



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA**

Laboratório Virtual de Sistemas Veiculares



FUNCIONAMENTO

INTRODUÇÃO E OBJETIVO

O mercado automotivo é um que está em constante evolução e crescimento. A demanda por carros mais seguros e avançados – que sejam, ao mesmo tempo, *eco-friendly* – está cada vez maior. No entanto, para um simples proprietário de carro, nem sempre existe um conhecimento das tecnologias utilizadas em seu veículo. Como resultado disso, alguns destes proprietários perdem dinheiro desnecessário cuidando dos seus carros, ou até mesmo adquirindo alguns que não atendem às suas necessidades, pois não conhecem alguns conceitos simples que são muito importantes na hora de adquirir, manter e utilizar o veículo.

O **laboratório virtual de sistemas veiculares** tem como objetivo estudar temas que se destacam como principais dúvidas desse grupo de proprietários de automóveis e “traduzi-los” de forma simples para melhor entendimento, fornecendo auxílio por meio de material escrito disponível em diversas redes sociais. No entanto, por trás do processo de “descomplicar”, existem estudos mais aprofundados contendo muito mais informações, termos técnicos e específicos do que são utilizados no material divulgado pelo laboratório virtual. Este primeiro volume de cartilhas tem como objetivo divulgar estes estudos por completo para a comunidade acadêmica ou até mesmo para proprietários que buscam entender mais profundamente de seus automóveis.

Sistemas de direção

O sistema de direção em um veículo é utilizado para orientá-lo na direção desejada pelo piloto. O movimento do volante é enviado para as rodas através de um arranjo de colunas, engrenagens, fluidos ou movimentação através de motor elétrico. A evolução do sistema de direção tem sido focada em melhorar o funcionamento, confiabilidade e especialmente o conforto oferecido ao condutor. Ao longo dessa evolução, o sistema passou de uma relação mecânica de pinhão e cremalheira para um sistema de auxílio hidráulico, que aos poucos tem sido substituído nos carros atuais pelo sistema totalmente elétrico.

A **direção mecânica** é a forma mais rudimentar do sistema de direção. Essa montagem não possui sistemas elétricos, e depende essencialmente da relação mecânica entre pinhão e cremalheira. O movimento de rotação desempenhado no **volante** é levado, através da **coluna de direção** até o **pinhão**. O pinhão é a engrenagem que irá movimentar a **cremalheira**, uma barra dentada. É neste ponto de conexão que ocorre a conversão do movimento de rotação para o de translação. A cremalheira, então, está conectada aos **tie-rods**, que são a conexão entre a cremalheira e o braço de direção. O tie-rod possui mais graus de liberdade do que a cremalheira, permitindo transmitir o movimento de translação para o braço de direção mesmo que em ângulo. Isso é necessário devido aos diversos tipos de construção do sistema de direção, sendo aplicados diferentes tipos a depender do veículo e suas dimensões. O **braço de direção** é a distância do ponto em que se projeta que a força deva agir para rotacionar a roda da forma adequada e o eixo de rotação. No entanto, muitas vezes ele é interpretado com uma peça conectada na manga de eixo (por vezes, faz parte da própria manga), que se conecta ao tie-rod para receber o movimento de translação e servir de alavanca para o esterçamento da roda. Todos os sistemas a seguir derivam da mesma construção, sendo implementados

componentes adicionais para facilitar a movimentação e alcançar o nível de conforto desejado.

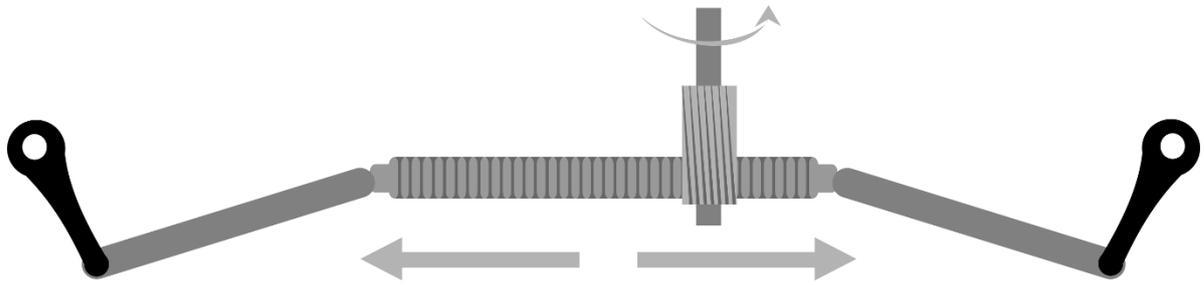


Figura 4 – Ilustração do funcionamento da direção mecânica. (Fonte: Autor)

