

**CENTRO PAULA SOUZA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**FATEC SANTO ANDRÉ**  
**Tecnologia em Eletrônica – Modalidade Autotrônica**

**EDENILTON PEREIRA DA SILVA**  
**WILLIAM RODRIGUES COSTA**

**CONCEITOS BÁSICOS APLICADOS EM**  
**SISTEMAS DE TRANSMISSÃO VEICULARES**

Santo André – São Paulo

2012

**CENTRO PAULA SOUZA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**FATEC SANTO ANDRÉ**  
**Tecnologia em Eletrônica – Modalidade Autotrônica**

**EDENILTON PEREIRA DA SILVA**  
**WILLIAM RODRIGUES COSTA**

**CONCEITOS BÁSICOS APLICADOS EM**  
**SISTEMAS DE TRANSMISSÃO VEICULARES**

*Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia  
Autotrônica da FATEC Santo André, como  
requisito parcial para conclusão do curso em  
Tecnologia em Autotrônica*

*Orientador: Prof. Celso Aparecido João*

Santo André – São Paulo

2012

Silva, Edenilton Pereira

Conceitos básicos aplicados em sistema de transmissões veiculares /  
Edenilton Pereira da Silva, William Rodrigues Costa. – Santo André,  
2012 – 71f.

Trabalho de conclusão de curso – Fatec Santo André. Curso de  
Eletrônica automotiva, 2012.  
Orientador: Prof. Celso João

1.CVT 2.*Dual Clutch* 3.Câmbio automatizado 4.Câmbio automático  
5.Eletrônica embarcada 6.Transmissões veiculares.

*Faculdade de Tecnologia de Santo André "Dr. Newton da Costa Brandão"*

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 17 de dezembro de 2012.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO TRABALHO  
DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA "Conceito Básicos Aplicados  
em Sistemas de Transmissão Veiculares." DOS ALUNOS DO 6º  
SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. CELSO APARECIDO JOÃO

MEMBROS:

PROF. WAGNER MASSAROPE

CONVIDADO ENG.º RAFAEL VECCHIO FORNARI

Dedico este trabalho a minha família e  
aos meus amigos que sempre estiveram  
próximos durante esta jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à Deus, nossa família e também todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho e principalmente aos colegas de sala que mantiveram estímulos nos momentos mais árduos desta jornada. Obrigado aos professores e colaboradores e funcionários da Fatec Santo André que sempre estiveram prontos a nos ajudar.

“Existe um tempo certo para cada coisa,  
momento oportuno para cada propósito  
debaixo do Sol: Tempo de nascer, tempo  
de morrer; tempo de plantar, tempo de  
colher”

.

*Bíblia - Eclesiastes*

## RESUMO

Desde a criação do automóvel, pequenas melhorias são implementadas visando a otimização do sistema. Com o sistema de transmissões não é diferente, diversos pesquisadores contribuíram de alguma forma para a evolução do câmbio automotivo. Cada descoberta agregou para que os sistemas de transmissão evoluíssem para os moldes atuais aos quais são: mais eficientes, confortáveis e resistentes. Com o passar do tempo, as melhorias mecânicas começaram a se tornar obsoletas na busca de equipamentos mais eficientes. Atrelado a exigências governamentais, quanto à emissão de poluentes, as montadoras não tiveram outra opção senão aplicar sistemas eletroeletrônicos no câmbio. Envolvido nos sistemas de transmissão, o controle eletroeletrônico viabilizou a aplicação dos câmbios CVT e *Dual Clutch*, a automatização de câmbios manuais e a melhoria dos câmbios automáticos. Desta forma a indústria automobilística disponibiliza no mercado diversas combinações de *powertrain*. Culturalmente para cada mercado o proprietário final tenderá a um sistema que se adapte as suas necessidades.

**Palavras chave:** CVT, *Dual Clutch*, Câmbio automatizado, Câmbio automático, eletrônica embarcada, transmissões veiculares.



## **ABSTRACT**

Since the creation of the automobile, small improvements are implemented in order to optimize the system. With the transmission system is no different, many researchers have contributed in some way to the development of automotive transmission. Each discovery has added to the transmission systems evolve to the current patterns which are more efficient, comfortable and durable. Over time, the mechanical improvements started to become obsolete in the search for more efficient equipment. Tied to government requirements, regarding emissions, automakers had no option but to apply the electronic transmission systems. Involved in transmission systems, control electronics has enabled the application of Dual Clutch and CVT, automation of transmission manual and improvement of automatic transmissions. Thus the automotive market offers several powertrain combinations. Culturally the owner for each market will tend to end a system that suits your needs.

**Keyword:** CVT, *Dual Clutch*, Transmission Automated, Electronics embedded, automatic transmission vehicle.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Disco de embreagem (Extraído NAUNHEIMER, 2010).....	19
Figura 2 - Conversor de torque (Extraído NAUNHEIMER, 2010).....	23
Figura 3 - Representação do vórtice no conversor de torque.....	24
Figura 4 - Ponto de eficiência máxima.....	25
Figura 5 - Relação de engrenagens.....	27
Figura 6 -Representação conjunto embreagem.....	28
Figura 7 - Ilustração engrenagens e seletor de marchas no câmbio manual .....	29
Figura 8 - Anel sincronizador para engrenamento da marcha .....	29
Figura 9 Seletor de marcha AT (Extraído NAUNHEIMER, 2010).....	31
Figura 10 - Sistema planetário.....	33
Figura 11 - Fluxo em neutro.....	34
Figura 12 - Fluxo em primeira marcha .....	35
Figura 13 - Fluxo em segunda marcha .....	35
Figura 14 - Fluxo em marcha a ré Fonte: .....	36
Figura 15 - Dispositivo troca marcha Dualogic.....	37
Figura 16 - Sistema eletro-hidráulico transmissão AMT.....	38
Figura 17 - Circuito hidráulico (Retirado FIAT, 2007).....	39
Figura 18 - Duas polias e a correia de uma transmissão CVT.....	41
Figura 19 - Cinto ou correia metálica.....	41
Figura 20 - Polias e cintas CVT (Extraído NAUNHEIMER, 2010).....	43
Figura 21 - Adolphe Kégresse (Extraído sitio wikipedia) .....	44
Figura 22 - DCT desenvolvido por Kégresse .....	45
Figura 23 - Representação DCT (Extraído NAUNHEIMER, 2010) .....	46
Figura 24 - Toyota Prius (Extraído sitio Toyota).....	47
Figura 25 - Arquitetura de veículos híbridos (Notas de aula JOÃO, 2011).....	48
Figura 26 - Representação TCM HONDA .....	51
Figura 27 - Efeito Hall.....	54
Figura 28 - Representação Sensor TPS .....	55
Figura 29 – Faturamento industrial setor veicular 2010 (Extraído sitio Anfavea) .....	59

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Estratégia TPS .....	55
Tabela 2 - Comparativo dos câmbios automáticos/automatizados em relação ao câmbio manual .....	62
Tabela 3 - Comparativo dos câmbios automáticos/automatizados em relação ao câmbio manual .....	63
Tabela 4 - Eficiência vs. a relação de marcha para uma transmissão automática .....	64
Tabela 5 - Comparação entre características das tecnologias nas transmissões .....	65

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Objetivo.....	15
1.2 Conteúdo.....	15
1.3 Metodologia.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
2.1 Histórico dos sistemas de transmissão.....	17
2.2 Torque .....	18
2.3 Elementos de acoplamento .....	18
2.3.1 Embreagens .....	18
2.3.2 Embreagens Secas .....	19
2.3.3.Embreagens Úmidas.....	22
2.3.4 Conversor de Torque .....	23
2.3.4.1 Acoplamento hidráulico .....	23
2.3.4.2 Ponto de eficiência máxima.....	24
2.3.5 <i>Lock-up</i> .....	25
2.4 Tipos de sistemas de transmissão .....	26
2.4 Transmissão manual .....	26
2.4.1 Conjunto de embreagem.....	27
2.4.2 Caixa de engrenagens .....	28
2.4.3 Mecanismo de troca de marchas.....	28
2.4.4 Processo de engrenamento da marcha .....	29
2.5 Transmissão automática (AT) .....	30
2.5.3 Controle hidráulico.....	31
2.5.4 Válvula de carga do motor.....	32
2.5.5 Válvula governadora .....	32
2.5.6 Válvulas de deslocamento .....	32
2.5.7 Planetários .....	33
2.5.8 Engrenamento.....	33
2.5.8.1. Fluxo em Neutro.....	34
2.5.8.2 Fluxo em 1ª Marcha.....	34
2.5.8.3 Fluxo em 2ª Marcha.....	35
2.5.8.4 Fluxo em marcha a ré .....	36
2.6 Transmissões automatizadas (AMT) .....	36
2.6.1 Histórico .....	36
2.6.2 <i>Dualogic</i> .....	37
2.6.3.1 Atuador de embreagem.....	39

2.6.3.2 Funcionamento .....	39
2.7 Transmissão continuamente variável (CVT) .....	40
2.7.1 Histórico .....	40
2.7.2 Componentes .....	40
2.8.2.1 Polias .....	40
2.7.2.2 Correia Metálica .....	41
2.7.2.3 Inversor.....	42
2.7.2.4 Bomba de óleo.....	42
2.7.3 Funcionamento: .....	42
2.8 Dupla Embreagem (DCT) .....	43
2.8.1 Histórico .....	43
2.8.2 Funcionamento .....	45
2.9 Híbrido .....	46
2.9.1 Histórico .....	46
2.9.2 Configurações de veículos híbridos.....	47
2.9.3 Características dos híbridos.....	48
2.10 Lubrificantes de câmbios.....	48
2.10.1 Viscosidade .....	50
3 Controle Eletrônico da transmissão .....	51
3.1 Eletrônica de controle de câmbios .....	52
3.1.1 Hardware .....	52
3.1.2 Fonte de alimentação.....	52
3.1.3 Circuitos de proteção.....	53
3.1.4 Interface de comunicação .....	53
3.1.5 Microcontrolador.....	54
3.1.6 Sensores.....	54
3.1.6.1 Sensor de velocidade do veículo.....	54
3.1.6.2 Sensor de posição de borboleta do acelerador .....	55
3.1.6.3 Sinal de rotação do motor .....	56
3.1.6.4 Sinal de interruptor de freio .....	56
3.2 Software .....	56
3.2.1 Funções de Diagnose e Proteção do Sistema.....	57
4 TENDÊNCIAS DAS MONTADORAS .....	59
4.1 Perspectiva do mercado mundial.....	60
4.2 Comparativos.....	62
4.2.1 Desvantagens do sistema automatizado em relação aos sistemas manuais .....	63
4.2.2 Vantagens e benefícios CVT : .....	63
4.2.3 Desvantagem CVT .....	64
4.3 A participação da transmissão DCT .....	64
5.CONCLUSÃO.....	66

5.1 Propostas futuras .....	67
6 REFERÊNCIAS .....	68
7 ANEXOS .....	71
7.1 Anexo 1 .....	71
7.2 Anexo 2 .....	71
7.3 Anexo 3 .....	71

# 1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico e a tendência a otimização do rendimento fizeram com que a indústria automotiva deixasse de utilizar equipamentos puramente mecânicos, passando a utilizar-se de equipamentos com acionamento eletroeletrônico. Baseada nessa premissa, a eletrônica embarcada tornou-se o caminho mais eficaz para o gerenciamento automotivo, englobando seus diversos sistemas. A eletrônica abriu caminho para o progresso no sistema de transmissão (VOLKSWAGEN, 1998), atendendo a funções básicas de: transferir potência do motor; fornecer torque para a partida; condução em subidas, aceleração, propiciar a capacidade de guiar o veículo em diferentes velocidades e alterar o sentido de rotação das rodas. (HONDA, [200\_?]).

