de tempo), peso e falta de lugares para recarga.



## **1971 à 1972 (Veículo Lunar - 4 veículos)**

- Construído pela Boeing, cada um dos protótipos levados à Lua pesava 210 quilos (na Lua pesava 36 kg), podendo carregar dois astronautas, equipamentos e amostras lunares – peso máximo 480 kg
- Velocidade máxima: 13 quilômetros por hora;
- Duas baterias de prata e zinco forneciam a tensão de 36 volts, com a capacidade de 121 ampères hora;
- Autonomia: 92 km;
- Possuía um motor elétrico de 0,18 KW para cada roda e possuía uma transmissão com a relação 80:1.

# Introdução – História dos Veículos Elétricos

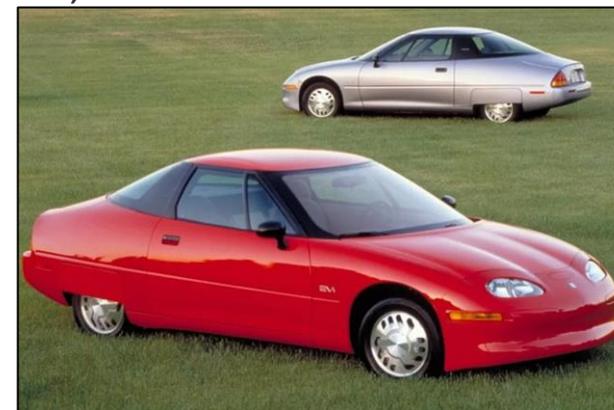
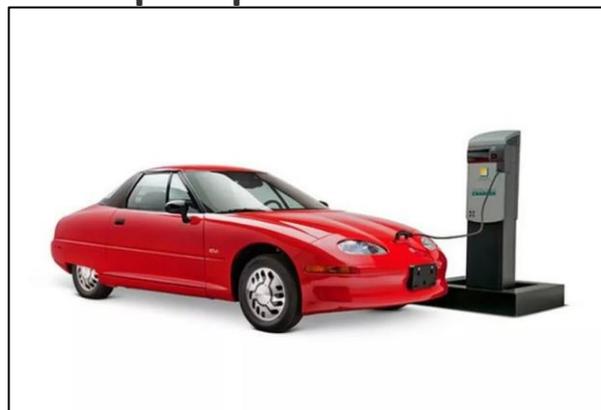


## Década de 90

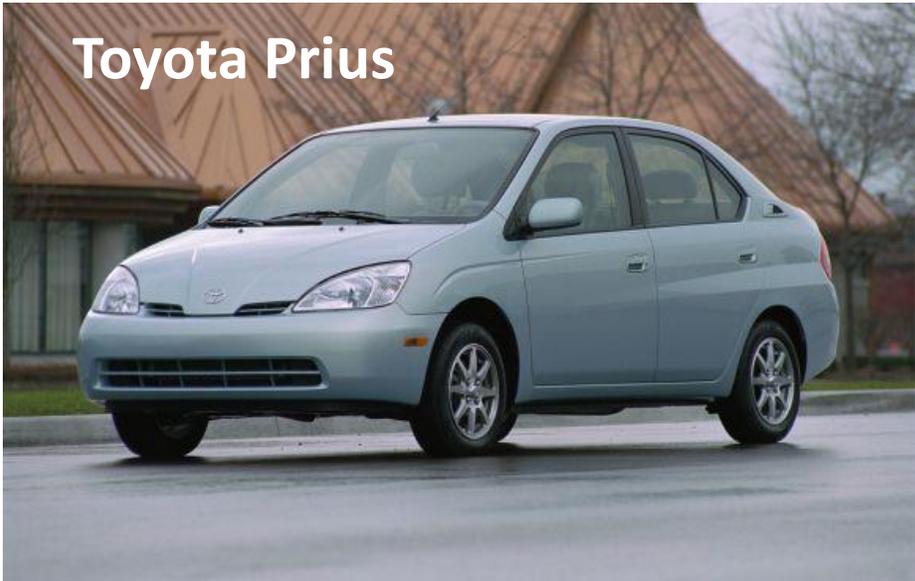
- Estado da Califórnia institui limites muito rigorosos e exige o início de desenvolvimento de veículos de baixíssimas emissões gasosas.

## 1996

- Surge o chevrolet EV1, apenas na região da Califórnia e algumas cidades do Arizona e Phoenix;
- Motor elétrico que rendia 138 cavalos;
- Autonomia: de 113 km na primeira versão (Delphi), 257 km na segunda (Panasonic).
- Velocidade Máx.: 128 km/h
- Recarga: 15 horas para carregar por completo / **kit de carga rápida para 220 volts - 12 horas;**

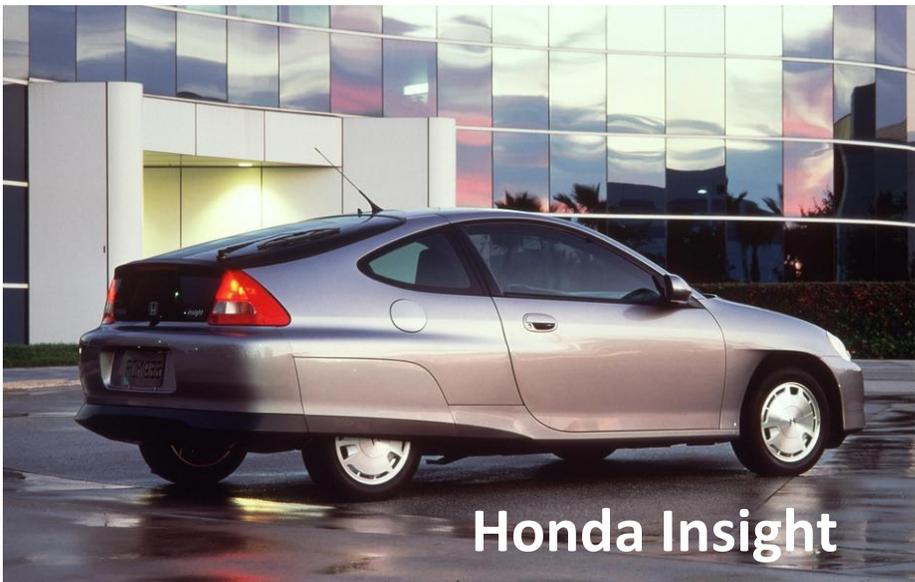


# Introdução – História dos Veículos Elétricos



**1997**

- Iniciou sua produção no Japão como híbrido;
- No Prius da terceira geração tem quatro modos de direção: normal, em que o sistema escolhe entre os dois motores de forma automática; o EV, em que o veículo funciona no modo 100% elétrico; o ECO, em que o veículo calibra a resposta de aceleração de modo a economizar combustível; e o PWR, em que o veículo intensifica a resposta à aceleração em até 25% para otimizar o desempenho.



**1999**

- Veículo híbrido de dois lugares;
- Motor de 3 cilindros com um motor elétrico de 6 CV;
- Baterias: de NiMh de 144 V;
- Caixa de cambio mecânica e depois CVT.

# Introdução – História dos Veículos Elétricos



## 2008

- Desenvolvido com a ajuda da Lotus (estrutura);
- Corpo dos painéis usando fibra de carbono para diminuir o peso;
- Final da produção: 2011 – 2.600 unidades;
- Motor AC (Corrente Alternada) e a tecnologia *drivetrain* (integração dos eletrônicos com o inversor);
- Autonomia: 350 km;
- De 0 – 100 km: 3,9 s;
- Câmbio Manual de 2 marchas e o tração traseira (RWD).
- Potência: 252 PS ou 249 bhp ou 185 kW;
- Torque: 370 Nm ou 272 lb.ft



Rede de Carregamento

# Introdução - Comparação entre Tipos de Veículos

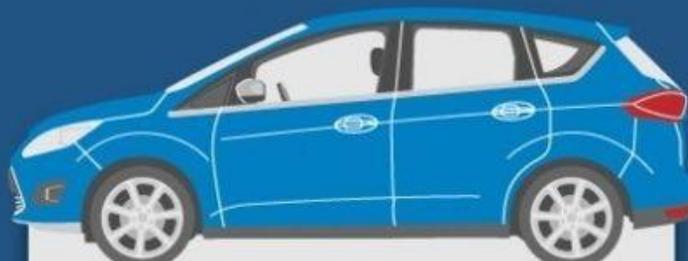
## Elétrico



100% elétrico, 100% livre de poluentes. Basta carregar e seguir em frente!