A **direção hidráulica** adiciona uma **bomba hidráulica** ao sistema anterior que é alimentada pela rotação do motor do veículo. Essa bomba envia o fluido para uma **válvula de controle**, geralmente situada em alguma região da coluna de direção. O objetivo é que, quando não houver movimento do volante, a válvula permite que o fluido siga um ciclo fechado, voltando para o **reservatório** sem desempenhar o auxílio ao sistema de direção. Mas ao movimentar o volante, o ciclo é cortado e uma nova saída é aberta para o fluido, enviando-o para a região da cremalheira, onde aplicará a pressão gerada aos **ênbolos**, auxiliando o movimento da cremalheira na direção desejada. Após isso, o fluido retorna ao reservatório. Antes de retornar, porém, o fluido passa **por canais de resfriamento**. Apesar do ganho no conforto, uma desvantagem é a perda de 2% a 3% da eficiência de consumo do motor (GENTA e MORELLO, 2008), devido aos canais de resfriamento e a utilização do movimento do motor pela bomba.

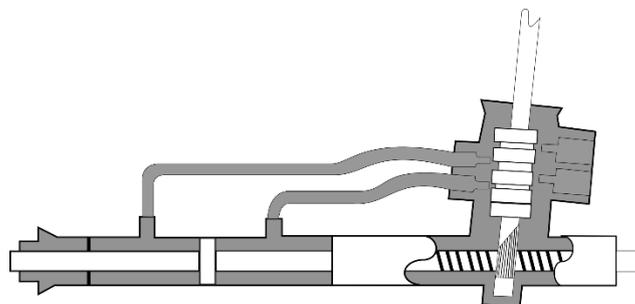


Figura 5 – Interior da válvula de controle e êmbolos da cremalheira no sistema de direção hidráulica. (Fonte: GENTA & MORELLO, 2008)

Uma forma de contornar o problema da falta de eficiência foi a **direção eletro-hidráulica**, que ao invés de utilizar a potência vinda do motor a combustão, utilizava um **motor elétrico** para realizar a rotação necessária. No entanto, esse tipo de sistema tem sido deixado de lado, sendo substituído pela **direção elétrica** (GENTA e MORELLO, 2008). Essa construção do sistema de direção é bastante simplificada no que se trata de componentes, mas o seu funcionamento depende de programas muito bem elaborados que traduzem os dados recebidos no movimento necessário para esterçar as rodas. O movimento do volante é captado através de **sensores** que fornecem à **ECU** (central de controle eletrônica) dados como: **torque, velocidade de rotação e o ângulo do volante** (GENTA e MORELLO, 2008). Estes dados são então interpretados e a ECU automaticamente gera o torque necessário no **motor elétrico** conectado ao sistema para realizar maior parte do esforço necessário para o esterçamento. É o sistema que exige a menor quantidade de força do condutor. Além do ganho ergonômico, o sistema também é bastante útil no quesito de segurança, pois consegue interpretar dados além da movimentação única do volante, como também a velocidade do carro, e em carros que possuem recursos mais avançados em automação, podem até realizar movimentos para o condutor. Os exemplos mais comuns atualmente são: assistência de permanência na faixa da rodovia, sistemas de estacionamento autônomo e até mesmo piloto automático (carros da Google, Tesla e entre outras empresas).



Figura 6 – Montagem do sistema de direção elétrica. (Fonte: GENTA & MORELLO, 2008).