Este trabalho terá como objetivo conhecer e esclarecer o funcionamento do sistema de trocas de marchas, através da análise da rotação do motor, velocidade e peso do veículo, bem como de suas funções: parar o veículo mesmo com o motor em funcionamento, estar apto ao arranque, converter torque em movimento rotacional, propiciar movimento para frente e para trás, permitir rotações diferentes das rodas motrizes em curvas, possibilitar ao propulsor operar na faixa ideal do consumo e emissões (BOSCH, 2005).

## 1.1 Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo apresentar os sistemas de transmissões veiculares e suas características, buscando detalhar seu funcionamento e apresentando as contribuições de cada tipo de câmbio na melhoria da eficiência dos veículos, na redução de emissões de gases causadores do efeito estufa e consumo de combustível, apontando também as tendências mercadológicas.

## 1.2 Conteúdo

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. No segundo capítulo são apresentadas, através da revisão bibliográfica, as principais características dos sistemas de transmissão veiculares. Em continuidade, o capítulo seguinte aborda a eletrônica atuante na TCU (*Transmission Control Unit*). O capítulo subsequente evidencia as tendências dos grandes mercados e, o último capítulo apresenta conclusão final deste trabalho.

### **1.3 Metodologia**

A metodologia deste trabalho está embasada numa abordagem qualitativa, visando esclarecer o e as definições sobre as caixas de mudança de marchas disponíveis no mercado, através de pesquisas bibliográficas, análises, comparação de dados e resultados.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresenta-se o embasamento teórico deste trabalho, abordando as principais características das transmissões manuais e automáticas e o histórico dos sistemas de transmissões.

### 2.1 Histórico dos sistemas de transmissão

Os primeiros registros referentes à idéia de sistema de transmissão são datados da Idade Média onde se mostrava necessário potencializar a força humana ou animal, já que ainda não existiam sistemas mecânicos capazes de gerar energia mecânica. Os primeiros modelos de transmissão utilizavam, basicamente, grandes rodas de madeira e pinos que, montados de uma maneira harmônica, aumentavam o torque gerado pela força animal e/ou humana. Este era o princípio das transmissões: multiplicar torque gerado pela fonte de energia (LECHNER; NAUNHEIMER, 1999).

Com a criação das máquinas à vapor, as transmissões passaram também a ser desenvolvidas, uma vez que a força gerada pelos equipamentos à vapor não era suficiente para as aplicações desejadas. Dessa maneira, as transmissões faziam a adaptação do movimento gerado pelos pistões à vapor, em movimento rotacional (LECHNER; NAUNHEIMER, 1999).

O conceito de colocar um multiplicador de torque em motores é datado de, pelo menos, 100 anos antes da data oficial da criação do automóvel (1886). O desenvolvimento das caixas de mudança de marchas estava diretamente ligado ao aprimoramento dos motores (LECHNER; NAUNHEIMER, 1999).

Em 1821, Griffith apresentou ao mundo o sistema de transmissão de engrenagem deslizante, que foi amplamente utilizado como uma solução barata no século XIX. Em 1827, Pecqueur conseguiu igualar as velocidades das rodas em curvas, por meio de um diferencial. Em 1834, Bodmer projetou uma transmissão planetária. Em 1879, Selden patenteou uma caixa de engrenagem deslizante, com embreagem e marcha atrás como parte de uma patente global para um veículo com motor a pistão. (LECHNER; NAUNHEIMER, 1999)

Em 1915, a ZF Soden cria uma transmissão com seletor de marcha, sistema de sincronismo e um sistema de embreagem. A marcha era escolhida através de uma alavanca no volante e, depois do pedal de desacoplamento da embreagem ser acionado, os *drivers* faziam o engrenamento da marcha já pré-selecionada. Em 1928, o Maybach conseguiu reduzir substancialmente o ruído dos câmbios criando engrenagens helicoidais. Em 1934, a ZF Soden

cria um câmbio nos moldes mais próximo dos atuais, com todas as marchas à frente sincronizadas. Foi dessa maneira que se deu a evolução das transmissões automotivas. (LECHNER; NAUNHEIMER, 1999).

## **2.2 Torque**

Para se entender sobre sistemas de transmissão torna-se necessário o conhecimento de algumas grandezas físicas, rotineiramente envolvidas no setor automotivo, como por exemplo, o “torque”, que age como momento de forças que causam a rotação do motor. Esse torque aumenta proporcionalmente com a rotação do motor até seu nível máximo. A partir deste ponto, inicia-se a perda do torque pois, em regimes elevados, os tempos de admissão e escape são reduzidos, o que ocasiona uma queima de combustível não perfeita.

O torque é calculado pela fórmula  $T = F \cdot d$ , na qual a força “F” representa a força gerada pela expansão dos gases na câmara, que empurra o pistão para baixo e “d” representa a distância que existe entre a linha de centro do eixo de manivelas e o centro do diâmetro da biela, onde:

$T = \text{Torque (N.m)}$

$F = \text{Força (N)}$

$D = \text{distancia (m)}$

## **2.3 Elementos de acoplamento**

Entre os elementos mais importantes no sistema de transmissão veicular, destacam-se os elementos de acoplamento. Os elementos de acoplamento entre o motor e o câmbio, são os responsáveis por transmitir o torque gerado pelo motor à caixa de câmbio. No setor automobilístico, os elementos mais utilizados são as embreagens por disco e os conversores de torque por fluido.

### **2.3.1 Embreagens**

A função do sistema de embreagem é proporcionar conexão entre o motor e a transmissão, transferindo assim o torque do motor para o câmbio. As embreagens podem ser divididas em dois grupos: as secas e as úmidas. . Maiores detalhes estão disponíveis no vídeo relacionado junto ao anexo 1.

### 2.3.2 Embreagens Secas

As embreagens secas são amplamente utilizadas no setor automobilístico em configurações de *powertrain* (conjunto motor/transmissão), que utilizam câmbio manual. As embreagens são consideradas secas pelo fato de não trabalharem imersas em algum tipo de fluido, ou seja, a refrigeração acontece por convecção entre seus materiais constituintes. Estas embreagens têm grandes vantagens, tais como longa vida útil, conforto quando o veículo é retirado do repouso total e tamanho reduzido, como mostra a figura 1.

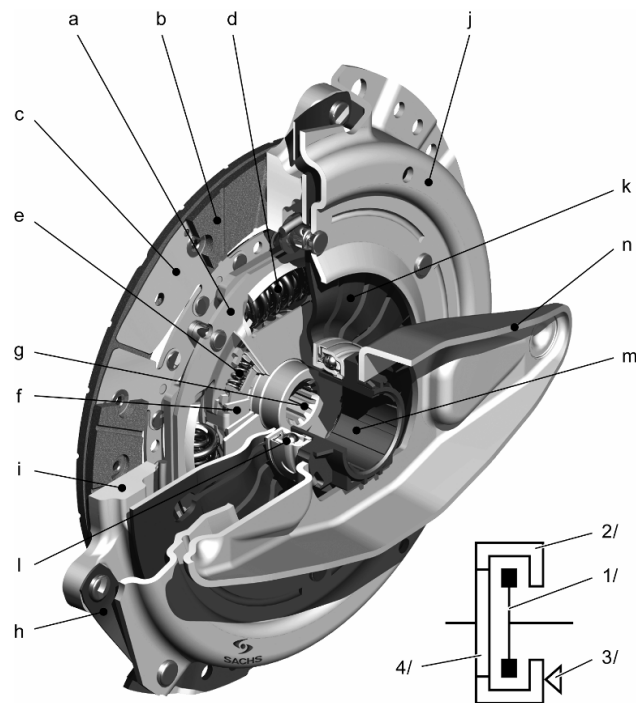


Figura 1 - Disco de embreagem (Extraído NAUNHEIMER et. al, 2010)

As embreagens podem ser divididas em três grupos abrangentes, apresentando os seguintes componentes:

- Disco

a: chapa de condução;

b: revestimento de fricção;

c: Mola de apoio do revestimento de fricção;

d: Mola de Torção;

e: Mola de Torção;

f: Dispositivo de fricção;

g: Cubo.

- Platô

h: Mola plana

i: Placa de pressão;

j: Alojamento da placa de pressão;

k: Mola diafragma.

- Atuador da Embreagem

l: Rolamento de liberação

m: Manga deslizante;

n: Alavanca.

### **2.3.2.1 Funcionamento**

As embreagens ficam alocadas exatamente entre o volante do motor e a caixa de marchas. Sua função é transmitir o torque gerado pelo motor de combustão interna para a caixa de marchas e, conseqüentemente, às rodas, fazendo com que o veículo inicie ou continue o seu movimento. As embreagens com disco e platô funcionam da seguinte maneira: quando o condutor deseja engatar uma marcha, pressiona o pedal de acionamento da embreagem que leva essa ação à alavanca (item n) que, por sua vez, transmite à manga deslizante (item m) um movimento axial. Como o conjunto disco e platô estão acoplados ao volante do motor, os mesmos encontram-se também em movimento circular. Para possibilitar a interação de um elemento estático com outro elemento em movimento circular, foi empregado, em uma das extremidades da manga deslizante (item m), um rolamento (item l), que permite a atuação da manga fixa sobre o conjunto platô que se encontra em movimento circular.

No platô, a mola diafragma (item k) é a responsável por gerar a pressão necessária sobre a placa de pressão (item i), para que o disco de embreagem esteja totalmente em contato com o volante do motor e a placa de pressão (item i). É nessa condição que o torque do motor é transmitido ao eixo de entrada do câmbio. Quando acionado, o pedal da embreagem transmite o movimento à alavanca (item n) e essa, por sua vez, aciona a mola diafragma (item

k) que é obrigada a sair da sua condição de repouso. Quando isso acontece, a pressão gerada pela mola diafragma (item k) diminui na mesma proporção em que o pedal vai sendo acionado. Quanto mais o pedal da embreagem é acionado, menor a pressão sobre a placa de pressão (item i).

Com a diminuição da pressão sobre a placa de pressão (item i), o disco de embreagem começa a perder contato com o volante do motor. Neste momento, inicia-se a fase de desacoplamento. Para auxiliar o afastamento do disco em relação ao volante do motor, as molas de apoio do revestimento de fricção (item c) começam a expandir acrescentando, assim, mais uma força para que haja o desacoplamento total.

Após o desengate e engate de uma nova marcha, o condutor inicia o processo de acoplamento do sistema, que consiste em aumentar a pressão sobre o disco de embreagem soltando o pedal de acionamento da embreagem.