AUTONOMIA ⚡⚡⚡⚡⚡

## Híbrido



Sem tomada.  
Mais eficiente que motores a gasolina

AUTONOMIA ⚡⬇️⬇️⬇️⬇️

## Híbrido plug-in



Vá em frente e carregue na tomada... Se quiser!

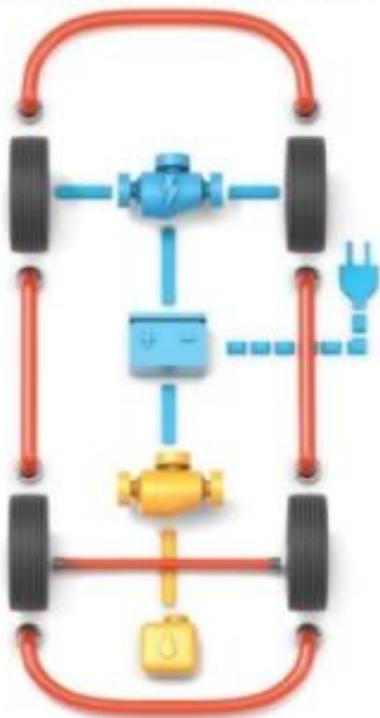
AUTONOMIA ⚡⚡⬇️⬇️⬇️

# Introdução - Comparação entre Tipos de Veículos

## HÍBRIDOS: de acordo com o tipo de tração

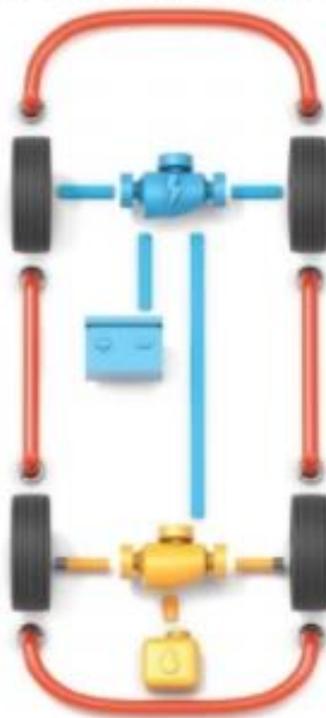
### HÍBRIDO SÉRIE

Quando apenas o motor elétrico traciona o carro é considerado um híbrido série. O motor a combustão funciona somente para alimentar as baterias (que em alguns casos também podem ser carregadas em fonte externa). Ex.: Fisker Karma.



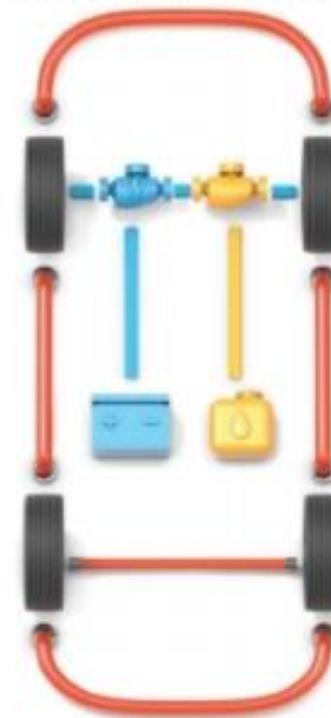
### HÍBRIDO PARALELO

Se os dois motores tracionam, trata-se de um veículo híbrido paralelo (ex.: BMW i8). Geralmente um deles fica responsável pelo eixo dianteiro enquanto outro cuida do traseiro. Mas os dois podem estar ligados ao mesmo eixo, dianteiro ou traseiro.

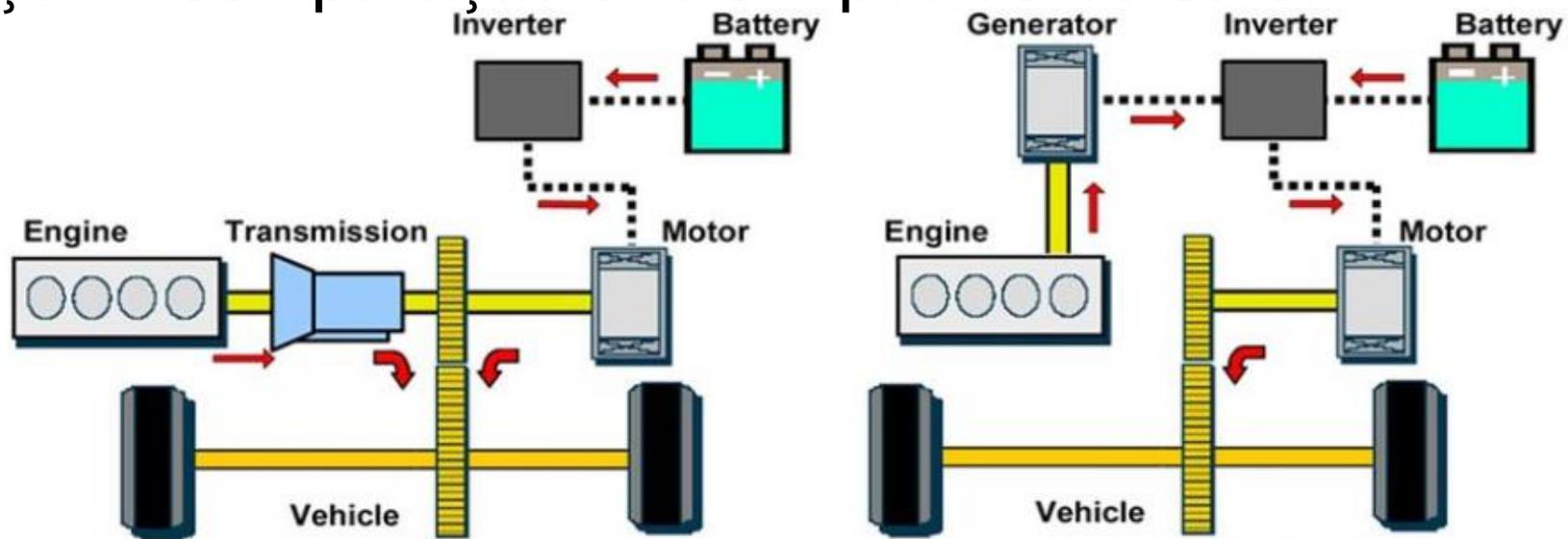


### HÍBRIDO MISTO

Neste, os motores estão conectados ao mesmo eixo de tração, mas a participação de cada um é controlada por uma central eletrônica que avalia o melhor momento para acioná-los, sempre buscando a melhor eficiência. Ex.: Ford Fusion Hybrid.