Marchas

A força necessária para movimentar um veículo de uma tonelada e meia ou mais é demasiadamente grande, especialmente quando essa força não é diretamente aplicada ao veículo, sendo criada a partir do torque gerado no motor para o eixo de tração, dependendo também do atrito do pneu com o solo. Apesar da força de um motor a combustão ser gerada por diversas explosões alternadas, o torque vindo do motor exclusivamente não é o suficiente para garantir o movimento do veículo nas situações comuns de condução. Para obter torque suficiente para mudar o estado de inércia de um veículo e garantir velocidades de rotação maiores quando necessário sem trocar o motor, utilizam-se relações de engrenagens que são encontradas nas marchas.

Em uma caixa de câmbio, onde encontra-se os componentes necessários para a realização de troca de marchas, pode-se destacar os seguintes: engrenagens, eixos, conjunto sincronizador, embreagem e o câmbio.

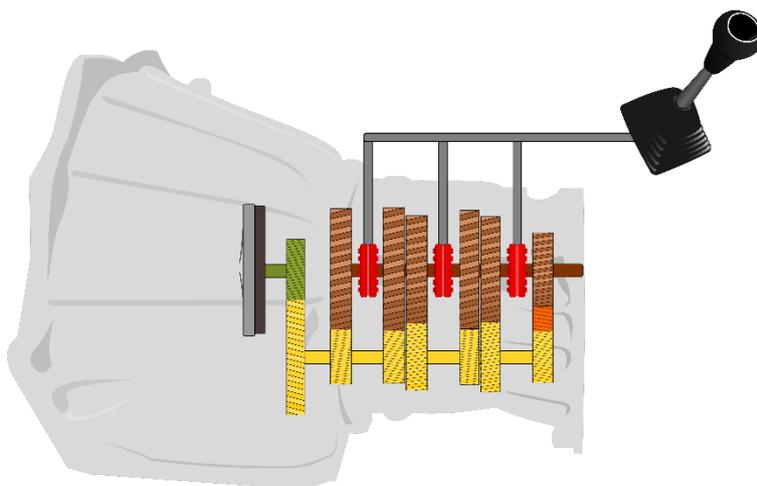


Figura 7 – Esquema de uma caixa de marchas manual. (Fonte: Autor)

O processo segue um fluxo relativamente simples: o motor a combustão interna gera um movimento de rotação que corresponde a um certo torque. Este torque é então levado através de um **eixo** que contém diversas **engrenagens**. As engrenagens do eixo *motor* estão conectadas a outro conjunto em um eixo paralelo que será o eixo *movido*. As

engrenagens estão sempre conectadas umas às outras, porém só poderão realmente gerar movimento no eixo movido se o **conjunto sincronizador** selecionar algum par de engrenagens, e essa seleção acontece através da seleção de marcha pelo condutor utilizando o **câmbio**. Para garantir uma troca segura sem danificar as engrenagens, a **embreagem** é pressionada, interrompendo o fluxo de torque vindo do motor. Cada par de engrenagens corresponde a uma relação de transmissão que pode multiplicar a força a custo da velocidade de rotação, ou o contrário. O resultado desse processo é enviado, através do eixo movido, para as rodas, gerando o movimento do veículo. Destaca-se o funcionamento da marcha ré, que é feito através de uma terceira engrenagem entre o par de motora e movida para permitir a inversão do movimento de rotação do eixo movido.

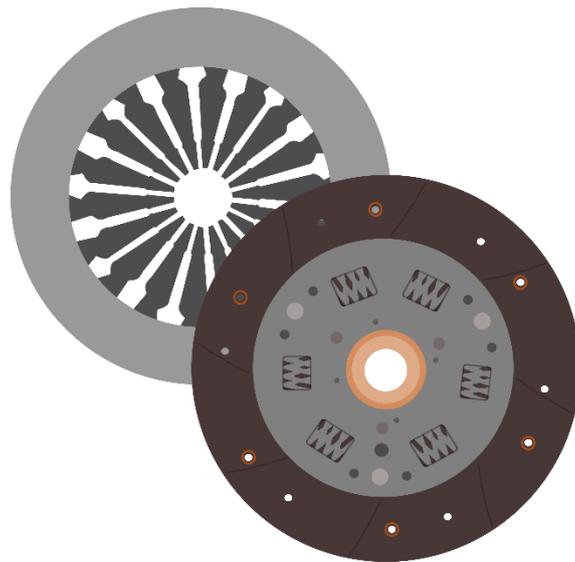


Figura 8 – Conjunto de embreagem. (Fonte: Autor)

Apesar do processo ser simples, a complexidade é encontrada nas soluções de engenharia para redução de ruído (engrenagens helicoidais), vibrações (embreagem) e aumento de segurança e durabilidade do produto (sincronizadores e materiais de engrenagens e embreagem).