### **2.3.2.2 O disco de embreagem**

No disco de embreagem existem alguns elementos muito importantes no processo de transmissão do torque ao motor: o revestimento de fricção e as molas de torção. Os revestimentos de fricção são os responsáveis por garantir que o sistema trabalhe sem perdas por patinação. Os revestimentos de fricção podem ser orgânicos, cerâmicos e de carbono.

Os elementos orgânicos são amplamente utilizados na indústria automobilística por serem mais confortáveis, quando comparados aos outros revestimentos. O revestimento orgânico é assim denominado, pois em sua composição, encontram-se elementos como vidro, aramida, fios de cobre, celulose. Esses materiais são aplicados a uma resina, de maneira a dar sustentação aos demais elementos, que podem ser desde carbono até borracha. Com a aplicação de todos os elementos de revestimento de fricção, a resina se torna cada vez mais dura e, após a sua finalização, o revestimento de fricção é fixado ao disco através de rebites.

Os revestimentos cerâmicos são mais utilizados em aplicações comerciais, agrícolas e de mineração. Desempenham suas atividades em ambientes muito hostis, excesso de poeira, altas temperaturas e são projetados para minimizar as trepidações que existem no processo de transmissão do torque.

Os revestimentos de carbono nada mais são que um revestimento orgânico com uma quantidade de fibra carbono em sua composição, que altera a resistência térmica e aumenta a rigidez do revestimento. Pelo alto custo de produção e redução drástica do conforto, esses revestimentos são mais empregados em veículos de competição.

Outro elemento muito importante contido no disco de embreagem são as molas de torção. O disco de embreagem, na verdade, são dois discos. O primeiro possui a função real de receber o torque do motor, transmitindo-o ao segundo disco, equipado com um cubo, onde o eixo de entrada do câmbio está acoplado. São fixados apenas por pressão, tendo as molas de torção como elemento em comum. Como o motor de combustão interna não consegue gerar um torque constante ou uma variação linear, o sistema de transmissão deveria minimizar as oscilações na produção de torque, evitando um desconforto aos ocupantes do veículo. Isso se resolveu através do emprego das molas de torção. As oscilações de torque imprimem nas molas um deslocamento, armazenando a variação da força torque, impedindo a transmissão ao eixo do câmbio. Dessa forma, o veículo se movimenta de maneira suave, sem solavancos oriundos das oscilações produzidas no motor de combustão interna.

### **2.3.3.Embreagens Úmidas.**

As embreagens são denominadas úmidas por trabalharem imersas no fluido da caixa de transmissão. Normalmente, as embreagens úmidas são multidiscos, para reduzir o seu tamanho e montados dentro de um invólucro, a fim de garantir a total interação dos discos entre si.

As embreagens úmidas podem ser consideradas eficientes por sua capacidade de dissipar melhor a energia térmica gerada durante a operação, pois são imersas no fluido do câmbio. Assim, a temperatura dissipa-se para outros pontos do câmbio. Existem também, outras características relevantes relacionadas às embreagens úmidas:

- São relativamente pequenas quando comparadas as embreagens secas;
- Suportam maiores temperaturas;
- Tem uma capacidade na transmissão do torque mais elevada;

As embreagens úmidas apresentam excelentes condições para sua aplicação. São amplamente utilizadas em motocicletas, contudo, para veículos de passeio, a sua escolha como elemento de acoplamento traz necessidade de readaptação dos invólucros das caixas de transmissão, para fazer com que as embreagens úmidas possam trabalhar imersas ao fluido dos câmbios. Mas, essas readaptações podem não favorecer retorno financeiro suficiente para as montadoras optarem por esse tipo de embreagem.

Nas transmissões DCT as embreagens secas e úmidas possuem controle de patinação, evitando desconforto na condução, bem como e aos ocupantes (KIMMING; AGNER, 2008). As embreagens úmidas podem ser usadas em carros de alto desempenho como o McLaren

MP4-12C, que utiliza um motor a gasolina V8, enquanto embreagens secas podem ser utilizadas em pequenos veículos - como o VW Polo, que pode se beneficiar da tecnologia da mudanças suaves, padrão e maior eficiência.

### 2.3.4 Conversor de Torque

O conversor de torque é um mecanismo de acoplamento entre motor e transmissão, que transfere o torque do motor proporcionalmente contínuo para a árvore de engrenagens. A transferência do torque acontece através da mudança na direção do fluido pelas partes constituintes do conversor (bomba, turbina, estator e *lock-up*). A figura 2 ilustra o conversor de torque.

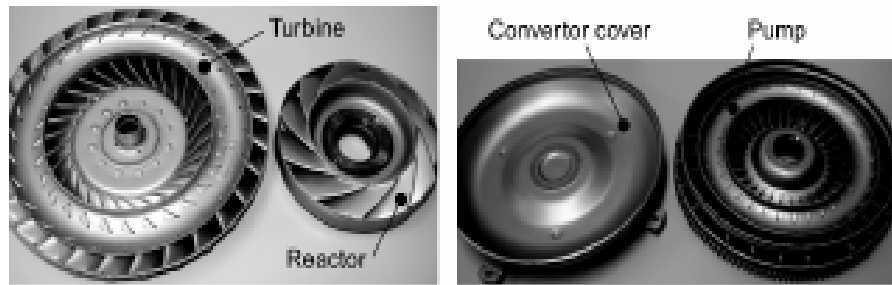


Figura 2 - Conversor de torque (Extraído NAUNHEIMER ET AL., 2010).

Construtivamente, o conversor de torque se apresenta como um recipiente com aletas internas, responsáveis pela criação do fluxo hidráulico.

A bomba é o elemento acoplado ao volante do motor, ou seja, apresenta a mesma rotação do motor. A turbina é o elemento acoplado ao eixo de entrada da caixa de marchas e responsável por transferir o torque recebido do fluido para o câmbio. O estator é um elemento fundamental para que o fluxo hidráulico dentro do conversor de torque mantenha-se em direção fixa. Maiores detalhes estão disponíveis no vídeo relacionado junto ao anexo 2.

#### 2.3.4.1 Acoplamento hidráulico

O conversor de torque nada mais é que o elemento responsável em transmitir o torque gerado pelo motor para o câmbio. Quando o motor do veículo entra em funcionamento, a bomba acoplada ao volante do motor também inicia seu movimento. Neste momento, o fluido contido dentro do conversor de torque é pressurizado, sofrendo ação da força centrífuga, ou seja, é forçado radialmente para o exterior da bomba. Ao chegar a parte mais periférica da bomba, o fluido não tem mais por onde circular, pois encontra barreiras físicas construtivas do

conversor. Assim, o fluido é direcionado para as células da turbina (localizada paralelamente as células da bomba). No interior da turbina, o fluido sai das células e, através das aletas internas, é direcionado radialmente para o centro do conversor. Entre a turbina e a bomba localiza-se o ultimo elemento do conversor, o estator, elemento responsável por alterar a direção da circulação do fluido dentro do conversor. Sem o estator o fluido que sairia da turbina em direção à bomba por estar em direção conflitante retardaria o movimento da bomba, causando perda de potência do motor. O fluido circulando entre as partes constituintes do conversor de torque, cria um movimento chamado de vórtice (movimentos espirais ao redor de um centro de rotação), fenômeno responsável pela transmissão do torque do motor (bomba) à turbina, uma vez que não há acoplamento mecânico, apenas hidráulico. O vórtice é representado pela figura 3.



Figura 3 - Representação do vórtice no conversor de torque

Extraído de (NAUNHEIMER, 2010)

Legenda: 1 bomba; 2 turbina; 3 estator;

Quando o motor inicia seu funcionamento, a bomba impulsiona o fluido a sair da inércia e, à medida em que o fluido se move dentro do conversor, começa a adquirir energia cinética. Quando o fluido se transfere para o elemento turbina, encontra resistência ao movimento pelo fato da existência das aletas da turbina. Tais resistências causam a perda da energia cinética adquirida no elemento bomba. A energia cinética dissipada, sendo absorvida pelo elemento turbina e transformada em movimento rotacional. Este fenômeno é responsável pela transmissão da energia cinética do fluido à turbina, que inicia seu movimento, permitindo a rotação do eixo de entrada da caixa de marchas.

#### 2.3.4.2 Ponto de eficiência máxima

Os conversores de torque são projetados com a finalidade de oferecer menor



resistência ao fluxo do fluido. Suas aletas são desenvolvidas em ângulos, com materiais que reduzem a resistência. Porém, as estratégias de diminuição da resistência à passagem do fluido surtem efeito até determinada velocidade da turbina, o ponto de eficiência máxima, também conhecido com ponto de projeto, no qual a eficiência do conversor de torque é máxima. A figura 4 ilustra a evolução da eficiência até o seu ponto máximo (*design point*). A partir deste ponto, a eficiência é reduzida. Para que isso não ocorra em demasia, inicia-se a fase de acoplamento, é aplicado o *lock-up*, excluindo o conversor de torque do processo de transmissão do torque ao câmbio, gradativamente.

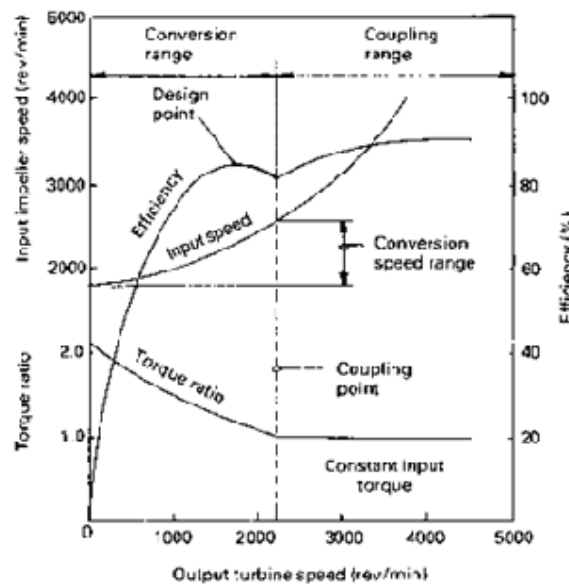


Figura 4 - Ponto de eficiência máxima  
(Extraído de HEISLER, 2002)

### 2.3.5 Lock-up

Uma das desvantagens do conversor de torque é a perda de eficiência, uma vez que a turbina ganha velocidade e ultrapassa o chamado ponto de eficiência máxima do conversor. Essa perda, somada à resistência do fluido, adquire maior energia cinética. Isso só seria possível com o aumento da energia enviada ao conversor, ou seja, aumentando o regime de trabalho do motor, elevando o consumo de combustível. Para evitar esse aumento no consumo, criou-se o dispositivo *lock-up*, um disco de fricção pilotado hidraulicamente, fazendo o acoplamento mecânico entre o volante do motor e a turbina, eliminando a transferência de torque entre a bomba e a turbina.

## 2.4 Tipos de sistemas de transmissão

Os atuais sistemas de transmissões automotivas, conciliados à eletrônica embarcada, buscam melhorias em termos de conforto, dirigibilidade, rendimento, economia de combustível e redução de emissões. Seu funcionamento está atrelado à conversão de torque, baseado na rotação do *powertrain*.