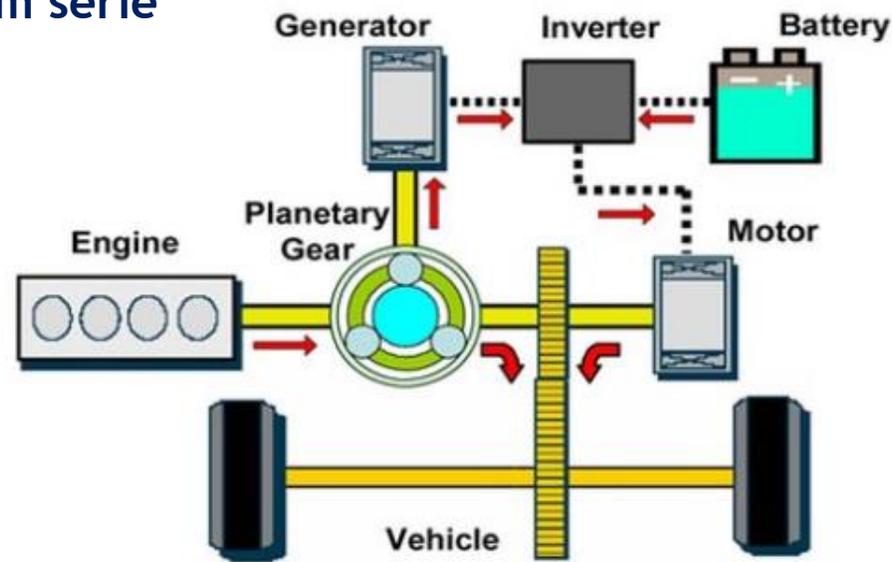


# Introdução - Comparação entre Tipos de Veículos



Em série

Em paralelo



Misto

→ Fluxo da Energia

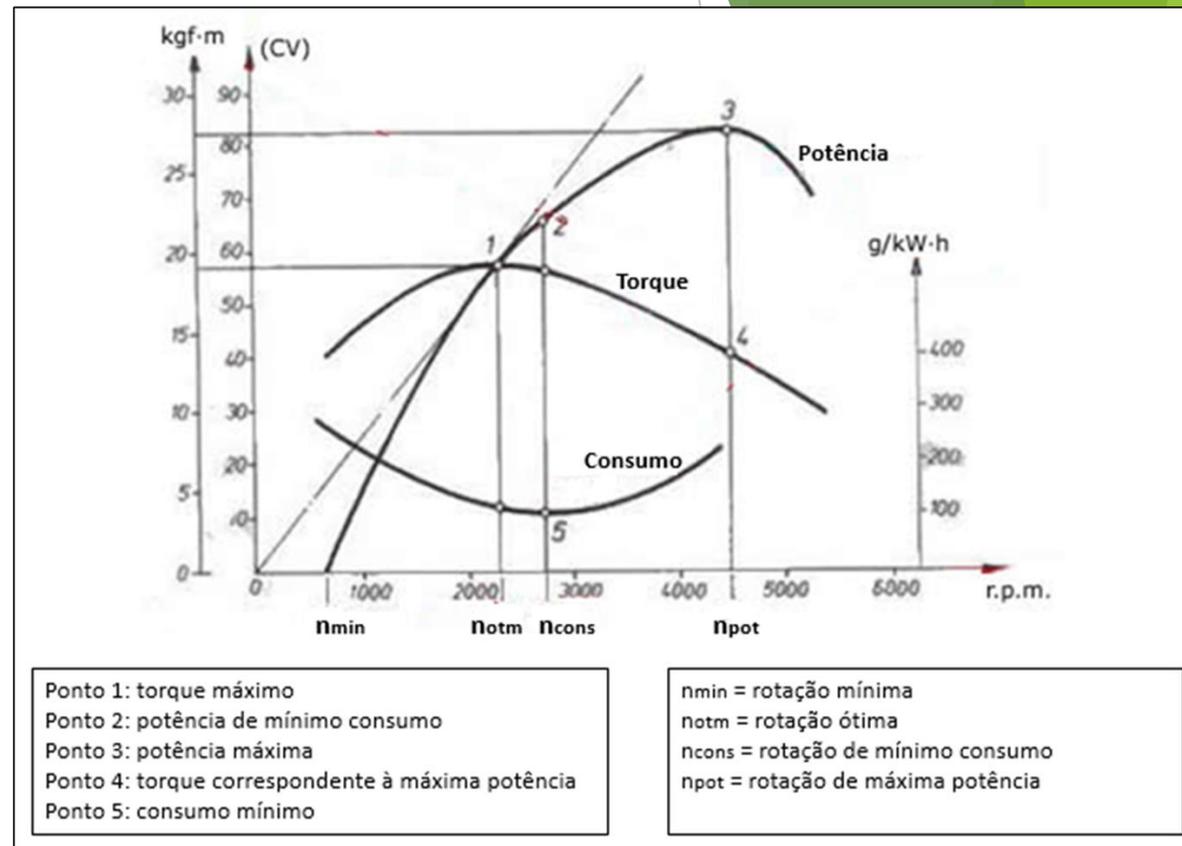
# Os carros elétricos são automáticos ou manuais?

## Porque usamos um cambio nos motores a combustão?

Motores de combustão interna podem oferecer um **desempenho interessante**, mas eles tendem a ter **faixas de potência muito estreitas** – e é por isso que eles geralmente estão **conectados a uma caixa de câmbio**.

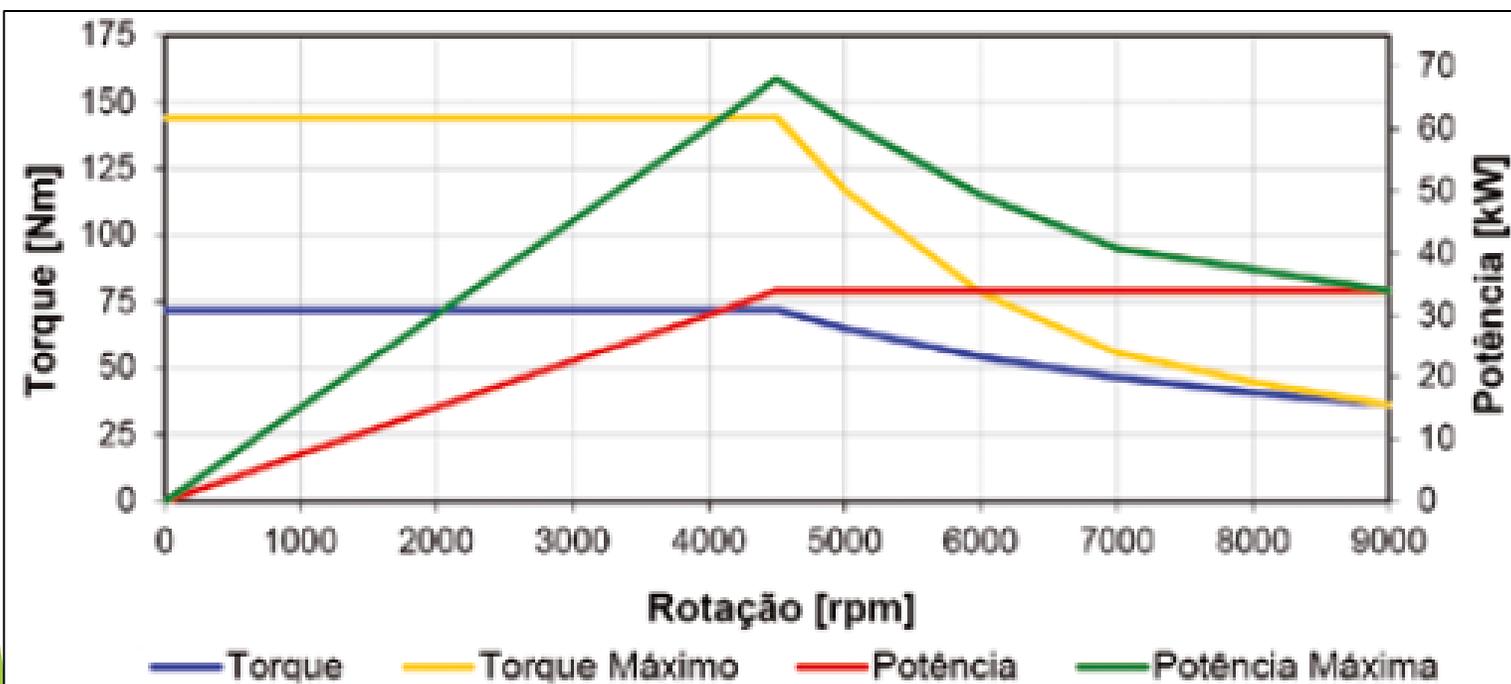
Cada engrenagem mantém o motor em um ponto de ótimo desempenho dentro de sua faixa de potência e/ou torque, **garantindo de que seu carro esteja responsivo e com torque**.

Dirija qualquer carro a gasolina, álcool ou diesel usando uma **única marcha** e você vai saltar **fora do limitador de rotação**, ou você **não vai chegar a lugar nenhum**.



# Gráfico de Potência e Torque (motor elétrico)

- ▶ Os **motores elétricos** possuem gráficos de torque e potência muito diferentes de um motor a combustão interna. As características principais que podemos citar são:
  - a) O **torque máximo é disponível de forma imediata**, já a partir das rotações iniciais.
  - b) Há um **regime nominal** e um **regime de pico**, com curvas específicas de torque e potência.
  - c) O **regime de pico** é obtido quando se exige **o motor à plena carga** (acelerador totalmente aberto), e dura um **intervalo de tempo** que é **ajustado pelo fabricante**.



## Motor WEG

Carcaça: 112

Potência máxima: 68 kW

Torque máximo: 144 Nm

Rotação máxima: 9000 RPM

Aplicação: Veículos elétricos

# Os carros elétricos são automáticos ou manuais?

A maioria dos VE's usa uma **única engrenagem**, graças à maior eficiência e banda de energia mais ampla inerente aos motores EV.

Alguns carros elétricos usarão **uma engrenagem de redução** e o **diferencial** para regular a potência, por isso não são manuais nem automáticos, mas simplesmente **orientados**.

Esta configuração é encontrada na maioria dos VE's de produção, como o [Honda E](#) e o [Audi e-Tron](#), por exemplo.