As engrenagens, em sua construção mais conhecida – engrenagens retas – são conhecidas por gerarem bastante ruído. A marcha ré de vários veículos utiliza engrenagens retas, sendo essa a fonte do som diferenciado ao engatá-la. Engrenagens helicoidais são utilizadas atualmente na maioria dos veículos para diminuir esse ruído e vibrações. A embreagem também é bastante estudada em seus materiais de atrito e construção para evitar vibrações e aumentar a eficiência da transmissão do torque. Os sincronizadores possuem uma construção especial que permite seu encaixe nas engrenagens motoras de forma a evitar danos aos dentes.

Além disso, muitas empresas montadoras de veículos possuem diferentes formas de montar sua caixa de câmbio, buscando cada vez mais uma redução da utilização de espaço e permitindo maior conforto ao condutor. A construção da caixa depende também do objetivo do veículo, podendo estar posicionada na transversal ou longitudinal.

No Anexo-A estão listadas diversas fotos de manutenções reais de caixa de marchas e suas engrenagens.

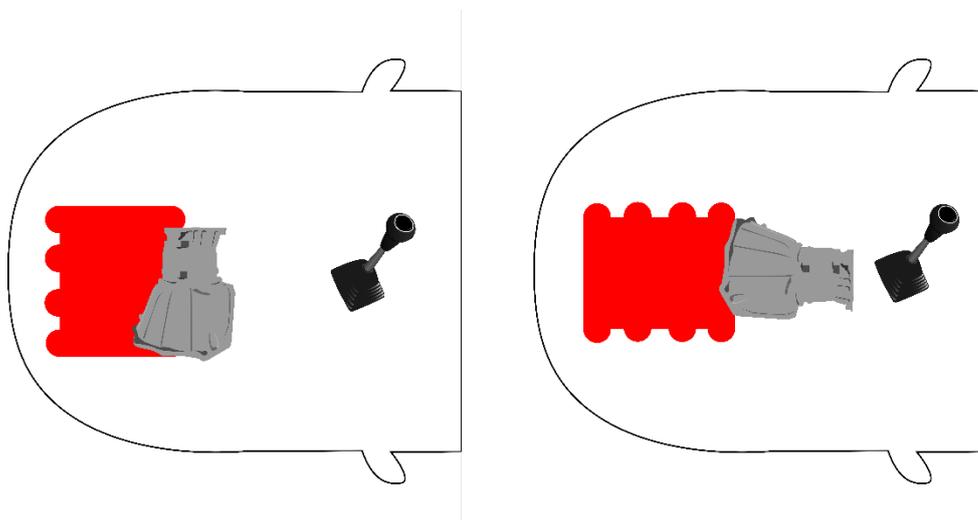


Figura 9 – Representação da montagem transversal (esquerda) e longitudinal (direita) de uma caixa de câmbio. (Fonte: Autor)

Chassi

O chassi é a estrutura de suporte de todos os sistemas e componentes veiculares, responsável por suportar as torções e cargas que um veículo sofre. Sua construção pode ser separada da carroceria ou integrada, sendo que existem quatro tipos mais usuais – a **carroceria sobre chassi**, o **monobloco**, o **chassi tubular** e o **monocoque**. Também podem ser aplicadas algumas estruturas auxiliares que suportam os mecanismos de suspensão, motor ou trem de força, transmissão e tração. As estruturas de chassi nesses três casos são chamadas, respectivamente, *quadro*, *subchassi* e *subquadro*.

1. CARROCERIA SOBRE CHASSI

Nessa estrutura existe uma separação entre o chassi e a carroceria, cada um com uma função. Toda a carga estrutural é suportada por perfis de aço longitudinais e transversais, conhecidos como longarinas e travessas, e sua carroceria não exerce função estrutural. Apesar de resultar em um conjunto **pesado**, uma de suas vantagens é a **fácil substituição** dos componentes mecânicos e de carroceria, como a instalação de baús, betoneiras, containers, caçambas, entre outros. Este tipo de personalização se mostra mais difícil ou inviável em modelos do tipo monobloco, pois os componentes da carroceria são estruturais.

