

Transmissões híbridas

Em constante evolução, as transmissões de potência dos tratores se modernizam e, em breve, as teremos mais próximas do que se utiliza atualmente nos automóveis, integrando sistemas e tornando-se híbridas

Os mecanismos adotados para o controle das emissões poluentes nos veículos resultaram na incorporação de elementos elétricos, com a manutenção do motor térmico, o que significou o surgimento do conceito de veículos híbridos, aplicado primeiro ao motor e agora também à transmissão. Uma análise de ambos os con-

ceitos indica que é conveniente não os dissociar, porque eles estão ligados um ao outro. Mas ao estudá-los juntos, o problema da terminologia surge, quando há vários termos que compartilham um mesmo símbolo ou sigla. Separadamente, se entende, mas ao juntar o veículo, o motor e a transmissão, a sigla se repete e acaba ficando confuso. Como exemplo, podemos citar os termos

Power-Shift e *Power-Split*, ambos tratados como PS ou H em HEV, o que significa Híbrido, embora em HS seja Hidrostático.

Portanto, conforme a análise do conjunto veículo, motor e transmissão, foi elaborada uma proposta (tabela 1), com as siglas usuais e as propostas, bem como os termos utilizados no conjunto.

Veículos híbridos

Geralmente são classificados de acordo com diferentes critérios (figura 1):

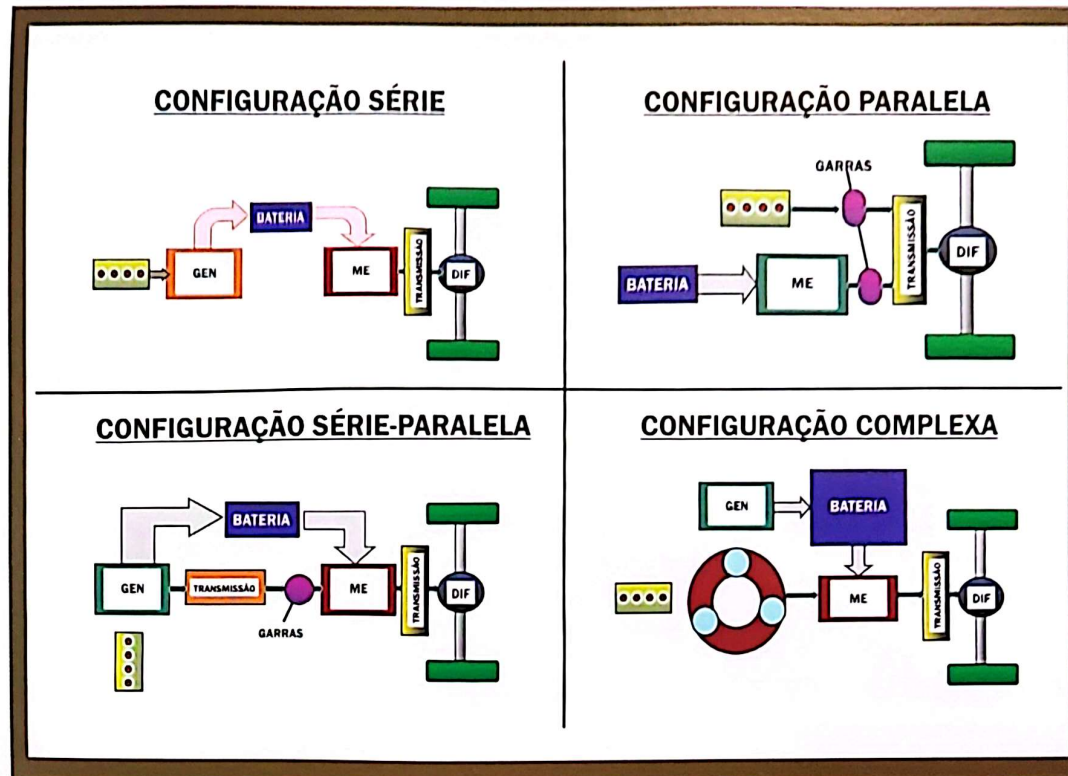
- Pela arquitetura.
- Em série: não há propulsão por rodas pelo motor térmico.
- Em paralelo: há propulsão pelo motor térmico e pelo motor elétrico.
- Em série/paralelo: pode funcionar, seja em série ou em paralelo, até mesmo não ser híbrido (elétrico ou térmico).