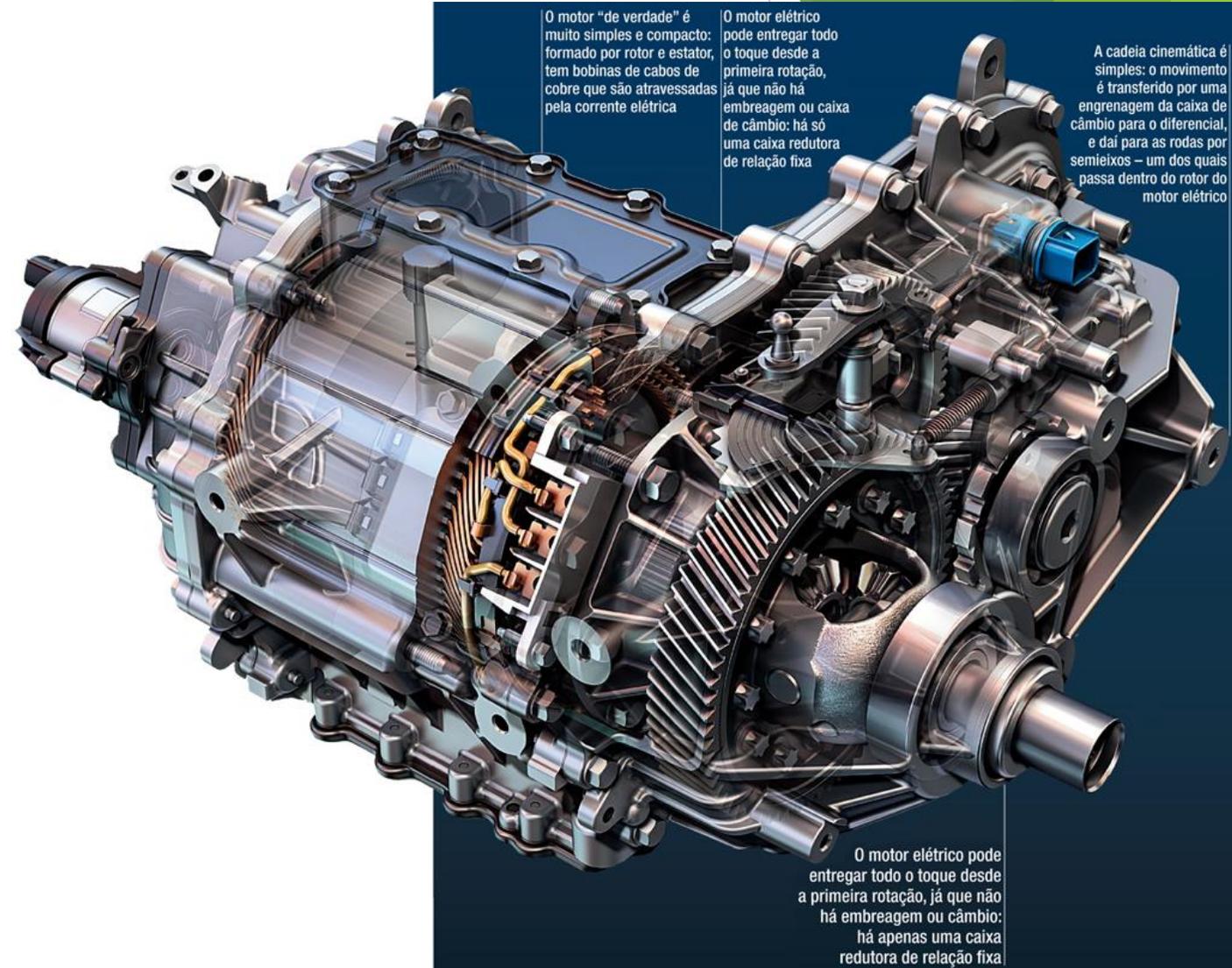
Operado diretamente pelo inversor do motor elétrico:  
D = Engatado para frente (Direct)  
N = Neutro (Desengatado)  
R = Ré (Reverso)

# Os carros elétricos são automáticos ou manuais?

A maioria dos VE's usa uma **única engrenagem**, graças à maior eficiência e banda de energia mais ampla inerente aos motores EV.

Alguns carros elétricos usarão uma **engrenagem de redução** e o **diferencial** para regular a potência, por isso não são manuais nem automáticos, mas simplesmente **orientados**.

Esta configuração é encontrada na maioria dos VE's de produção, como o **Honda E** e o **Audi e-Tron**, por exemplo.



# Os carros elétricos precisam de um cambio ?

## **Exercício de conversão:**

Vamos tirar o motor de um veículo com motor a combustão e substituí-lo por um motor elétrico equivalente.

Vamos manter o cambio original do veículo a ser convertido. O motor elétrico vai ser acoplado no cambio usando uma placa de fixação.

O que será que vai acontecer com o desempenho do veículo?



# Dados técnicos - Palio 1.6 FIRE MY 1999 gasolina

## FICHA TÉCNICA

### MOTOR

Dianteiro, transversal, 1.6 litros, 4 cilindros em linha, 8 válvulas; gasolina	
Número de válvulas por cilindro	2; OHC (comando de válvulas no cabeçote)
Cilindrada	1581 cm <sup>3</sup>
Potência máxima (cv / rpm)	92 / 5.750
Torque máximo (kgfm / rpm)	13 / 2.750
Diâmetro x curso	86.4 x 67.4 mm
Taxa de compressão	9.5
Sistema de alimentação	Injeção eletrônica multiponto

### TRANSMISSÃO

Câmbio manual de 5 marchas; tração dianteira

Relação das marchas

1a marcha - 3.91

2a marcha - 2.24

3a marcha - 1.52

4a marcha - 1.16

5a marcha - 0.87

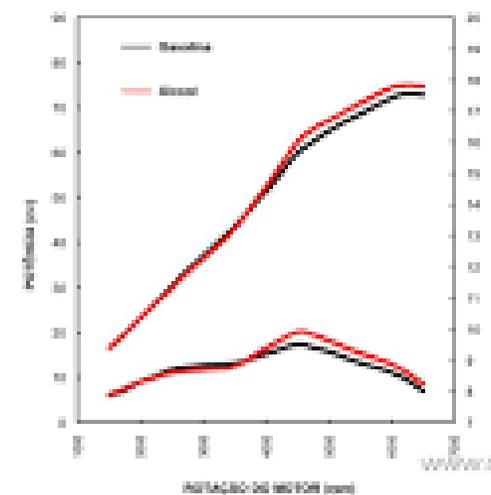
Ré - 3.91

Redução do diferencial 3.77

Carrosnaweb  
www.carrosnaweb.com.br



www.carrosnaweb.com.br



www.carrosnaweb.com.br

# Dados técnicos - Eletrificação do Pálio - motor WEG equivalente

## Motor Elétrico para Tração Veicular

### Características

- Carcaça: 112
- Potência máxima: 68 kW
- Torque máximo: 144 Nm
- Rotação máxima: 9000 RPM
- Grau de proteção: IP66
- Resfriamento: Água
- 810 W/kg
- Motor de Indução trifásico

### Vantagens

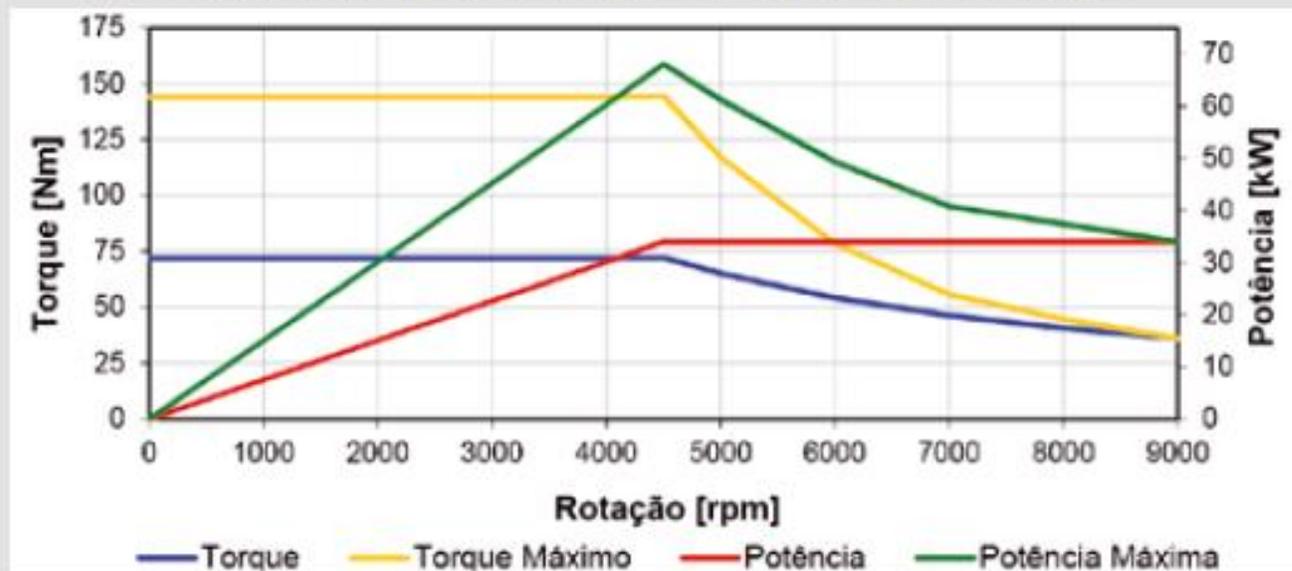
- Baixo ruído em operação
- Zero emissão de poluentes
- Baixo custo de manutenção
- Torque constante em ampla faixa de torque
- Alta densidade de potência