É mais utilizado em **picapes, caminhões e ônibus** devido à sua **alta capacidade de carga, rigidez e durabilidade**. Alguns dos pontos negativos são o peso elevado do veículo e **comportamento dinâmico inferior** quando comparado aos outros tipos de estrutura.

2. MONOBLOCO

O monobloco é a solução mais comum para os veículos modernos **pequenos e médios**, apresenta a construção baseada na união de chapas, principalmente em aço, estampadas de formas variadas e unidas pela soldagem em diversos pontos e/ou rebites. Assim, uma estrutura fechada é formada, o que possibilita um aumento na **rigidez à torção** para a estrutura como um todo. Em caso de colisões, essa estrutura deve **absorver o choque**, evitando que os ocupantes do veículo sejam atingidos.

3. CHASSI TUBULAR

Utilizado em modelos **fora-de-série** e de fabricação em pequena escala, o chassi tubular permite a construção de estruturas **leves, resistentes e versáteis**, permitindo a variação nos tipos de acessórios, equipamentos e carrocerias. A fabricação é relativamente simples, baseada na soldagem manual de tubos e perfis de acordo com o projeto feito em computador. Sua estrutura final apresenta **rigidez elevada e baixo peso**. Contudo, é **limitado** a modelos pequenos e leves, não apresenta bom comportamento em veículos maiores e o controle de qualidade não garante uniformidade dimensional.



Figura 10 – Chassi tubular utilizado em um veículo Formula SAE. (Fonte: Equipe Formula CEM)

4. MONOCOQUE

Aplicado em carros de **competição** do tipo Fórmula e superesportivos, sua principal característica é apresentar sempre o **melhor comportamento dinâmico** possível e **elevada rigidez à torção**. É constituído por materiais nobres como titânio, fibra de carbono e aços de alta a ultra resistência que garantem **leveza e alta performance**. Não pode ser produzido em alta escala devido ao seu **alto custo** de fabricação, maquinário e mão de obra qualificada.



Figura 11 – Monocoque e chassi utilizado na Lamborghini Aventador LP 700-4. (Fonte: carbodydesign.com)

Sistemas Motrizes

1. MOVIMENTAÇÃO DE UM VEÍCULO

A movimentação de um objeto requer uma força aplicada sobre ele, e para um carro essa força vem do motor, o qual gera um torque que é multiplicado pelo conjunto de engrenagens na caixa de marcha e enviado às rodas para realizar atrito com o solo e movimentar o carro através da força de atrito. Muitas vezes, quando o assunto de motores é tratado, pensa-se em motores a combustão interna, os mais comuns atualmente nos veículos automotivos. No entanto, a motorização não se restringe ao uso de cilindros, pistões e explosões.

Segundo Genta e Morello (2009), a movimentação de veículos requerem a utilização de uma certa quantidade de energia mecânica, sendo a principal fonte dessa energia nos veículos automotores localizada no seu interior, ou seja, a fonte de energia é movida juntamente com o carro. Existem vários tipos de geradores de energia, sendo os mais comuns os motores a combustão interna (MCI), os motores elétricos (que estão crescendo atualmente devido aos esforços da diminuição da poluição por emissões), e a motorização híbrida. Mas antes de tratar de cada tipo, é necessário conhecer os tipos de energias existentes para a movimentação desses motores.

2. ENERGIA PARA MOVIMENTAÇÃO

Existem diversas formas de armazenamento de energia, no entanto muitas ainda são experimentais ou não são úteis para automóveis. Os principais tipos de armazenamento, segundo Genta e Morello (2009) são:

- Energia química (combustível, no sentido de combustão; usado para MCIs)
- Energia eletroquímica (baterias elétricas)

- Energia cinética
- Energia Elástica

As energias cinética e elástica ainda são muito experimentais e muitos modelos não são práticos, por esse motivo não serão tratadas em maior detalhe. Essa energia pode ser fornecida de fora do veículo (trolébus) ou no seu interior (veículos motorizados). O trolébus é considerado “bimodal” pois possui dois modos de fornecimento de energia: exterior (cabos elétricos) e interior (bateria para trechos sem cabos). Já quando existem dois métodos de armazenamento de energia, onde um é usado para mover e armazenar energia de outras fontes, o veículo é dito híbrido (GENTA e MORELLO, 2009).