- Híbrido com configuração complexa (*power-split*). Um sistema planetário distribui a potência entre os dois caminhos da configuração, em paralelo. Um exemplo característico é o automóvel Toyota Prius.

- Pela carga da bateria.
- Podem ser carregados externamente.
- Não podem ser carregados externamente.
- Pelo grau de hibridização.
- Baixo (micro) ou híbridos leves: o motor elétrico funciona na partida e em situações em que é necessário acelerar rapidamente, mas não impulsionando as rodas, por isso não é um veículo híbrido, mas um sistema auxiliar para melhorar o desempenho do motor térmico. A bateria do circuito do motor elétrico é de 48 volts.
- Médio (leve): o motor elétrico é usado somente para acelerar. Também não é um híbrido.
- Alto (completa ou forte): o motor elétrico pode impulsionar as rodas

Figura 1 - Conceitos tradicionais de arquiteturas de veículos híbridos



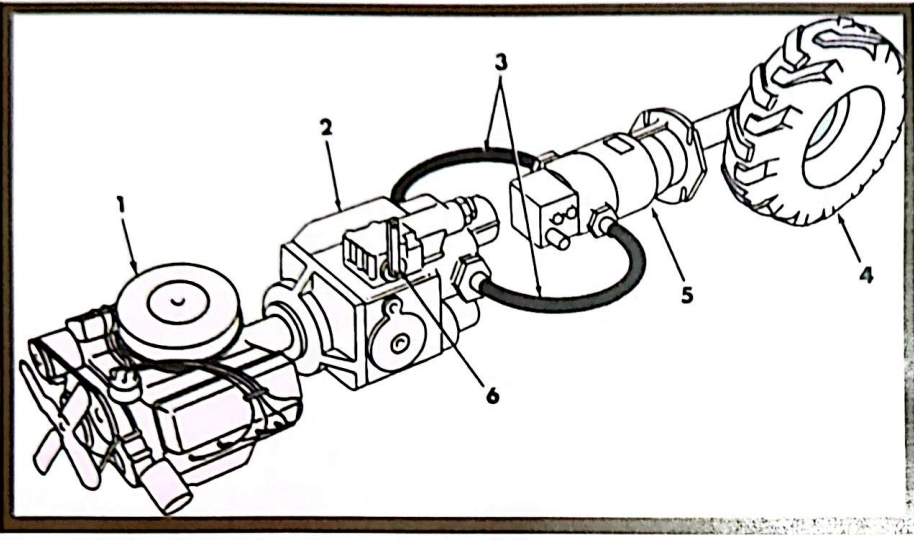
López Martínez, J.M., 2018

Veículos híbridos por fluxo de potência

A razão do surgimento do termo “híbrido” está na utilização de diferentes fontes de energia. Embora existam algumas tentativas de usar energia solar, em tra-

tores agrícolas eles estão ao nível de protótipo, e esquecendo o metabólico (humano e animal), a fonte de energia usada em veículos terrestres é a química. A partir daí, as diferenças são estabelecidas por três razões: o número de

Figura 2 - Veículo hidrostático. 1) Motor térmico, 2) Bomba hidráulica, 3) Tubos de óleo sob pressão, 4) Roda motriz, 5) Motor hidráulico, 6) Sistema de regulação



rar um veículo com uma única rota de potência como híbrido, obrigaria a colocar esse mesmo rótulo no veículo hidrostático (Figura 2) no qual acontecem três transformações de energia (química → mecânica → hidráulica) que nunca foi chamado de híbrido. Outros critérios seriam o número e o tipo de elementos (geradores, bombas, motores) ou o sistema de reabastecimento (combustível, eletricidade) e o tipo de arquitetura. Atualmente, são consideradas cinco arquiteturas (Figura 3), dependendo da posição do motor elétrico.