Segundo Bosch (2005, p.737) “a transmissão veicular possui os seguintes atributos: proporcionar movimento para frente e para trás; transformar força em movimento para as rodas, dispor rotações diferentes para as rodas motrizes em curvas; realizar arranque; parar o veículo mesmo com o motor em funcionamento e proporcionar que o motor trabalhe na faixa ideal, visando um melhor consumo e conseqüentemente uma redução das emissões de poluentes”. O mercado automotivo segue diversificando os modelos de transmissões de veículos devido a necessidade de soluções e alternativas, dentre elas destacam-se: transmissões manuais (MT), transmissões manuais automatizadas (AMT), transmissões de dupla embreagem (DCT), transmissões automáticas convencionais (AT), transmissões continuamente variáveis (CVT) e híbridos (NAUNHEIMER et al., 2010).

A transmissão manual possui um anel sincronizador sobre o eixo; já as automáticas, possuem acionamento dependente da carga, sendo transferida a força através de engrenagens planetárias. (BOSCH, 2005). As transmissões automatizadas realizam acionamento da embreagem e engate das marchas automaticamente, baseadas nas condições impostas pelo condutor. A CVT possui relações infinitas e grande rendimento, enquanto a dupla embreagem oferece otimização, reduzindo o intervalo ocioso entre mudanças de marchas.

### 2.4 Transmissão manual

Como já mencionado, o sistema de transmissão transfere o movimento gerado pelo motor em movimento rotacional para as rodas, sendo que no sistema manual a mudança de marcha é estabelecida pelo condutor, realizando a alteração das engrenagens através da alavanca de câmbio e pedal de acionamento da embreagem, realiza a alteração das engrenagens, que resulta na mudança das relações de marchas.

A relação de marchas multiplica o torque, basicamente pela relação entre o número de dentes da engrenagem motora (eixo primário) e da engrenagem movida (eixo secundário). Para cada troca existe uma relação decrescente. Quando uma engrenagem maior é acionada

por uma engrenagem menor, a rotação é reduzida na engrenagem movida, enquanto o torque é aumentado na proporção inversa caso típico da 1ª marcha (HONDA, [200\_?]). A figura 5 ilustra a relação existente entre as engrenagens.

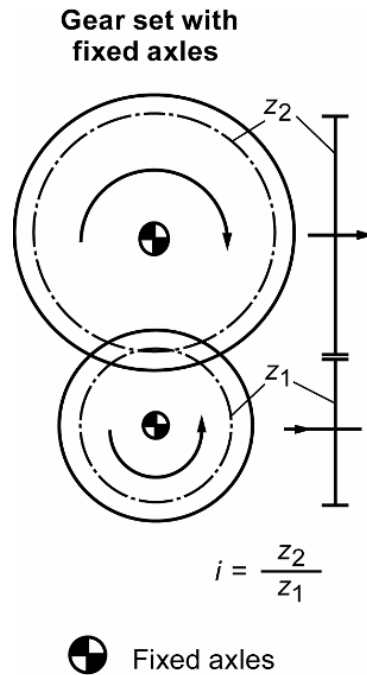


Figura 5 - Relação de engrenagens  
Adaptado NAUNHEIMER et al., 2010.

Também existe a condição de marcha a ré que proporciona uma inversão de movimento da árvore secundária através de uma engrenagem intermediária. Vale ressaltar que o anel sincronizador é o responsável pelo engate da engrenagem.

A transmissão manual possui basicamente os seguintes componentes: conjunto embreagem, caixa de engrenagens e mecanismo de troca de marchas com alavanca de câmbio.

#### 2.4.1 Conjunto de embreagem

Este conjunto permite o engate de marchas de forma suave e em diferentes rotações, além de quando motor e a transmissão estiverem conectados, este deve transferir o torque evitando perdas.

Segundo Honda (HONDA, [200\_?]) “Quando o pedal da embreagem é pressionado, o volante do motor e o platô se desacoplam e o disco perde o contato com o volante.

Consequentemente, a embreagem não efetuará nenhuma transferência de torque e quando o pedal é solto, o platô pressiona novamente o disco da embreagem contra o volante do motor assim o disco fica pressionado entre o volante e o platô. Portanto, o torque do motor é transmitido para a transmissão”. A figura abaixo representa um conjunto de embreagem.



Figura 6 -Representação conjunto embreagem

Fonte: sitio zf.com

#### **2.4.2 Caixa de engrenagens**

A caixa de engrenagens é a parte do sistema onde estão situadas as engrenagens helicoidais, que podem ter cinco ou seis pares, incluindo a marcha a ré. São relacionadas entre árvore primária, árvore secundária e sincronizadora.

#### **2.4.3 Mecanismo de troca de marchas**

A função deste conjunto é selecionar e acoplar as engrenagens de acordo com o movimento realizado pelo condutor. No câmbio manual, a rotação do motor é transferida para árvore primária, através da ação da embreagem, transmitindo movimento à árvore secundária, de acordo com a relação de marcha selecionada pelo motorista. A figura 7 representa o conjunto:

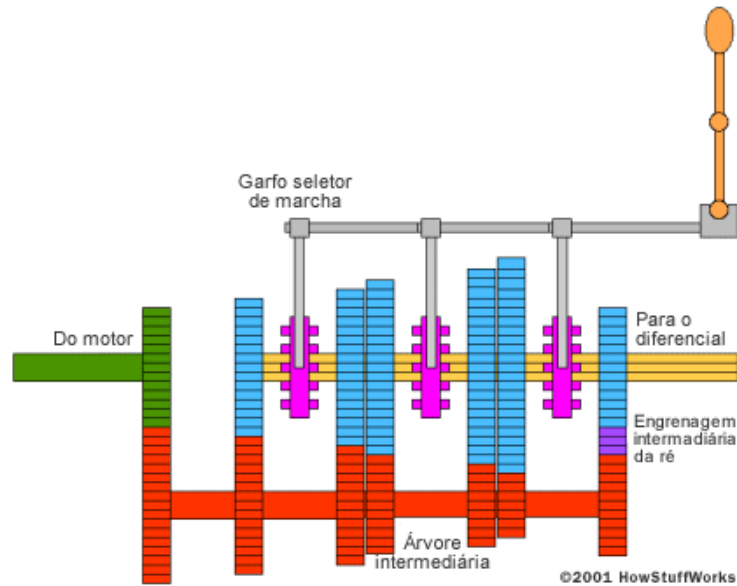


Figura 7 - Ilustração engrenagens e seletor de marchas no câmbio manual  
(Fonte: [www.howstuffwork.com](http://www.howstuffwork.com), 2001).

#### 2.4.4 Processo de engrenamento da marcha

Para que haja o processo de engrenamento de marchas os componentes da figura abaixo devem estar sincronizados.

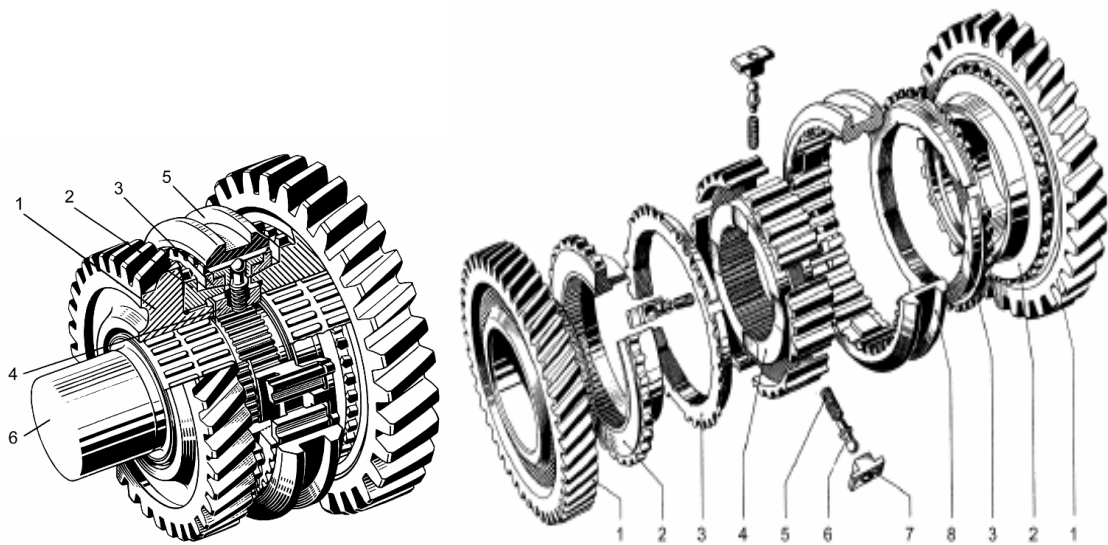


Figura 8 - Anel sincronizador para engrenamento da marcha  
Adaptado NAUNHEIMER, 2010.

Inicialmente, quando o veículo está desengatado, o colar (item 8) repousa sobre o corpo sincronizador (item 4). Quando há o movimento do trambulador iniciando o processo de engate da marcha, o colar (item 8) é forçado a sair da posição de repouso, dando início ao movimento axial. O movimento do colar é transferido para o conjunto de elemento de pressão (item 7), com função de frear o anel sincronizado (item 3), estabelecendo interação entre o colar (item 8) e o anel sincronizado (item 3). Por estar montado sobre pressão com o cubo de acoplamento da engrenagem (item 2), o anel sincronizado é forçado a acelerar seu movimento, porém, o conjunto de elementos de pressão (item 7), retarda seu movimento. Essas duas ações imprimem ao anel sincronizado uma velocidade intermediária, entre o cubo da engrenagem e o corpo sincronizador (item 4). Por esta razão, o colar (item 8) continua seu movimento axial sem que haja encontro entre os dentes do corpo sincronizador (item 4) e os anéis.

No item 8 o colar posiciona-se na metade do seu curso em direção ao engate total da marcha. Como o anel sincronizado já está acoplado ao colar (item 8) sua interação no processo faz-se desnecessária. A pressão anteriormente usada para retardar o movimento do anel sincronizado (item 3) começa a ser transmitida ao cubo da engrenagem (item 2). Com pressão aplicada, o cubo da engrenagem (item 2) começa a alinhar seus dentes com os dentes do colar e, conseqüentemente, o colar consegue se acoplar ao cubo da engrenagem. Neste momento, houve o acoplamento total, possibilitando agora a transmissão do movimento até a engrenagem e eixo principal do câmbio que, inicialmente, apenas interagia com o corpo sincronizador.

## **2.5 Transmissão automática (AT)**

A transmissão automática dispensa o uso de embreagem por aplicação do condutor pois, neste sistema, é implementado o uso de um conversor de torque à base de fluido, que transmite a rotação do motor para o conjunto de engrenagens planetárias. Através de uma combinação entre elas, cria-se uma relação de marcha na árvore de saída da caixa de câmbio.

Para as AT's mais recentes, a troca de marcha depende de uma análise eletrônica do módulo de transmissão TCM (*Transmission Control Module*). A partir de diversos sinais coletados por sensores como rotação do motor, velocidade do veículo e carga, a TCM define a melhor marcha a ser aplicada. A figura 9 representa o seletor de marcha disponível para o condutor.