3. ENERGIA QUÍMICA

A energia química é a energia que se baseia na combustão para geração da movimentação do veículo. Geralmente é armazenada em combustíveis líquidos ou liquefeitos. São o tipo de combustível mais comum, utilizados em motores a combustão interna.

- Gasolina: derivado do petróleo, usado em MCI's com vela, ou seja, necessita de uma centelha para realizar a combustão uma vez misturado com ar e comprimido.
- Diesel: combustível onde é possível a combustão sem utilizar centelha, apenas sendo comprimido com ar, sendo os motores a diesel mais eficientes que aqueles movidos a gasolina.
- GNV: gás natural veicular, que é muitas mais econômico no quesito de abastecimento comparado às outras fontes, mas necessita de atenção acentuada à segurança e instalação correta devido à pressão de armazenamento do gás. Deve-se procurar autorização do Detran e inspecionado para gerar um Certificado de Segurança Veicular (CSV).
- Etanol: álcool etílico, feito de biomassa (sendo uma fonte renovável de energia), podendo ser tanto um aditivo à gasolina como

pode ter veículos que utilizam 100% álcool (veículos Flex). Possui menor valor energético que a gasolina.

A eficiência dos motores à combustão interna varia com o tipo de fonte de energia utilizado para movê-lo, como por exemplo o Diesel, que possui uma eficiência termodinâmica maior que a gasolina. No entanto, devido ao estilo construtivo dos motores e à utilização da combustão, existindo assim diversas perdas durante o processo, segundo Genta e Morello (2009) a eficiência desses motores varia entre 0,2 e 0,3. Existem, porém, motores que superam a marca de 0,3 atualmente devido às tecnologias que surgiram desde os estudos de Genta e Morello.

O maior ponto negativo dos motores que utilizam energia química é a poluição. Aproximadamente 4,9 milhões de mortes são devidas à poluição do ar, dessas 3,41 milhões são por poluição externa, e os veículos são grandes contribuintes, especialmente em cidades bem movimentadas. Existem diversas tentativas de melhorar essas estatísticas, a principal sendo a sugestão de substituição dos carros a combustão interna por carros elétricos, mas como será discutido posteriormente, essa é uma discussão polêmica. O Brasil tem sido referência nos estudos de combustíveis alternativos para redução de emissões, o maior exemplo sendo no desenvolvimento do etanol como combustível para veículos.

4. ENERGIA ELETROQUÍMICA

Esse tipo de energia depende de reações químicas também, mas que não produzem emissões como a combustão. Essas reações produzem energia elétrica que é utilizada para mover todo o veículo.

Diferentemente dos motores a combustão, motores elétricos são mais versáteis, podendo ser instalado mais de um no veículo (um em cada roda, por exemplo). Os principais tipos de utilização de energia eletroquímica são:

- Energia elétrica: gerada por uma série de baterias instaladas no carro. Essas baterias são recarregáveis em postos específicos (figura 1). Atualmente possuem uma quilometragem menor que os carros movidos a gasolina, porém a tendência é continuar no desenvolvimento destes veículos até que isso seja superado.
- Hidrogênio: pode ser utilizado em carros a combustão interna, podendo ser um aditivo ao diesel, mas é também utilizado para células de combustível (sendo essas muito mais eficientes que um motor a combustão interna). No entanto, o grande problema do hidrogênio é seu armazenamento, pois é um átomo pequeno, podendo vazar facilmente, e possui baixa energia de ignição e alta energia de combustão (UTGIKAR e THIESEN, 2005).



Figura 1 – Carregador caseiro de um veículo Tesla (Fonte: tesla.com)

A eficiência das fontes eletroquímicas de energia varia de 0,6 a 0,85 (GENTA e MORELLO, 2009), sendo notavelmente maior que as fontes de energia química.