### Aplicação

- Automóveis elétricos



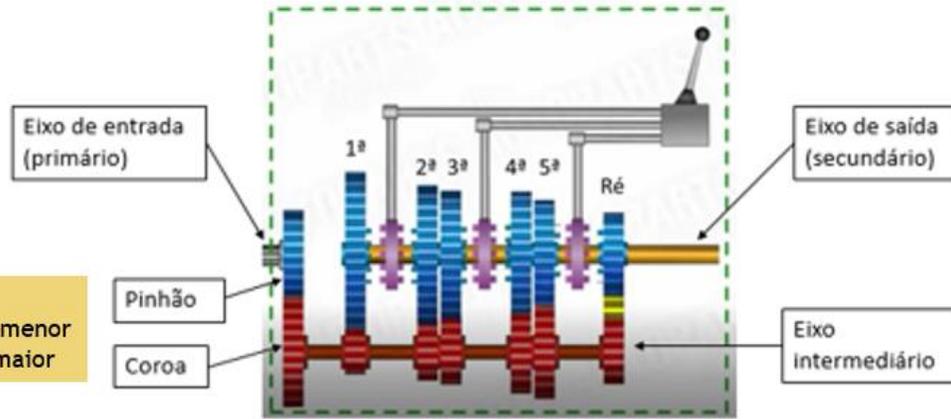
Torque / Potência versus Rotação - Motor de Indução Trifásico



Conversão kW para CV  
 $68 \text{ kW} = 92,5 \text{ CV}$

Conversão Nm para kgf.m  
 $144 \text{ Nm} = 14,68 \text{ kgf.m}$

# Dados técnicos - Força de Tração no Veículo



Por definição:  
 Pinhão = engrenagem menor  
 Coroa = engrenagem maior

Torque de saída:

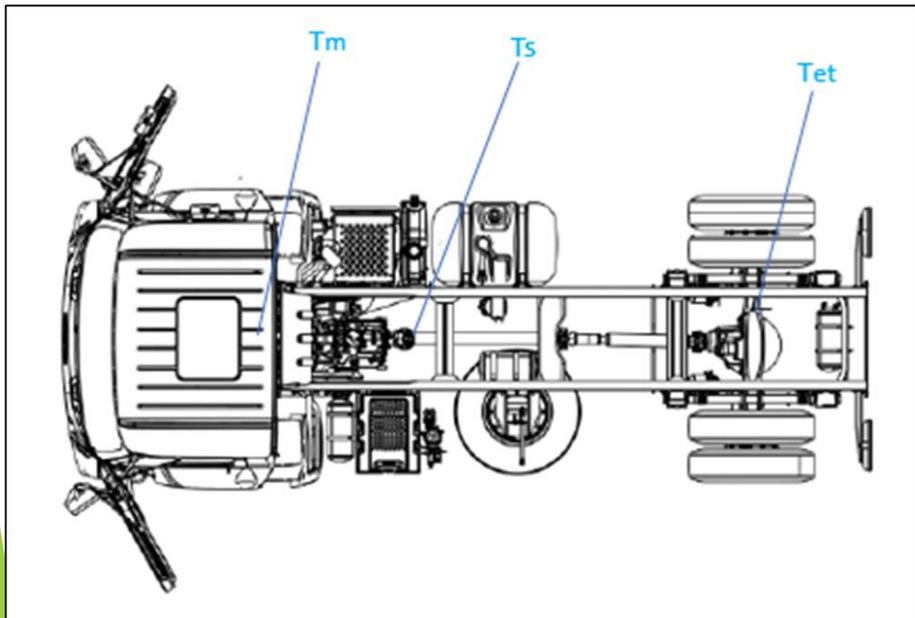
$$T_{saída} = T_m \cdot \frac{N_c}{N_p} \cdot \frac{N_s}{N_i}$$

$N_c$  = nº de dentes da coroa  
 $N_p$  = nº de dentes do pinhão

$T_m$  = torque máximo do motor  
 $n_m$  = rotação do motor

Rotação de saída:

$$n_{saída} = n_m \cdot \frac{N_p}{N_c} \cdot \frac{N_i}{N_s}$$



$T_m$  = Torque na saída do Motor

$T_s$  = Torque na saída da Transmissão

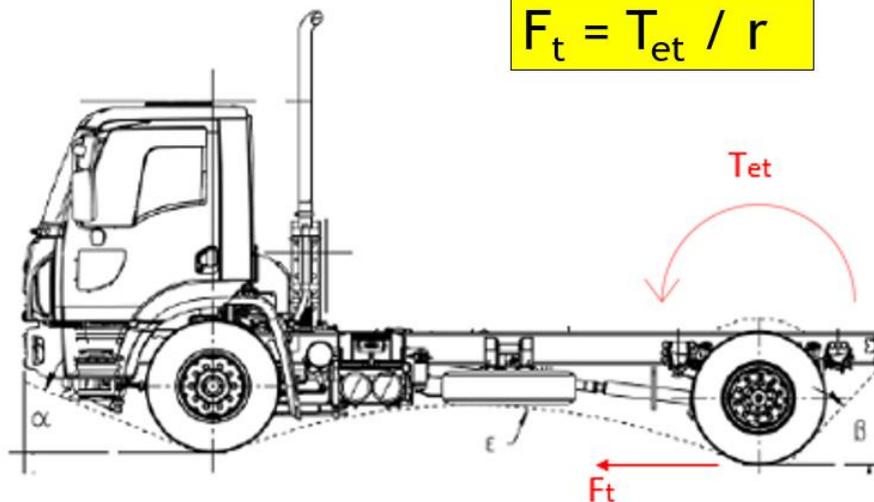
$T_{et}$  = Torque na saída do eixo de tração