Transmissões multimodos

Como um passo intermediário entre o veículo térmico convencional e sua transmissão - seja manual, automática, de dupla embreagem ou CVT - e as transmissões híbridas estão as transmissões multimodos, nas quais a existência de componentes controladores da mesma, como em-

breager vos, per modos ría a tra Com a e cionanc do tipo riarior n breager como u As se John De -Matic, sões mu

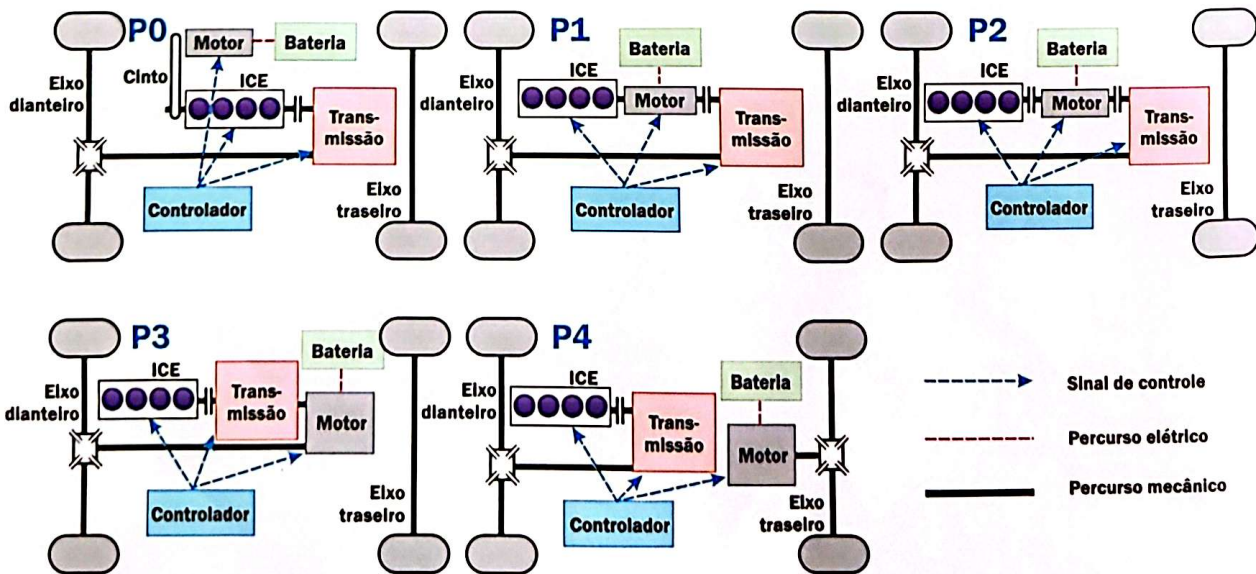
Trai híb

No S nado "M zado en foi mos missões: são até porção híbrido sados c timada avanço das Hy lades r bridas enqua dem s Poç prime do Toy missã ca Mu nica n nha, c na tra contir ment tricas pulsic missã foi pr pre t mico trega

transformações que se produzem entre a fonte de energia e as rodas; o número de caminhos do fluxo de energia que existem entre ambos; e os dispositivos onde a energia é transformada.

Na Tabela 1, somente foi considerado híbrido o veículo que possui duas rotas para o fluxo de potência para as rodas (HyELVe), que geralmente é conhecido como híbrido em paralelo ou composto. Conside-

Figura 3 - Arquitetura do sistema de transmissão do motor de um veículo híbrido



Fonte: Yuang, J., 2019

breagens, freios ou outros dispositivos, permitem seleccionar diferentes modos de trabalho. Um exemplo seria a transmissão Torotrak (Figura 4). Com a embreagem coroa-roda funcionando como um CVT ramificado, do tipo planetário somador, com variador mecânico toroidal. Com a embreagem planetária-rodas atuando como um CVT não ramificado.

As séries 8000 e 7R dos tratores John Deere, bem como a Claas C-Matic, entre outras, são transmissões multimodos.

Transmissões híbridas

No Simpósio Schaeffler, denominado "Mobility for tomorrow", realizado em abril de 2018, na Alemanha, foi mostrada a evolução das transmissões nos últimos anos e a previsão até 2030, juntamente com a proporção de veículos térmicos (30%), híbridos (40%) e elétricos (30%). Passados quatro anos, a proporção é estimada em 20-40-40. O mais recente avanço das transmissões são as híbridas HyEIT (EVT na Figura 5), com unidades elétricas. As transmissões híbridas são geralmente multimodos, enquanto que as multimodos podem ser híbridas ou não.