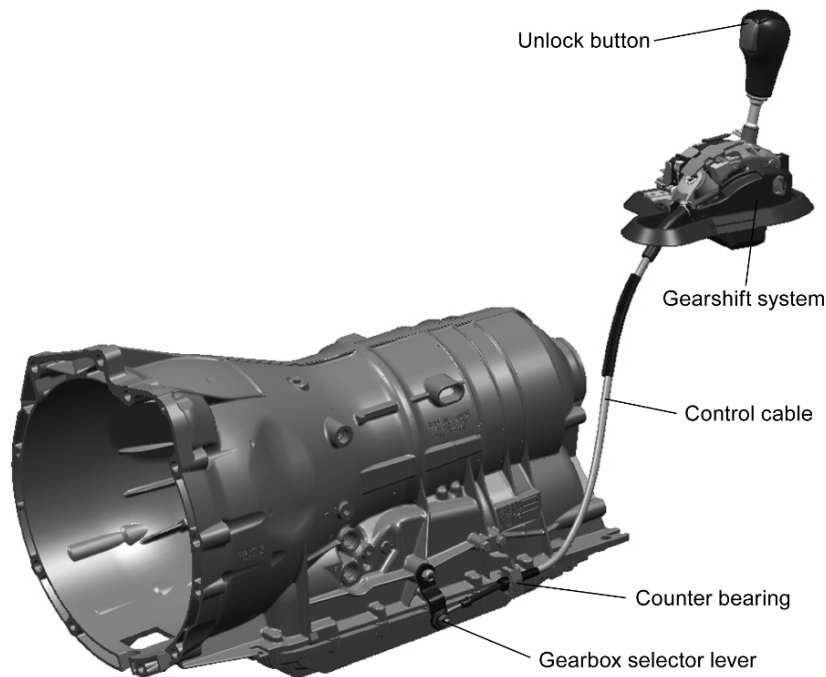


Figura 9 Seletor de marcha AT (Extraído NAUNHEIMER et al., 2010).

### 2.5.3 Controle hidráulico

Nos câmbios automáticos o engrenamento das marchas ocorre pela aplicação de embreagens internas para a liberação ou ativação das planetárias. Essas aplicações são efetivadas por meio de pressão de óleo sob os atuadores hidráulicos, responsáveis pela ativação das embreagens.

A pressão do óleo nos câmbios automáticos é criada por uma bomba de óleo, movida pelo eixo de entrada da caixa de transmissão, ou seja, em qualquer situação onde o motor esteja em funcionamento, existirá pressão de óleo para que o câmbio possa trabalhar. Essa condição de trabalho da bomba, acarreta em variações de pressão do óleo, uma vez que a bomba encontra-se acoplada ao eixo de entrada do câmbio, o que não interessa à maneira de operação dos câmbios automáticos. Como solução, foi instalada, na saída da bomba de óleo da caixa de marchas, uma válvula reguladora de pressão. Essa válvula é pilotada conforme a solicitação do condutor ao pedal do acelerador. Com altas cargas, o condutor exige maior potência do motor, permitindo maior fluxo de óleo circulando no sistema, o que resulta em aplicações de embreagens com maior pressão. Isso traz ao sistema coeficientes de atrito maiores, necessários para evitar escorregamento entre as peças e, consequentemente, perda de

eficiência. Contudo, as mudanças de marchas se tornarão mais bruscas, diminuindo o conforto. Quando o condutor realiza uma condução suave, a pressão do óleo permanece baixa para aumentar o conforto entre as passagens de marchas.

Pelo fato dos acionamentos ocorrerem por pressão de óleo, dentro do câmbio existe o corpo de válvulas e galerias responsáveis por direcionar o fluxo de óleo ao local correto.

#### **2.5.4 Válvula de carga do motor**

Em condições de muita carga no veículo, o câmbio deve atuar utilizando maior potência do motor, ou seja, fazer as passagens de marcha em rotações mais altas. Mas, para identificar se o veículo está em condição de alta carga, foi introduzida, uma válvula acoplada ao coletor de admissão (nos câmbios automáticos sem controle eletrônico), responsável por transmitir o vácuo do coletor de admissão para a válvula dentro do câmbio. Com o motor em altas rotações, a pressão no coletor de admissão tende a diminuir e a válvula de carga do motor sofre um deslocamento, pois seu princípio de funcionamento baseia-se na diferença de forças entre a mola interna e o vácuo que lhe é entregue. Quando o vácuo aumenta, a mola interna é comprimida e o eixo da válvula sofre um deslocamento interno. Esse deslocamento muda a abertura dos canais, possibilitando maior passagem do fluido para pilotar as válvulas de deslocamento.

#### **2.5.5 Válvula governadora**

Evidentemente, por ser um sistema automático, o câmbio precisa monitorar a velocidade do seu eixo de saída para definir qual a marcha será aplicada nos instantes seguintes. Nos câmbios mais antigos, sem controle eletrônico, havia a presença da válvula governadora, com característica principal a função centrífuga-sensível. Quanto maior a velocidade do carro, mais fluxo de óleo é liberado. Esta válvula libera o fluxo para pilotar as válvulas de deslocamento e, também, para a válvula reguladora de pressão, para que esta regule a pressão interna do fluido circulante no câmbio.

#### **2.5.6 Válvulas de deslocamento**

Dentro do corpo de válvula existem também as válvulas de deslocamento, responsáveis pela criação do caminho para a circulação do fluido, aplicando as embreagens para cada situação de operação. Seu funcionamento ocorre pela comparação de pressão



proveniente de duas outras válvulas (válvula governadora e válvula de carga do motor). A válvula de deslocamento, em cada uma das suas extremidades, recebe a pressão do fluido proveniente da válvula do governador e da válvula de carga do motor. A diferença dessas pressões cria um ligeiro deslocamento na válvula, suficiente para abrir ou chegar até as galerias que levam a pressão do óleo aos atuadores hidráulicos responsáveis pela aplicação de embreagens.

### 2.5.7 Planetários

O conjunto planetário abriga as engrenagens (planetárias) por onde acontecerá a relação de marchas, através de combinações (livres ou freadas) entre as mesmas. Cada sistema é constituído por: engrenagens planetárias, solar, anelar e porta planetária. O sistema planetário é representado na figura 10.

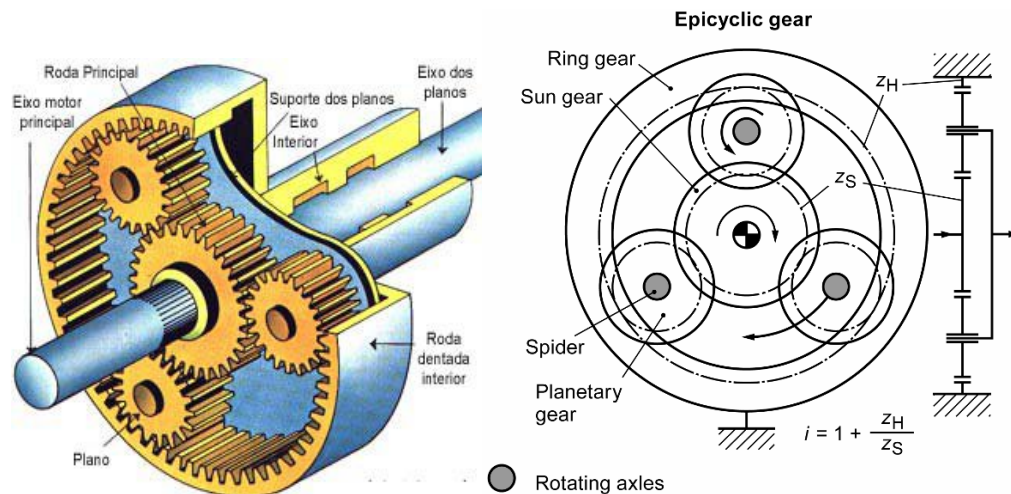


Figura 10 - Sistema planetário

(Extraído internet figura da esquerda e NAUNHEIMER et al., 2010 figura da direita)

### 2.5.8 Engrenamento

As transmissões automáticas para veículos leves apresentam configurações de até 8 marchas à frente e uma marcha a ré. De maneira geral, todas têm o mesmo princípio de engrenamento. Para exemplificar como acontece o engrenamento das marchas em um câmbio automático, será utilizado uma transmissão de 5 marchas e uma ré.

### 2.5.8.1. Fluxo em Neutro

Quando a transmissão automática encontra-se na condição de neutro, ~~nada mais é que~~ a rotação que chega à turbina não é repassada para o eixo de saída do câmbio, portanto, não havendo rotação para ser levada às rodas.

Para essa configuração, as embreagens C1 e C2 devem estar desaplicadas e a embreagem C5 estar aplicada. Todo câmbio automático por construção tenderá a transmitir movimento para o eixo de saída, pois as folgas são pequenas. Para fazer com que transferência do movimento para o eixo de saída aplica-se a embreagem C5, evitando qualquer transferência de movimento. O fluxo neutro é representado na figura 11:

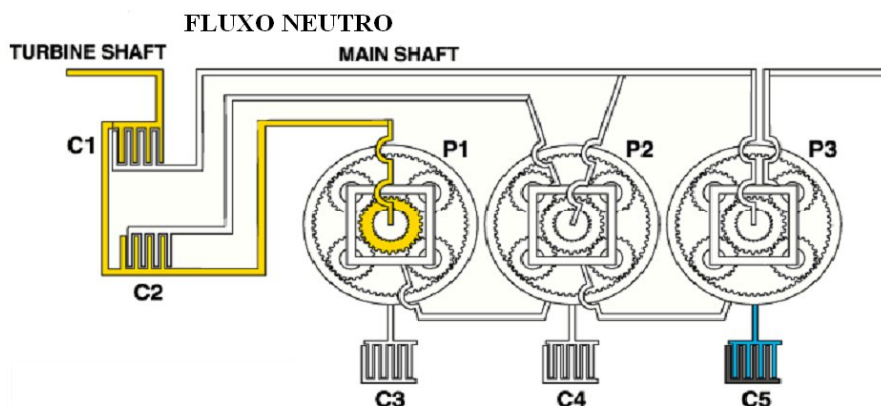


Figura 11 - Fluxo em neutro. Extraído de: (JOÃO, 2011).