No que se trata da poluição, os carros movidos a energia elétrica não geram emissões, e os que são movidos a hidrogênio emitem apenas vapor de água. Por esse motivo existe uma grande quantidade de pessoas advogando para a troca para veículos elétricos. Porém, a grande poluição destes carros não está no local de uso, e sim no local de produção e geração da energia para recarregar. A depender do local em que o proprietário mora, se a maioria da energia produzida naquela cidade for renovável, a energia utilizada para recarregar o carro tem grande chance de ter sido gerada com menores emissões. Mas se for um lugar com geração de energia por termoelétricas, utilizando combustíveis fósseis, existe um problema maior. Além disso, as emissões para a produção de um carro elétrico são praticamente iguais a um veículo a combustão no que se trata da sua estrutura e maioria dos componentes, mas possuem um aumento notável devido à produção da bateria.

Apesar desses fatores adversos, estima-se que um carro elétrico pode compensar por essas emissões depois de 2 a 7 anos de utilização, a depender do local em que o proprietário mora (ou seja, qual a fonte de energia primária da cidade), da sua média de utilização e do tipo de veículo, porte maior ou menor (ARE... 2018). Os carros elétricos possuem uma grande vantagem: a regeneração de energia, sendo a mais utilizada atualmente a frenagem regenerativa (e suspensões regenerativas estão em desenvolvimento). Essa regeneração permite um aumento na autonomia, e com o avanço tecnológico, imagina-se ser capaz de superar a autonomia de veículos movidos a motores a combustão interna.

5. HÍBRIDOS

A tecnologia híbrida faz uma junção de armazenamentos, sendo a mais conhecida e utilizada atualmente a mistura de química e eletroquímica.

Os veículos híbridos, por utilizarem uma fonte de energia como motor a combustão interna e a outra como motor elétrico consegue ter uma boa autonomia, reduzindo bastante o custo de abastecimento para os proprietários, além de oferecer o adicional, em regiões urbanas, do silêncio ao utilizar o motor elétrico.

Existem algumas distinções entre os tipos de híbridos utilizando MCI, segundo Genta e Morello (2009):

- Paralelos e Séries: híbridos em séries utilizam parte da energia dos motores térmicos para transformar em energia elétrica e recarregar as baterias (ou armazenar), enquanto os híbridos paralelos possuem energia elétrica oriunda da regeneração e não interage com os MCIs (os dois motores movimentam o veículo).
- Fracos e Fortes: híbridos fracos utilizam os motores elétricos para propósitos de performance, ou seja, aumentar a potência, e para reiniciar o motor (com essa tecnologia, o motor a combustão desliga até em paradas breves do veículo), e é também utilizado como gerador nos freios regenerativos. Enquanto os fortes possuem alta capacidade da bateria, sendo possível fornecer energia às necessidades instantâneas do veículo sem utilizar o motor a combustão.
- Plug-capable Hybrid Electric Vehicles (PHEV): Os PHEV, ou seja, veículos elétricos híbridos “com tomada” possuem uma bateria capaz de ser recarregada por uma fonte externa, agindo como veículos elétricos a bateria (Battery Electric Vehicle – BEV). Contrário a esse sistema são os veículos que não são recarregáveis externamente, como o Toyota Prius (figura 2), que é recarregado com a utilização do motor a combustão sendo utilizado como gerador.