Pode-se considerar que uma das primeiras transmissões híbridas é a do Toyota Prius, HyEIVE com transmissão multimodos híbrida elétrica MuHyT e uma transmissão mecânica muito pequena. Na mesma linha, o uso de elementos elétricos na transmissão leva a transmissões continuamente variáveis eletricamente, EIVT. Como as unidades elétricas também são usadas para impulsionar as rodas, o termo Transmissão Híbrida especializada (DHT) foi proposto para veículos que sempre transportam componentes térmicos e elétricos e pretendem integrar o motor e a transmissão em

Figura 4 - Transmissão Torotrak multimodos. Parte inferior esquerda: CVT ramificada; direita, CVT não ramificada

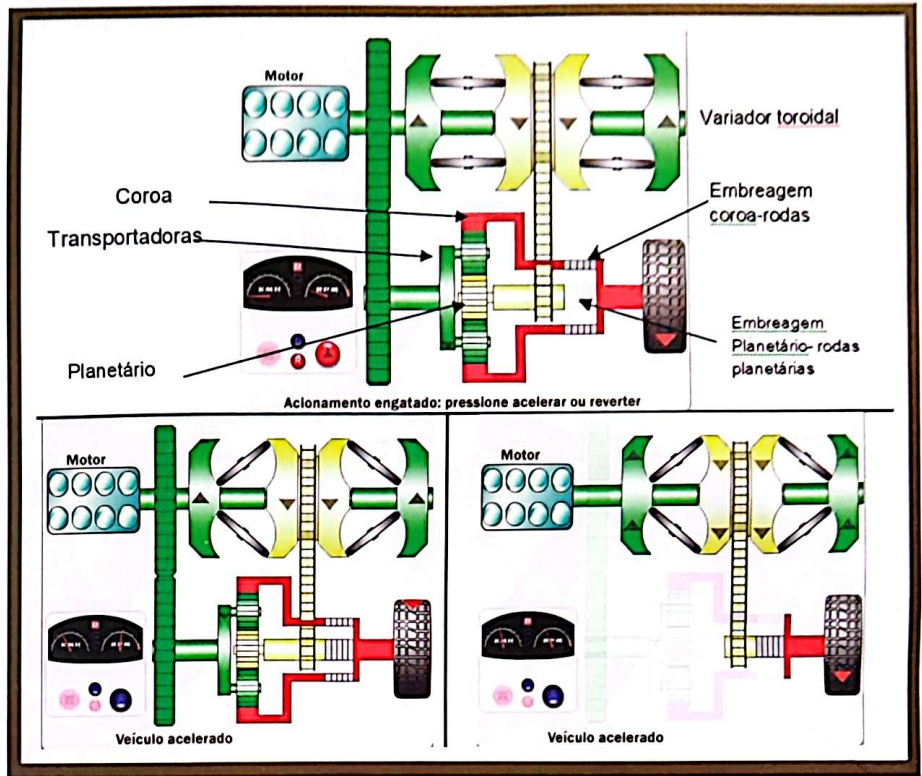
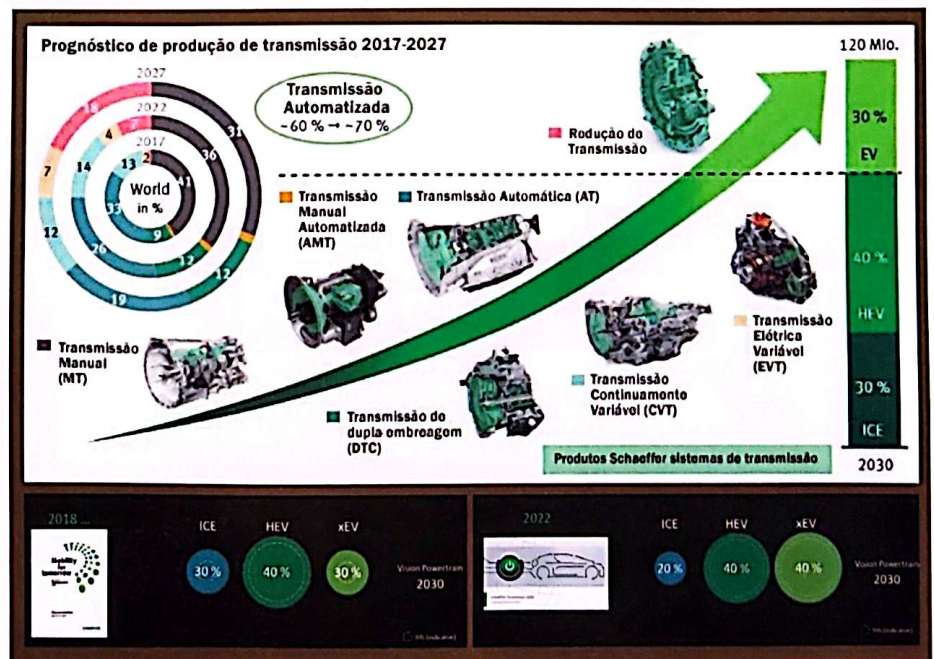