### 2.5.8.2 Fluxo em 1ª Marcha

Para engatar a primeira marcha, a rotação recebida pelo eixo da turbina deverá ser transmitida ao eixo principal do câmbio e ser aplicada a embreagem C5, para que a engrenagem anelar do pacote três fique estática. Assim, a solar irá girar na velocidade do eixo da turbina e, como a engrenagem anelar estará parada, as planetárias iram se movimentar através do porta planetárias. O movimento será transmitido ao eixo de saída do câmbio com uma redução de velocidade comparada à velocidade do eixo da turbina, como ilustra a figura 12:

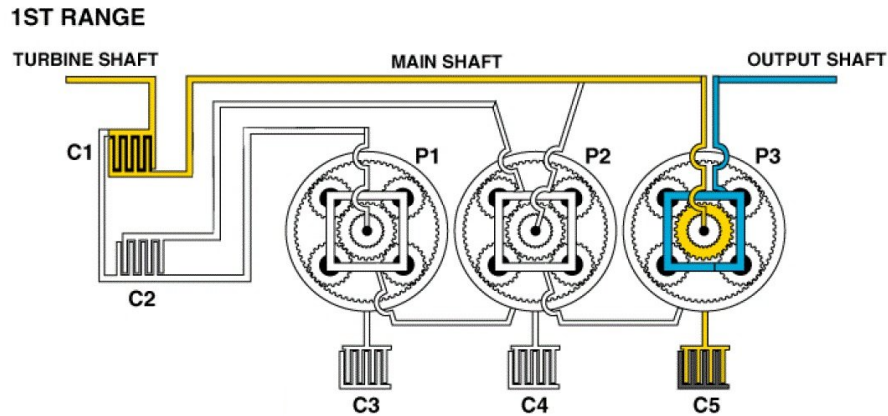


Figura 12 - Fluxo em primeira marcha. Extraído de: (JOÃO, 2011).

### 2.5.8.3 Fluxo em 2ª Marcha

Para segunda marcha, será necessário utilizar os pacotes de planetária 3 e 2. Com a embreagem C1 aplicada, a rotação proveniente da turbina é levada ao eixo principal do câmbio. Aplicando-se a embreagem C4, a anelar do pacote 2 fica estática e, com o movimento da engrenagem solar, o porta planetárias do pacote 2 gira, transferindo seu movimento à engrenagem anelar do pacote 3. Com o giro da engrenagem anelar do pacote 3 na mesma velocidade da porta planetário do pacote 2, somada à velocidade da solar do pacote 3 que está solidária ao eixo principal o porta planetária do pacote 3 sofrerá rotação com velocidade maior que a da primeira marcha, porém, com uma redução da velocidade angular do motor, como demonstrado na figura 13:

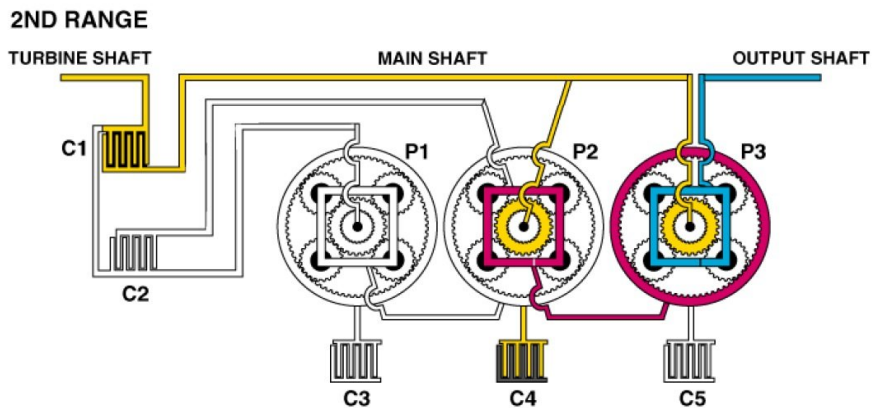


Figura 13 - Fluxo em segunda marcha. Fonte: (Celso, 2011).

#### 2.5.8.4 Fluxo em marcha a ré

No fluxo de marcha a ré, em geral, a combinação das embreagens C3 e C5 deverão ser aplicadas, com o intuito de levar o eixo de saída movimento rotacional em sentido oposto aos demais fluxos. Por construção, cada sistema planetário é produzido de maneira que seus dentes se disponham de maneira helicoidal, minimizando o ruído e o desgaste. As planetárias que realizam o fluxo de marcha a ré apresentam, em alguma delas, a orientação dos dentes helicoidais em sentido oposto às demais, criando, no eixo de saída do câmbio, um movimento rotacional em sentido inverso, ou seja, marcha a ré. A figura 14 descreve o fluxo em marcha a ré:

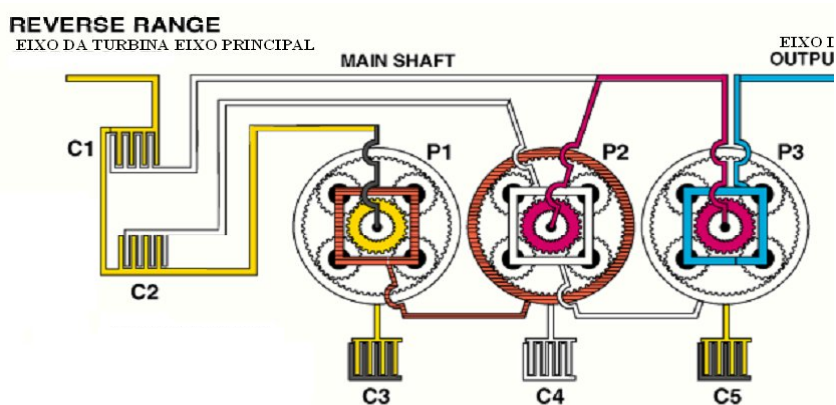


Figura 14 - Fluxo em marcha a ré Fonte: (Celso, 2011)

## 2.6 TRANSMISSÕES AUTOMATIZADAS (AMT)

### 2.6.1 Histórico

Com a implementação do controle eletrônico junto ao sistema de transmissão, tornou-se possível a análise dos parâmetros do motor para adotar estratégia de mudança de marcha e, também, a necessidade de redução de custos nas linhas de produção. Esse fato abriu caminho ao modelo automatizado, que assumiu a função do condutor, na sequência ordenada de mudança de marcha. No Brasil, o emprego deste princípio ocorreu, como base, em carros adaptados. O Palio *Citymatic*, da Fiat, que não possuía o pedal de acionamento da embreagem e a seleção de marcha era realizada manualmente, são lembrados como exemplo. Atualmente,

o crescimento do mercado e acirramento da concorrência entre montadoras fizeram com que uma gama transmissões robotizadas também crescessem, com destaque no mercado nacional a *Easytronic*, *I-Motion* e *Dualogic*. Na figura 15, um exemplo de alavanca seletora do câmbio *Dualogic*:



Figura 15 - Dispositivo troca marcha Dualogic  
Fonte: Sítio car press UOL 2012

### 2.6.2 Dualogic

Dentre os sistemas de transmissões automatizadas, destaca-se, nesta seção, a descrição do câmbio *Dualogic*, com pequenas particularidades que o diferenciam dos demais sistemas.

Esta transmissão foi desenvolvida pela FPT (*Fiat Powertrain Technologies*) e utiliza tecnologia da Magneti Marelli. No Brasil, foi lançado, em 2008, na segunda geração do Fiat Stilo (sítio *Wikipedia*).

Este sistema possui algumas funções e particularidades:

- Disponibilidade de modos automático ou manual;
- Função *autodown*, que reconhece a queda de giro e ocorre a redução de marcha;
- Sistema de proteção do motor, que evita reduções bruscas de marcha;
- Sistema de condução autoadaptativo.

Os carros da Fiat que possuem este sistema de transmissão são: Línea, Família Palio, 500, Punto, Bravo e Idea.

### 2.6.3 Componentes

O sistema eletro-hidráulico de transmissão divide-se em dois grupos: um gera pressão hidráulica e mantém pressão no sistema e outro transfere esta pressão aos atuadores responsáveis pela seleção de marchas. (FIAT, 2007).

A figura 16 ilustra um grupo eletro-hidráulico.

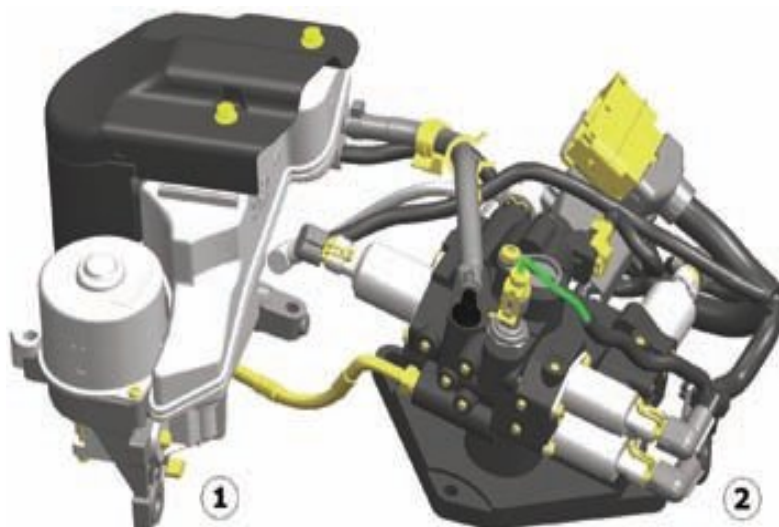


Figura 16 - Sistema eletro-hidráulico transmissão AMT  
Extraído (FIAT, 2007)

Conforme representado acima, destacam-se: no grupo 1, eletrobomba de engrenagens, acumulador de pressão, tubo de envio de alta pressão, reservatório de óleo, tubo de retorno de óleo e suporte de fixação; no grupo 2, as eletroválvulas (EV) 0, EV1, EV2, EV3 e EV4.

A eletrobomba de engrenagens é ativada eletricamente quando a pressão do sistema está baixa e desativada em situação de pressão elevada.

O acumulador garante a reserva de fluido para funcionamento dos atuadores mesmo que a bomba se encontre desligada. (FIAT; 2007).

As eletroválvulas (EV) 1 e 2 são controladas diretamente pelo módulo de transmissão. O acionamento ocorre através de corrente elétrica entre 0 ~ 2,5 A (Ampére) e possuem função de controlar a pressão de óleo na atuação de engate e desengate.

Na sequência, as EV3 e EV4 são controladas pelo módulo da transmissão através de tensão 12V (Volts) e, segundo Fiat (2007, p.13) “Possuem a função de controlar o fluxo de óleo para o atuador de seleção de marchas. São válvulas do tipo *on/off*, ou seja, apenas direcionam o fluxo de óleo sem nenhum controle sobre sua vazão ou sobre sua pressão”.

Por seguinte, a EV0 direciona o fluxo do fluido para o atuador de embreagem, com acionamento através de corrente elétrica entre 0 e 2 A.