$$T_{et} = T_s \cdot i_{dif}$$

$$n_{et} = n_s / i_{dif}$$

# Dados técnicos - Força de Tração no Veículo

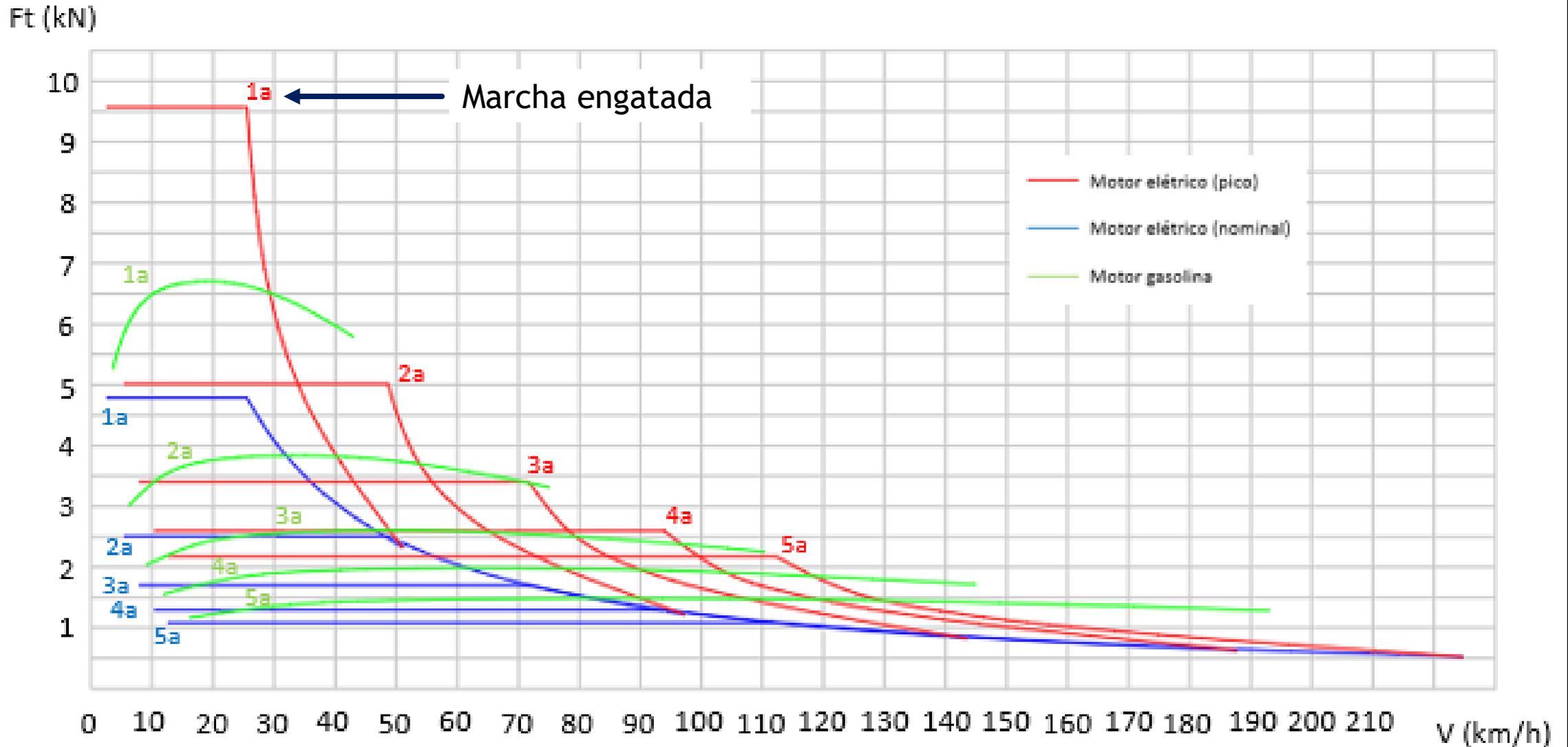
$$F_t = T_{et} / r$$



		Valores de velocidade e força trativa nas rodas dianteiras									
n (RPM)	T (N.m)	V (km/h)	Ft (N)	V (km/h)	Ft (N)	V (km/h)	Ft (N)	V (km/h)	Ft (N)	V (km/h)	Ft (N)
Motor Palio 1.0		1a		2a		3a		4a		5a	
61 CV (44,85 kW)		4,27:1		2,24:1		1,52:1		1,16:1		0,97:1	
8,1 kgf.m (79,46 N.m)		Relação do diferencial no eixo dianteiro = 4,36:1									
Raio do pneu 155/80 R13 = 0,280 m											
500	47,7322	2,83	3174	5,40	1665	7,96	1130	10,44	862	12,48	721
1.000	63,9015	5,67	4249	10,81	2229	15,93	1512	20,87	1154	24,96	965
1.500	73,6943	8,50	4900	16,21	2570	23,89	1744	31,31	1331	37,44	1113
2.000	78,0081	11,34	5187	21,62	2721	31,86	1846	41,74	1409	49,92	1178
2.500	79,3408	14,17	5275	27,02	2767	39,82	1878	52,18	1433	62,40	1198
3.000	79,46	17,01	5283	32,42	2772	47,78	1881	62,61	1435	74,88	1200
3.500	79,0068	19,84	5253	37,83	2756	55,75	1870	73,05	1427	87,36	1193
4.000	78,103	22,68	5193	43,23	2724	63,71	1849	83,48	1411	99,84	1180
4.500	76,8048	25,51	5107	48,64	2679	71,68	1818	93,92	1387	112,32	1160
5.000	75,1881	28,35	4999	54,04	2623	79,64	1780	104,36	1358	124,80	1136
5.500	73,3471	31,18	4877	59,45	2558	87,60	1736	114,79	1325	137,28	1108
6.000	71,39	34,02	4747	64,85	2490	95,57	1690	125,23	1290	149,76	1078

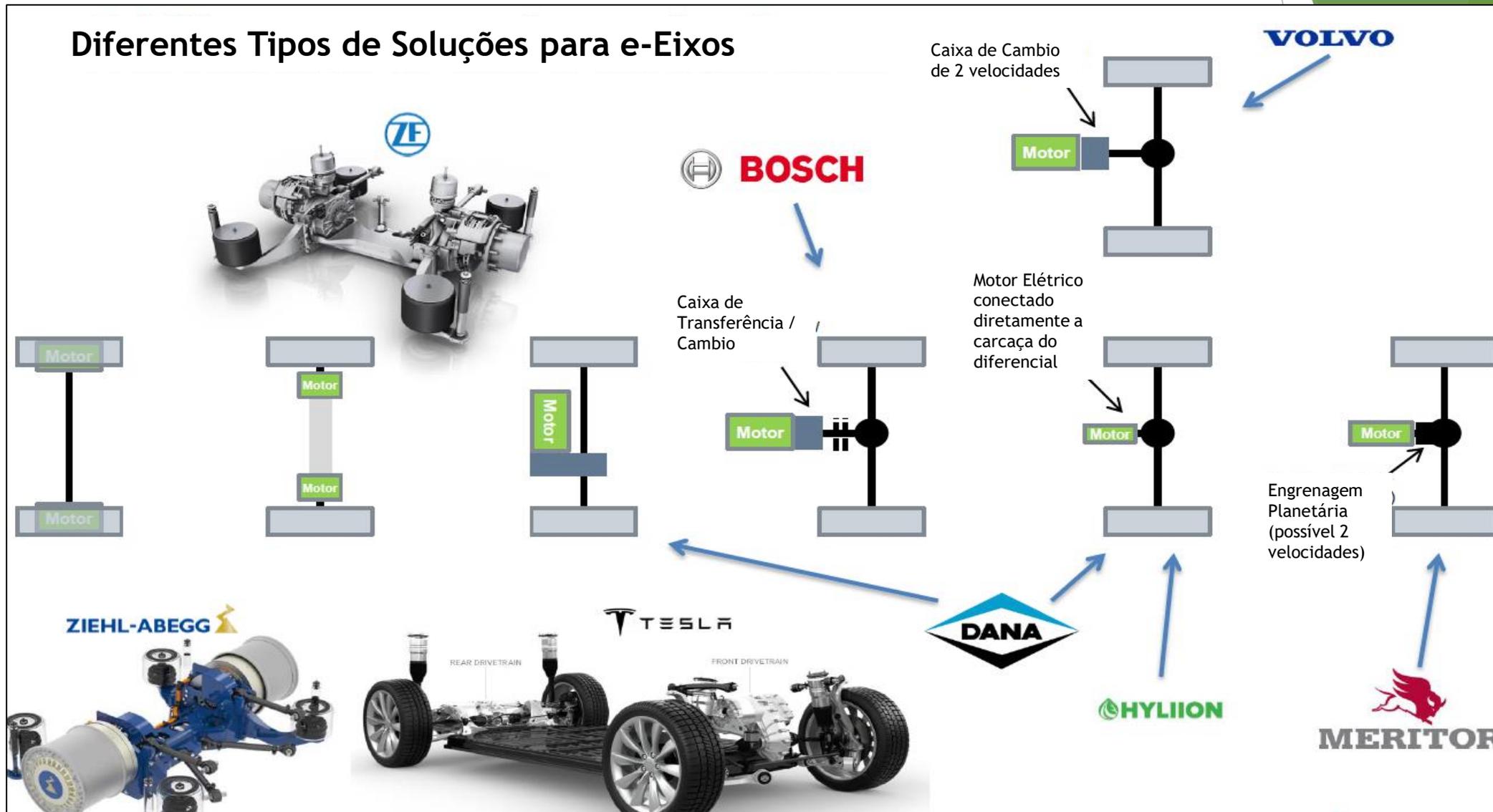
		Valores de velocidade e força trativa nas rodas dianteiras									
n (RPM)	T (N.m)	V (km/h)	Ft (N)	V (km/h)	Ft (N)	V (km/h)	Ft (N)	V (km/h)	Ft (N)	V (km/h)	Ft (N)
Motor WEG 34 kW nominal		1a		2a		3a		4a		5a	
		4,27:1		2,24:1		1,52:1		1,16:1		0,97:1	
Relação do diferencial no eixo dianteiro = 4,36:1											
Raio do pneu 155/80 R13 = 0,280 m											
500	72	2,83	4787	5,40	2511	7,96	1704	10,44	1301	12,48	1088
1.000	72	5,67	4787	10,81	2511	15,93	1704	20,87	1301	24,96	1088
1.500	72	8,50	4787	16,21	2511	23,89	1704	31,31	1301	37,44	1088
2.000	72	11,34	4787	21,62	2511	31,86	1704	41,74	1301	49,92	1088
2.500	72	14,17	4787	27,02	2511	39,82	1704	52,18	1301	62,40	1088
3.000	72	17,01	4787	32,42	2511	47,78	1704	62,61	1301	74,88	1088
3.500	72	19,84	4787	37,83	2511	55,75	1704	73,05	1301	87,36	1088
4.000	72	22,68	4787	43,23	2511	63,71	1704	83,48	1301	99,84	1088
4.500	72	25,51	4787	48,64	2511	71,68	1704	93,92	1301	112,32	1088
5.000	65	28,35	4322	54,04	2267	79,64	1538	104,36	1174	124,80	982
5.500	59,1085	31,18	3930	59,45	2062	87,60	1399	114,79	1068	137,28	893
6.000	54,184	34,02	3603	64,85	1890	95,57	1282	125,23	979	149,76	818
6.500	50	36,85	3325	70,25	1744	103,53	1183	135,66	903	162,23	755
7.000	46,4068	39,69	3086	75,66	1619	111,50	1098	146,10	838	174,71	701
7.500	43,2347	42,52	2875	81,06	1508	119,46	1023	156,53	781	187,19	653
8.000	40,3453	45,36	2683	86,47	1407	127,42	955	166,97	729	199,67	609
8.500	37,6307	48,19	2502	91,87	1313	135,39	891	177,40	680	212,15	568
9.000	35	51,03	2327	97,27	1221	143,35	828	187,84	632	224,63	529