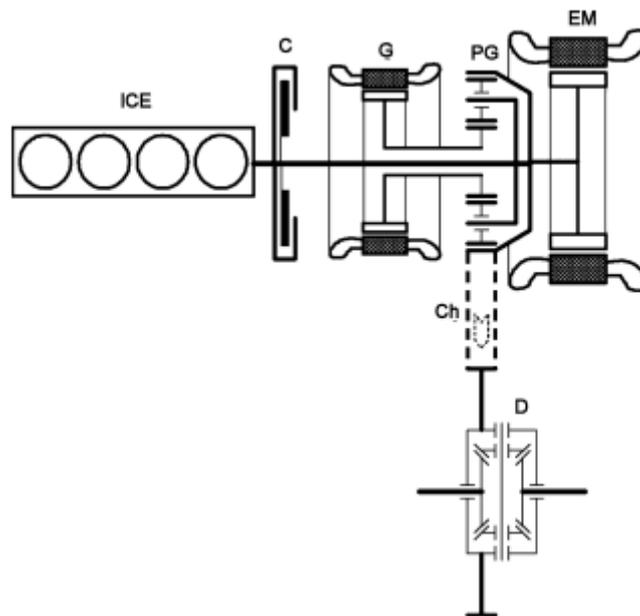


Figura 2 – Disposição do sistema híbrido do Toyota Prius; ICE: motor a combustão interna, C: embreagem automática; G: gerador; EM: motor elétrico; PG: engrenagens planetárias; Ch: corrente ligando a última relação de marchas ao diferencial D. (Fonte: GENTA e MORELLO, 2008).

Por ser possível manter o MCI geralmente a rotações constantes, o consumo de combustível é bastante reduzido. Utilizando um motor a gasolina, o consumo se equivale a um motor a diesel com performance similar, além de que as emissões de CO₂ são menores devido à menor quantidade de carbono no mesmo volume de gasolina (GENTA e MORELLO, 2009).

Referências

GENTA, G.; MORELLO, L. **The Automotive Chassis**: Vol. 1: Components Design. [S.l.]: Springer, 2008.

GENTA, G.; MORELLO, L. **The Automotive Chassis**: Vol. 2: System Design. [S.l.]: Springer, 2009.

DOUTOR AUTOMÓVEL. Como funciona uma caixa de marchas? **YouTube**, 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=QdjJk0kGjp8>>. Acesso em: 25 Março 2020.

CANALPELLEGRINO. Eaton – Transmissão. **YouTube**, 2012. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FJ_U7nc9i5M>. Acesso em: 25 Março 2020.

LEARN ENGINEERING. Manual Transmission, How it works ? **YouTube**, 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=wCu9W9xNwtI>>. Acesso em: 25 Março 2020.

FURTADO, Daniel Canongia. **Análise Estrutural de Chassi de Veículos Automotivos**. 2013. Disponível em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/7113/1/2013_DanielCanongiaFurtado.pdf>. Acesso em: 09 jul 2020.

GENTA, Giancarlo; MORELLO, Lorenzo. **The Automotive Chassis**. Itália: Springer, 2009. 627 p.

GUERRA, Pedro H. L. **As 4 construções de chassis mais comuns**. Disponível em: <<https://educacaoautomotiva.com/2018/03/30/construcoes-chassis/>>. Acesso em: 03 jul. 2020.

BOSCH, Robert. **Manual de Tecnologia Automotiva**. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA. 2005. 1231 p.

RITCHIE, H.; ROSER, M. **Air Pollution**. Our World in Data, 2017. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/air-pollution>>. Acesso em: 14 dez. 2020.

UTGIKAR, V. P.; THIESEN, T. **Safety of compressed hydrogen fuel tanks: Leakage from stationary vehicles**. Technology in Society, Idaho Falls, p. 6, 2005.

ARE Electric Cars Worse For The Environment? Myth Busted. Direção de Jason Fenske. [S.L.]: Engineering Explained, 2018. Son., color. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6RhtiPefVzM&ab_channel=EngineeringExplained>. Acesso em: 13 dez. 2020.

Anexo A – Imagens de manutenções em caixa de marchas e suas engrenagens (fonte: De Abreu, 2020).

1. Caixa de marchas de um Ford Focus com suas engrenagens retiradas em manutenção. Possivelmente sendo lubrificadas. (a – Conjunto de engrenagens; b – Caixa aberta com garfos do conjunto sincronizador à mostra; c – Caixa praticamente vazia)



a)



b)



c)

2. Danos a engrenagens.



a)



b)

Contato

Conteúdo:

Professor Dr. Sérgio Idehara: sergio.idehara@ufsc.br

Estudante de graduação, André Pereira: andre.f.l.pereira@grad.ufsc.br

Estudante de graduação, Luiza Tonett: luiza.tonett@grad.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC), CAMPUS JOINVILLE (CTJ):

R. Dona Francisca, 8300 – Bloco U

Zona Industrial Norte

Joinville – SC – Brasil

89219-600

+55 (47) 3204-7400

+55 (48) 3721-7310