### 2.6.3.1 Atuador de embreagem

É o responsável por atuar a embreagem, mediante pressão de óleo que chega à sua entrada. A figura 17 ilustra o circuito hidráulico, que realiza todas as operações de trocas nesta transmissão:

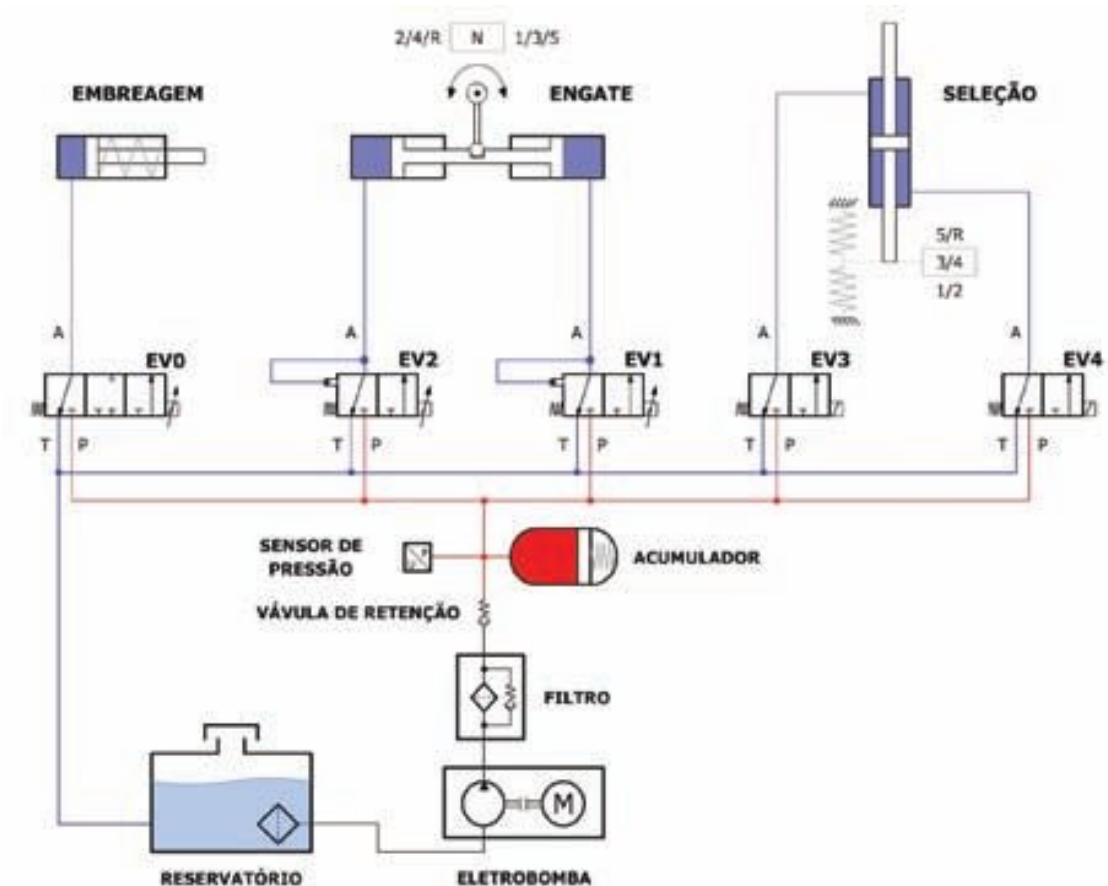


Figura 17 - Circuito hidráulico (Retirado FIAT, 2007)

### 2.6.3.2 Funcionamento

O controle do motorista compreende uma alavanca com a designação “+” conhecida com posição *up*, que engata as marchas de forma sequencial crescente (1,2,3 . .) e “-” indica posição *down*. utilizada para desaceleração e engata marcha de forma decrescente (5,4,3,2,1). Outras posições são: D/M (Auto/Manual), N (Neutro), R (Ré) e interruptor S (normal ou *Sport*). Destaca-se pela ausência do pedal de embreagem e por possui menor custo em relação câmbio automático convencional, com troca específica realizada por atuadores, acionando a embreagem e direcionando o garfo para engrenar as marchas de forma sequencial. As vantagens deste sistema são:



- maior segurança para o motorista e para o veículo;
- otimização do consumo;
- redução do nível de tensão do motorista;
- redução de peso e espaço para instalação (este último comparado ao câmbio automático).

## **2.7 Transmissão continuamente variável (CVT)**

### **2.7.1 Histórico**

Afirmar que a CVT é inédita. seria um grande equívoco pois, em 1490, Leonardo Da Vinci esboçou esta idéia (LANG, 2000). O conceito vem se expandindo para todo o mundo e, atualmente, com mais força no continente Asiático.

O CVT se difere das demais transmissões por utilizar polias, em contraposição ao conjunto de engrenagens, para alterar relações. Esse sistema possui grande eficiência, beneficiando-se, principalmente, pelos avanços tecnológicos e leis quanto à emissões dos veículos, além de proporcionar condução confortável e economia de combustível. Importante destacar os sistemas automáticos de 5, 6, 7 ou 8 velocidades e manuais 5 ou 6 marchas que são utilizadas em grande escala. Segundo Teubert (2009, p.1) “A produção mundial chega aos 4 milhões de unidades” e destaca-se pelo seu emprego montadoras como: Honda, Subaru, Mitsubishi e Nissan.

### **2.7.2 COMPONENTES**

#### **2.8.2.1 Polias**

As polias são, também, conhecidas como conjunto variador de relação. O CVT por correia possui duas polias: primária, que recebe torque do motor e secundária, que transfere energia às rodas. A figura 18 ilustra um conjunto de polia e correia.



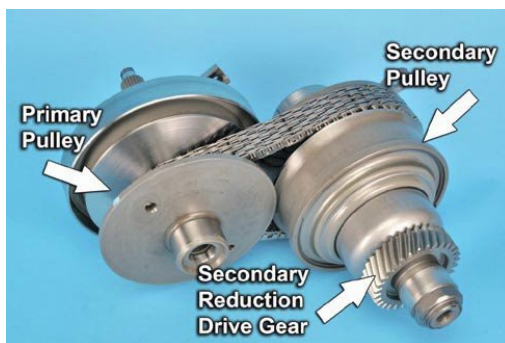


Figura 18 - Duas polias e a correia de uma transmissão CVT

(Extraído: subaruoutback.org)

### 2.7.2.2 Correia Metálica

A correia metálica é a responsável por transmitir energia entre as duas polias. Geralmente é fabricada com duas seções de aço, de 12 camadas cada e aproximadamente 400 elos de aço, que os mantêm unidos. Vale ressaltar que a construção da correia metálica, através da compressão dos materiais, permite que esta empurre, ao invés de puxar, como as demais correias atuam. Esta mesma característica permite deslizamento menor, devido ao aumento do atrito na área de contato da polia. O desgaste da correia provocaria patinação, podendo causar oscilação na aceleração em diversos regimes rotação. (HONDA, [200\_?]). A correia é representada na figura 19:

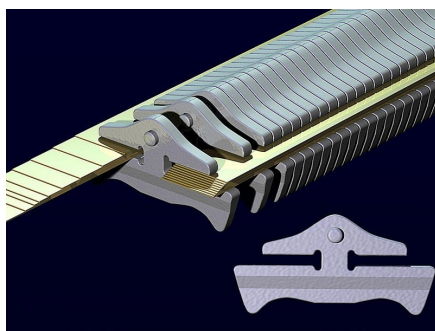


Figura 19 - Cinto ou correia metálica

Extraído de [http://www.nissanmurano.org/gallery/500/CVT\\_push\\_belt\\_segments.jpg](http://www.nissanmurano.org/gallery/500/CVT_push_belt_segments.jpg)

Importante citar a existência de diversos tipos de CVT, entre os quais, destacam-se CVT de correia (mencionado anteriormente) e o CVT toroidal, que possuem roletes que alteram o ângulo, diminuindo ou aumentando a relação.

### **2.7.2.3 Inversor**

Consiste em um sistema de engrenagens, chamado trem epicicloidal, embreagem e freio são aplicados para alternar a direção (frente/trás).

### **2.7.2.4 Bomba de óleo**

Fornece pressão suficiente para lubrificar e manter o funcionamento da transmissão. Vale ressaltar que esta força deve ser alta para sustentar o torque do motor e manter tensionada a correia.

### **2.7.3 Funcionamento:**

A transmissão continua variável funciona de forma semelhante a uma transmissão automática e possui economia equiparada a transmissão manual. Esta condição é alcançada, pois a CVT permite que o motor trabalhe em uma faixa ideal de rotação para cada operação. (HONDA, [200\_?]).

O CVT em seu funcionamento:

- Possibilita o automóvel ficar em marcha lenta quando estiver parado e engatado em *Drive*;
- Permite o veículo sair do repouso em aceleração se estiver em subida;
- Dispõe de diversas relações de rotações para utilização máxima do torque;
- Mantém baixo consumo, mesmo em velocidade. (HONDA, [200\_?]).

Neste sistema, podemos citar três componentes responsáveis pela transmissão de movimento: polia motora, polia movida e correia. As polias aplicadas nos sistema CVT são polias do tipo “v”, segregadas lateralmente. Com o deslocamento axial de uma das suas laterais, a polia aumenta ou diminui o tamanho do canal, possibilitando que a correia metálica utilize as suas partes mais internas criando, assim, um novo diâmetro para o contato da correia. Essa variação é controlada eletro-hidraulicamente (controle lateral de pressão), pilotada pela TCU, que permite que a correia se desloque o deslocamento da correia de forma tensionada - pelas infinidades de diâmetros - alterando, assim, as relações. Quando a polia motora aumenta seu diâmetro, a polia movida diminui e vice-versa. Esta situação é adotada para manter a cinta sempre tensionada. A figura 20 ilustra polias em cintas no CVT:



Figura 20 - Polias e cintas CVT (Extraído NAUNHEIMER et al., 2010)

No CVT toroidal, a alteração da relação entre as polias é realizada por cones ou roletes. Atuam de forma idêntica à correia, porém, com deslocamento, mantendo contato com as polias e sendo controlados por um pistão. O módulo de transmissão realiza o controle dos roletes. Maiores detalhes estão disponíveis no vídeo relacionado junto ao anexo 3.

## 2.8 Dupla Embreagem (DCT)

### 2.8.1 Histórico

O sistema de dupla embreagem ou *dual clutch transmission* (DCT) tem origem francesa, esboçada por Adolphe Kégresse, em 1939, para a Citroen. Este trem de força possui uma embreagem para marchas pares e outra embreagem para acoplamento de marchas ímpares, sistema que oferece redução no tempo de troca entre marchas, resultando em aproveitamento do torque entregue pelo motor.

Kégresse nasceu na França em 1879. Tornou-se engenheiro e realizava trabalhos de abrangência tecnológica. O seu desenvolvimento sobre a DCT teve, como maior contemplada, a Citroen, mas um dos fatores impeditivos da ascensão de sua invenção foi à criação do conversor de torque aplicado à transmissão automática, que apresentava, na época, melhor rentabilidade às montadoras. (Fonte sitio: *Wikipedia*). A figura 21 retrata o inventor francês:



Figura 21 - Adolphe Kégresse (Extraído sitio Wikipedia)

A Porsche utilizou a transmissão dupla embreagem em seus veículos 956 e 962 na competição de Le Mans no ano de 1980; na sequência, a Volkswagen avançou em seu desenvolvimento.

Citando a Volkswagen, a tecnologia vem avançando. Sua primeira aplicação *dual clutch* foi em 2002 e foram vendidas mais de um milhão de unidades. Seus principais objetivos eram minimizar o consumo de combustível alcançado pelas caixas manuais e ser tão confortável quanto o câmbio automático. (VOLKSWAGEN, 2008). No ano seguinte, 2003, o número de vendas saltou para 3,5 milhões de unidades automatizadas, sendo vendidas em modelos da Audi, Seat, Skoda e VW. Atualmente, no Brasil, existem diversos veículos equipados com este câmbio, destacando-se o A1 1.4 TSI, Jetta Highline e Volvo XC60.