# Diagrama de Forças de Tração - Motor à Combustão x Motor Elétrico



**CONCLUSÕES?**

# Montagem do motor elétrico - Tipos disponíveis no mercado



# Veículos elétricos com câmbios automáticos

Há também um surgimento de **câmbio automático de duas velocidades**, particularmente nos carros elétricos mais rápidos.

**Porsche** foi o primeiro a usar uma caixa de duas velocidades, no **Taycan**.

A **primeira marcha** é reservada exclusivamente para **lançamentos rápidos** e a **segunda marcha** é usada para **todo o resto**.

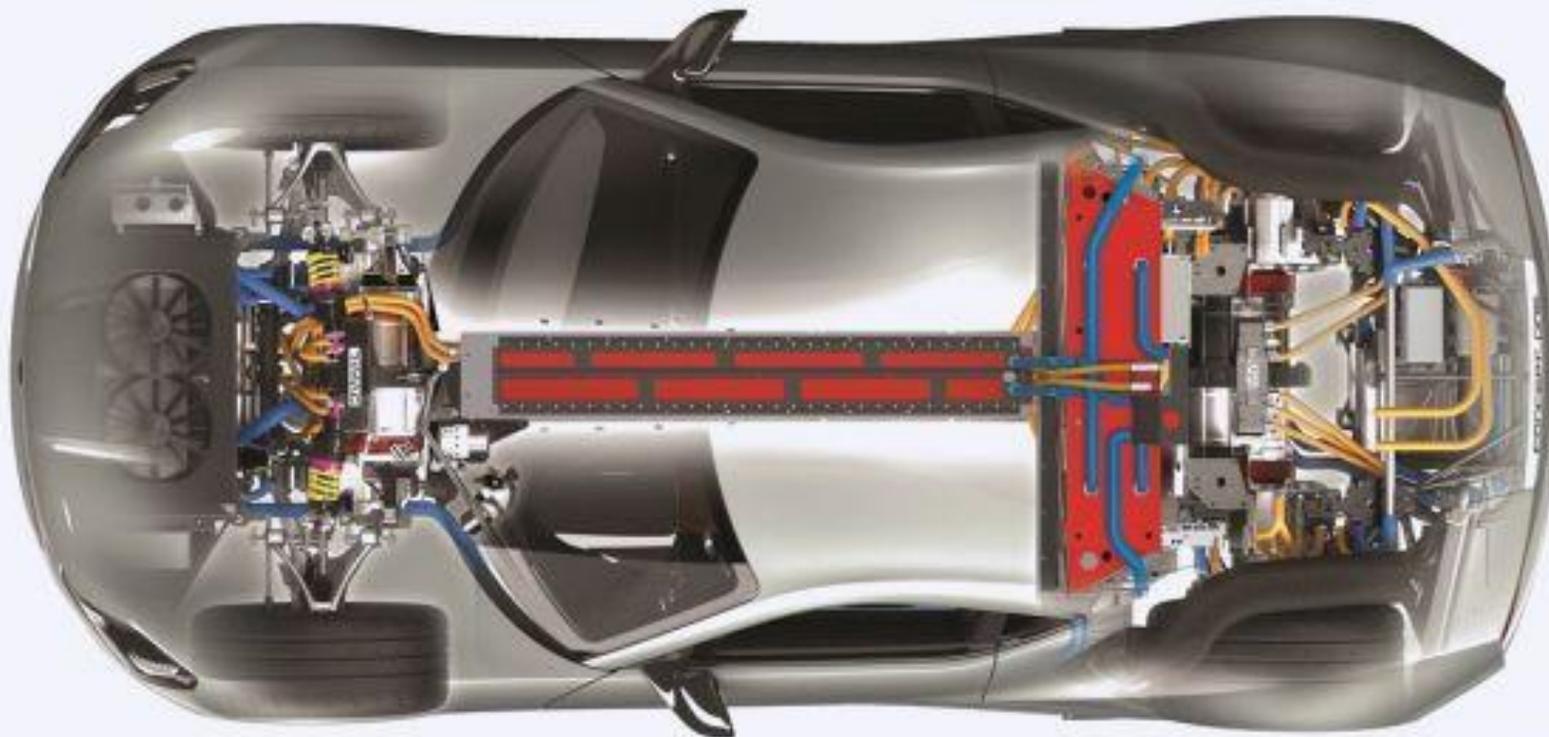
Caixas de câmbio de duas velocidades também podem surgir como uma forma de **equilibrar o desempenho** e a **gama de baterias** em **carros elétricos menores**.



# Veículos elétricos com câmbios automáticos

## RIMAC CONCEPT ONE

Cada um dos dois motores elétricos dianteiros pode entregar 250 kW, e cada um dos dois motores traseiros 300 kW. Isso daria um total de 1.100 kW - 1.475 cv - que não está nem perto do que ele realmente entrega. Seus 1.088 cv equivalem a cerca de 810 kW de potência.