Figura 5 - Evolução das transmissões e veículos no período 2017-2030



Fonte: Schaeffler, 2018 e 2020

uma única unidade física e funcional (Schaeffler Symposium, 2018). A transmissão é simplificada por

ter algumas funções executadas pela máquina elétrica, de modo que sem ela a transmissão não

Tabela 1 - Terminologia no conjunto veículo-motor-transmissão

Símbolo ou Sigla			Termo		
Proposto	Frequente	Descrição	Proposto	Frequente	Descrição
B	B	Baterias	ICoE	ICE	Motor de Combustão Interna
Br		Ponte	EIVe	EV	Veículo Elétrico
C	C	Continuamente	EIMa	EM	Máquina Elétrica
Ce	C	Célula	EIMo	EM	Motor Elétrico
Cl	C	Embreagem	MoG		Motogerador
CO	C	Combustão	HSVe	HSV	Veículo Hidrostático
D	D	Dedicado	HyEIVe	HEV	Veículo Elétrico Híbrido
Di		Divisor	HST	HST	Transmissão hidrostática
E	E	Motor	HMT	HMT	Transmissão hidromecânica
O	E	Elétrica/Eletrônica	MT	MT	Transmissão mecânica
F	F	Combustível	CVP	CVP	Potência continuamente variável
Fu		Unidade fixa	CVT	CVT	Transmissão continuamente variável
G	G	Gerador	PSf	PS	Power shift
Ge	G	Marchas	PSP	PS	Power split
H	H	Hidráulico/Hidrostático	MuHyT		Transmissão híbrida múltiplos modo
Hy	H	Híbrido	EIVT		Transmissão Variável Eletricamente
I	I	Interno	DHyT	DHT	Transmissão Híbrida Dedicada
In	I	Inversor	CVTU		Unidade CVT
M	M	Mecânica	CVTNSp		CVT Non split
Ma	M	Máquina	CVTSp		CVT Split
Me		Metabólico	CVTSpDi		CVT Split com Divisor
Mo	M	Motor	CVTSpSu		CVT Split com somador
MU		Múltiplos modos	CVTSpBr		CVT Split com Ponte
N		Não	VU		Unidade Variável
P	P	Power	FU		Unidade fixa
Pa		Paralelo	PIGeTr	PGT	Trem de Engrenagens Planetárias
PL	P	Planetário			
Pu		Bomba			
Q	-	Química			
S	S	Estático			
Se	S	Séries			
SF	S	Shift			
SP	S	Split			
Sua		Somador			
T	T	Transmissão			
TR	T	Trem			
U	U	Unidade			
V	V	Variável			
Ve	V	Veículo			
Vu		Unidade variável			

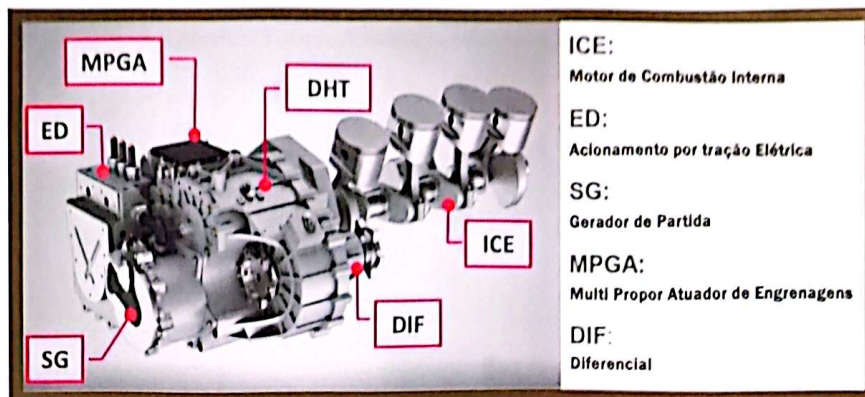
pode funcionar (Sabzewari, K. et al., 2021). Na Figura 6, são mostrados os elementos básicos da tecnologia de transmissão híbrida: um motor térmico (ICoE; ICE na figura), um motor elétrico para acionamento das rodas (EIMo, ED na figura) e um motor elétrico auxiliar para a partida/arranque (G; na figura SG ou Gerador de partida).

Os modos de trabalho da transmissão são mostrados na Figura 7. Utiliza-se a simbologia da figura. No modo elétrico puro (E-Drive), o motor térmico (ICE) e o auxiliar (SG) estão desacoplados. Em baixa velocidade e ré, apenas o motor elétrico EV (ICE-Drive +LPS) opera. Para garantir a tração, quando a bateria está descarregada, se ativa o modo híbrido em série (Serial Hybrid), com o motor térmico acionando o gerador do motor SG para gerar energia elétrica. O motor elétrico ED pode opcionalmente ser ativado para auxiliar o motor térmico, em caso de aumento de carga, para recarregar a bateria e para aumentar a carga do ponto de mudança (Load shifting point).

Perspectivas de transmissão híbrida

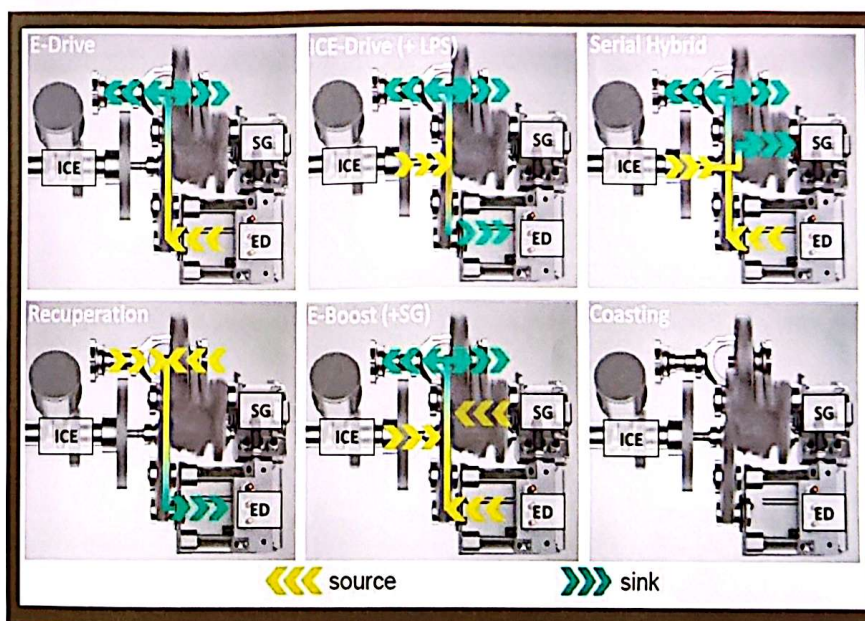
Como já foi dito, a hibridização de um veículo é um pacote projetado para abranger o motor e a transmissão, portanto seu desenvolvimento depende da tecnologia de propulsão. As baterias e seu custo são o cavalo de batalha para torná-las comercialmente viáveis, embora as disposições legais possam exigir que elas sejam consideradas sem discussão. Lembremo-nos o que a conformidade com os regulamentos de emissões em motores térmicos significou no custo do trator. Os fabricantes desenvolvem disposi-

Figura 6 - Elementos de uma transmissão DHT. Dois motores elétricos (ED e SG na figura), a caixa DHT, corpos de direção da caixa (MPGA, multi propose gear actuator for dog clutch actuation) em uma caixa híbrida de arquitetura P1+P3



Fonte: Sabzewari, 2021

Figura 7 - Modos de trabalho da transmissão DHT da figura 6. Acima: esquerda, modo elétrico; centro: térmico; direita: híbrido em série. Abaixo: esquerda, recarga da bateria com frenagem; centro, elétrico e elétrico auxiliar; direita, ponto morto



Fonte: Sabzewari, K. et al. 2021

tivos para atender aos padrões/normas, mas às custas de tornar o produto muito caro. Em veículos como tratores, com séries de fabricação muito mais reduzidas que no setor automotivo, a incidência é maior.

No caso de transmissões híbridas, soluções mais econômicas

podem ser encontradas com unidades elétricas que não pretendem impulsionar o veículo, mas apenas controlar a transmissão e simplificá-la.

Pilar Linares,
 Professor "Ad Honorem"
 Universidade Politécnica de Madrid