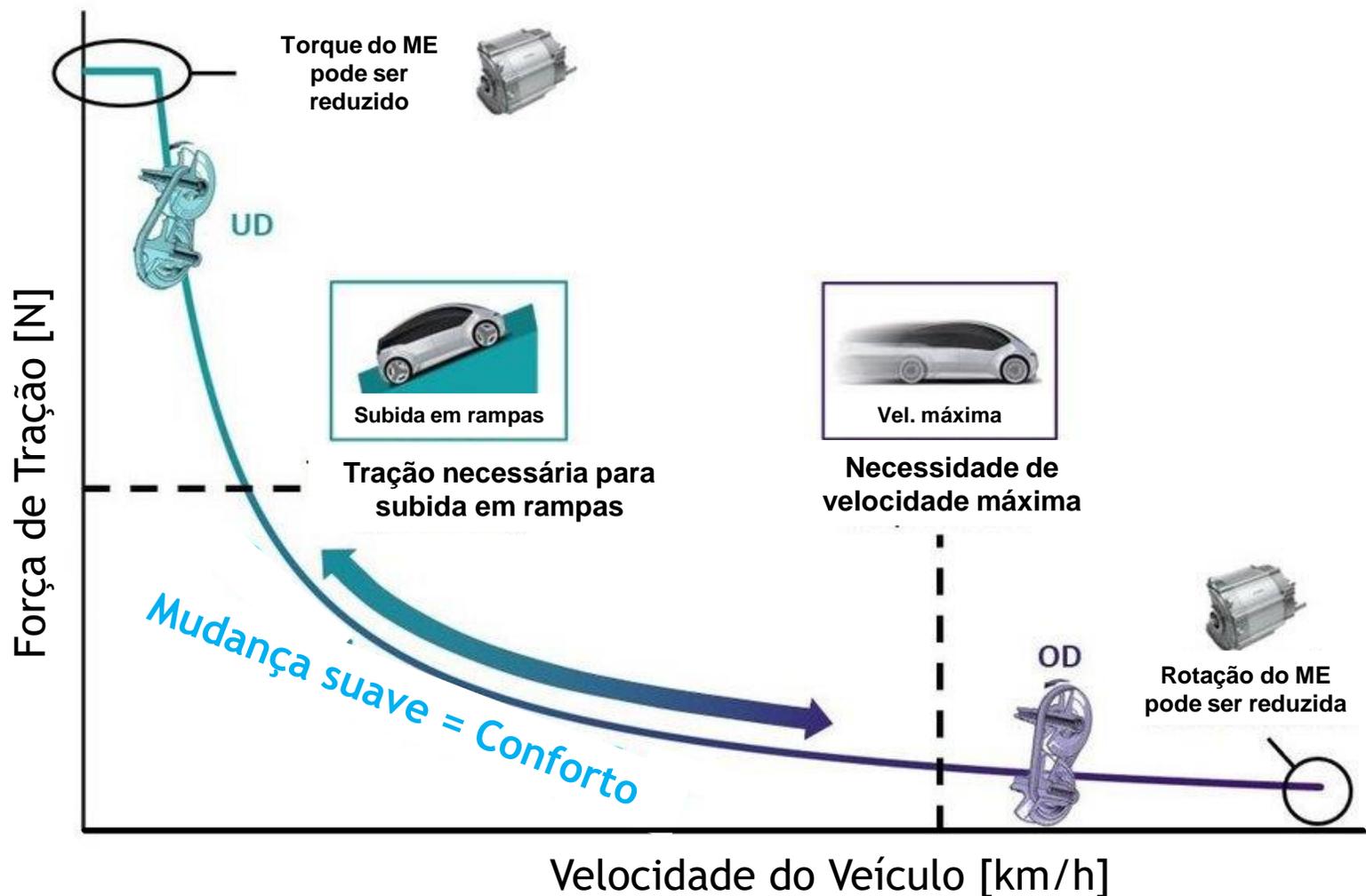


No **eixo dianteiro** tem dois motores, acoplado a uma única engrenagem de redução.

E no **eixo traseiro** tem dois motores, um por roda, cada um acoplado a uma **caixa de câmbio** com duas marchas e **dupla embreagem** com **discos de fibra de carbono**.



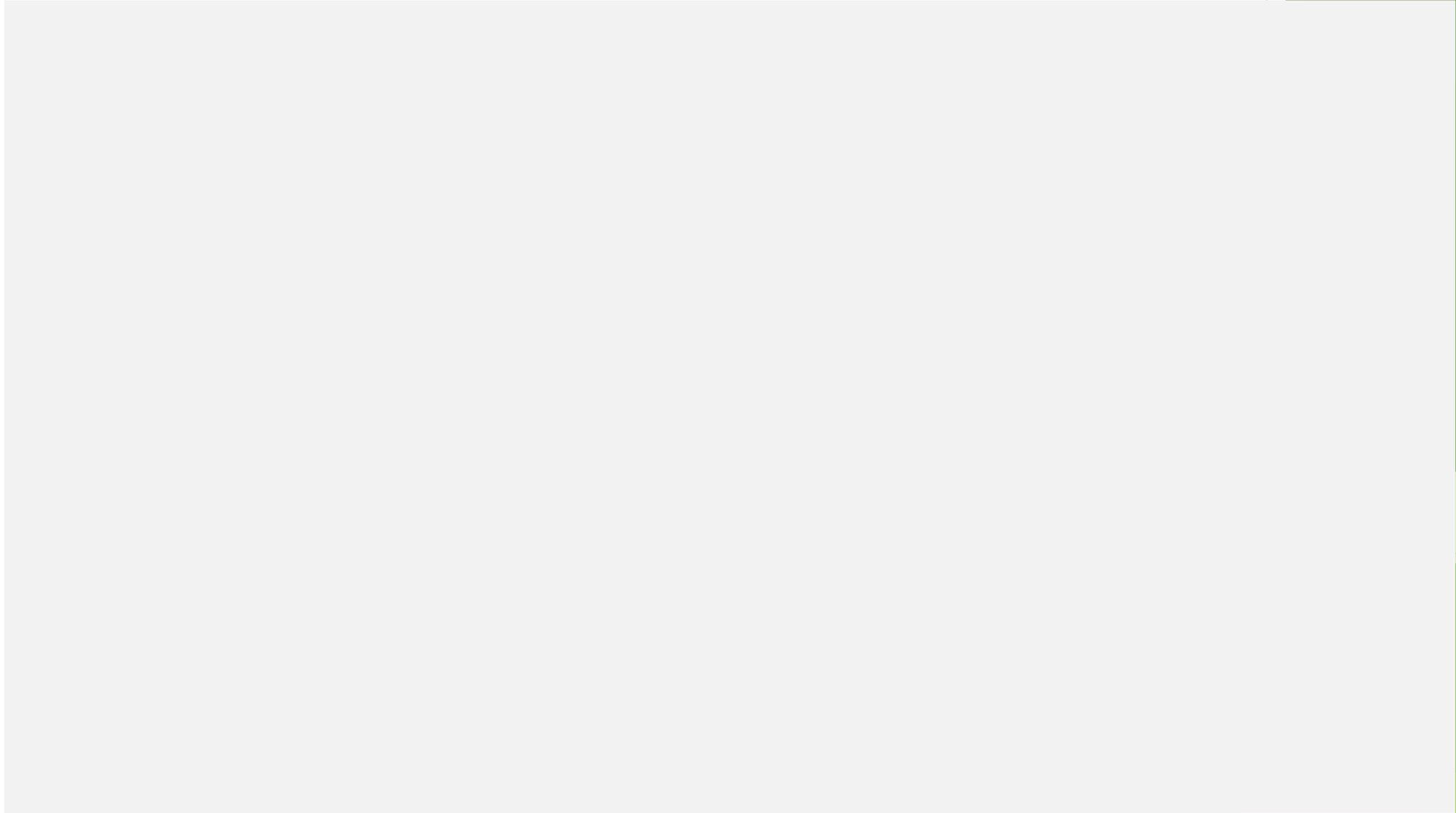
# Caixas de Transmissão Automáticas - CVT (o futuro para os VE's?)



O CVT é um sistema amplamente utilizado em carros não elétricos, e permite que um **veículo ajuste automaticamente** do rpm (rotações por minuto) e do **torque** do motor do carro de acordo com sua velocidade, garantindo assim um **equilíbrio ideal** entre **eficiência** e **desempenho**.

É assim que a Transmissão Continuamente Variável funciona em um carro elétrico. À medida que a **velocidade do carro** (eixo x) aumenta, a **tração** (eixo y) diminui. O CVT garante uma transição suave e confortável.

# Caixas de Transmissão Automatizadas para VE Comerciais



Quer assistir em casa?: [\(9\) EV Transmissions overview - YouTube](#)

Na conversão de veículos para tração elétrica

## Tipo de transmissão



Vamos ver o que é interessante observar nessa escolha?

# Na conversão de veículos para tração elétrica

## Manter ou não a transmissão em seu projeto?

### Quando se deve manter o câmbio mecânico:

1. Motores elétricos de preço mais baixo tem menor rpm (não alcançam a velocidade final desejada);
2. Se o motor disponível não tiver potência suficiente para manter o veículo em altas velocidades; Na conversão de veículos para tração elétrica
3. Se o motor disponível não tiver torque suficiente para escalar subidas, rampas e obstáculos que estão em sua região;
4. Facilitar a montagem do motor disponível



### Informações que você deve ter em mãos:

- A potência do motor a gasolina usado no veículo originalmente.
- A rotação da parte onde será acoplado o motor (diferencial, eixo de roda ou transmissão).

Na conversão de veículos para tração elétrica

## Manter ou não a transmissão em seu projeto?

**Nunca use uma transmissão automática a não ser que seja um expert em eletrônica e saiba exatamente o que está fazendo.**

Transmissões automáticas usam módulos, que por sua vez precisa de informações fornecidas por sensores do motor e outros componentes para que possa funcionar.

Com a falta desses sensores (já que iremos retirar o motor a combustão interna), você vai ter que enganar o modulo enviando sinais que ele reconheça.

Esse trabalho é muito complicado e dispendioso!

Portanto, no caso de optar pelo uso de uma transmissão, **use sempre a mecânica.**