A invenção de Kégresse contribuiu muito para o desenvolvimento da tecnologia, agora presente em veículos mais eficientes, visto que o mercado está competitivo e estes produtos tornaram-se essenciais (ZF, 201-?). A figura 22 refere-se o sistema criado por Kégresse:

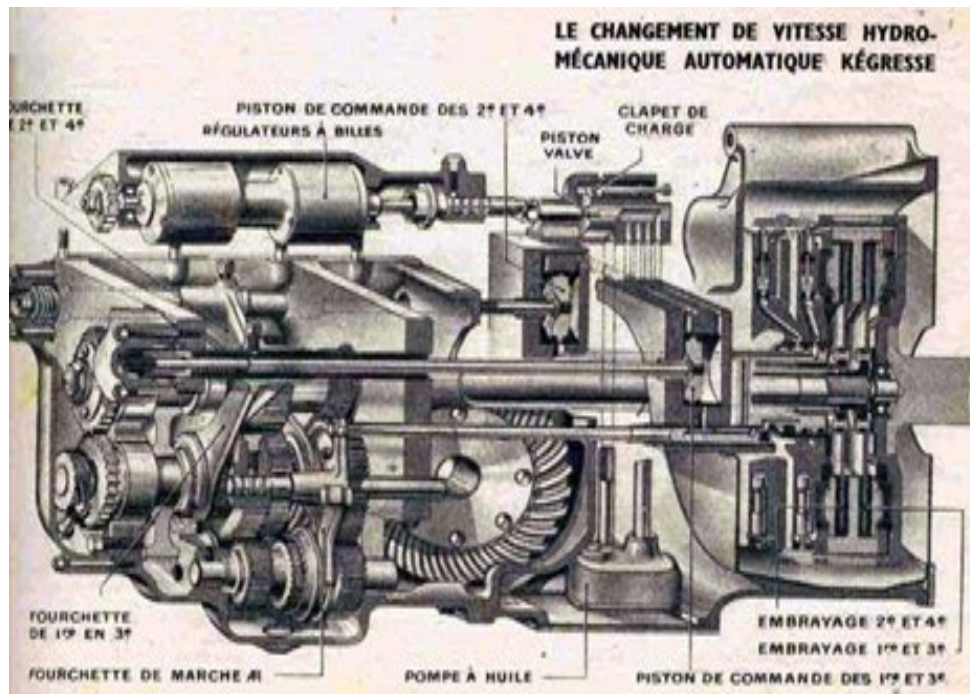


Figura 22 - DCT desenvolvido por Kégresse

Fonte: <http://ae-plus.com/milestones/adolphe-kgresse-developed-the-dual-clutch-transmission>

## 2.8.2 Funcionamento

Em princípio, existem dois eixos trativos alocados um dentro do outro, tanto para marcha ímpar (1,3 e 5), quanto para marcha par (2,4 e ré). Não existe pedal de embreagem e o momento da troca é gerenciado pelo módulo da transmissão. Exemplo: Quando existe operação de mudança de marcha da 2ª (subcaixa 2) para a 3ª marcha (subcaixa 1). Segundo Naunheimer et al. (2010, p.173) “O processo de sincronização da engrenagem não é percebida pelo motorista. Em virtude da sobreposição do fechamento da embreagem C1 e a abertura da embreagem C2, a transferência do torque praticamente não é interrompida uma vez que a embreagem C1 é aplicada rapidamente, dessa forma, a segunda velocidade é desengatada na subcaixa de engrenagens 2, que agora está livre para que outra marcha seja engatada. O processo básico é o mesmo para ambas as caixas”. Representação 23 do sistema dupla embreagem:

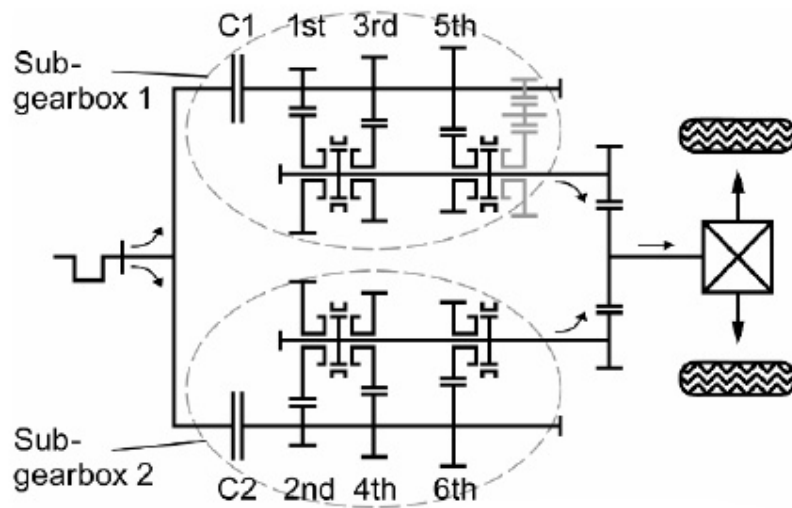


Figura 23 - Representação DCT (Extraído NAUNHEIMER et al., 2010)

O emprego da DCT consiste na passagem de marchas, sem interrupção ou perda de torque, devido à sobreposição de embreagens, o que garante bom desempenho. Seu consumo de combustível é baixo comparado ao AT devido à ausência do conversor de torque.

## 2.9 Híbrido

### 2.9.1 Histórico

O híbrido surge como um modelo desenvolvido para solucionar a combinação economia de energia e baixas emissões, já que associa motor a combustão interna e motor elétrico, geradores de propulsão. No entanto, ainda não é muito difundido devido à resistência política que as indústrias petrolíferas imprimem.

Em caráter histórico, o surgimento dos veículos elétricos está relacionado ao descobrimento da bateria, em 1859, pelo francês Gaston Planté, sendo implementada em veículos somente em 1880. No ano de 1971, Thomaz Edison aprimorou a bateria níquel-ferro e, posteriormente, níquel-zinco, para melhorar a capacidade de armazenamento de carga.

Em paralelo, o motor de combustão interna foi desenvolvido por Nikolaus Otto e produzidos em escala industrial por volta de 1876. Desde então, existem diversos estudos e aplicações em busca da otimização desta tecnologia, visando maior eficiência.

Destaca-se no mercado internacional o Toyota Prius (figura 24), que é o modelo híbrido mais vendido atualmente, chegando ao fim de 2010 à marca de 2 milhões de unidades

comercializadas. Já no Brasil, o início desta tecnologia ocorreu no ano de 2010 com a chegada do Ford *Fusion Hybrid* fabricado no México.



Figura 24 - Toyota Prius (Extraído sitio Toyota)

### 2.9.2 Configurações de veículos híbridos

Veículos híbridos são unidades automotoras que possuem ao menos duas fontes de energia com princípios de funcionamento diferenciados. Segundo Silva (2011, p.6) “Todos os híbridos no mercado têm um sistema de frenagem regenerativa, que captura a energia cinética do veículo e a transforma em energia elétrica”.

A configuração em série dos veículos híbridos é muito utilizada na redução de emissões, pois possui motor à combustão interna, utilizado apenas como fonte de energia para carregar a bateria, ao qual não existe conexão para tracionar as rodas. O movimento é transferido para rodas através de motores elétricos. Esta configuração dispõe-se basicamente de: motor à combustão interna com gerador, tanque de combustível, bateria e motores elétricos.

O híbrido paralelo almeja a economia de combustível, onde o motor à combustão interna é a principal fonte de movimento do veículo. Quando solicita mais potência, o motor elétrico é acionado, funcionando de forma paralela para agregar potência e gerar maior propulsão. Este sistema possui: motor à combustão com caixa de marchas, tanque de combustível, motor elétrico e bateria.

Híbrido misto: reúne características citadas de ambos os sistemas (série e paralelo), sendo empregado tanto para economizar combustível quanto para reduzir emissões de gases poluentes. Fornecer propulsão tanto agrupando seus motores (elétrico e à combustão interna),

de forma proporcional ou conforme a demanda exigida. É composto por: motor à combustão com caixa de marchas, tanque de combustível, motores elétricos e bateria.

A figura 25 exemplifica a configuração dos modelos híbridos:

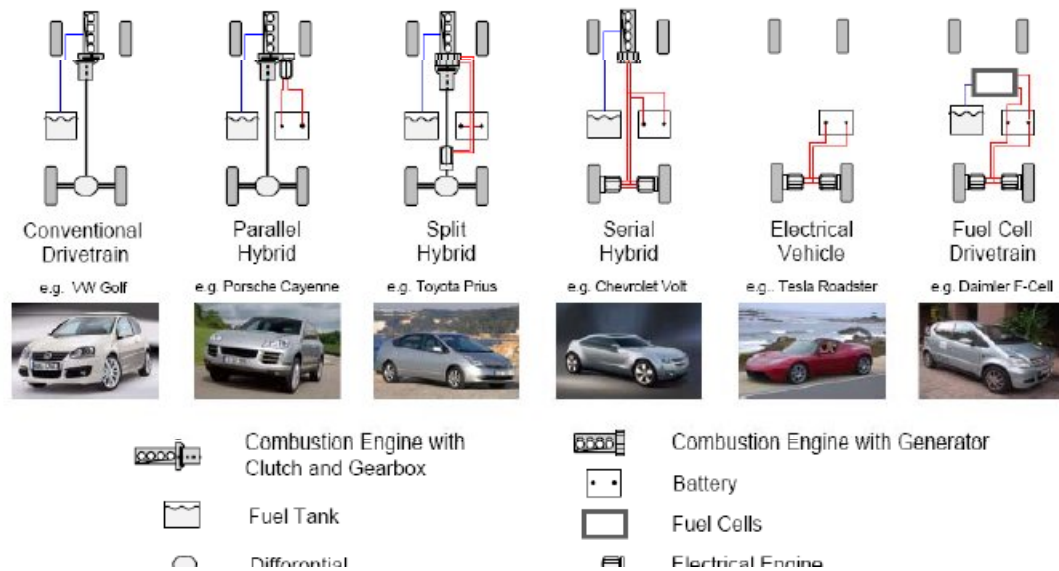


Figura 25 - Arquitetura de veículos híbridos (JOÃO, 2011)

### 2.9.3 Características dos híbridos

A potência gerada para movimento do veículo automotor ocorre por meio das seguintes fontes:

- motor de combustão interna;
- motor elétrico;
- combinação entre motor de combustão interna e motor elétrico;
- frenagem regenerativa, por meio da desaceleração do motor elétrico, funcionando como gerador para carregar a bateria;
- carregamento da bateria por intermédio do motor de combustão interna, acionando o motor elétrico para funcionar como gerador.

## 2.10 Lubrificantes de câmbios

Quando o assunto é câmbio automotivo, impossível não pensar em lubrificação. A lubrificação das caixas de engrenagens tem tanta importância quanto o seu desenvolvimento.



Lubrificantes para caixas de marchas apresentam-se como o terceiro membro no câmbio. Devem manter o contato dos componentes mecânicos, criando uma fina película de proteção entre eles. Isso aumenta a vida útil dos componentes da caixa de transmissão. De maneira geral, os lubrificantes têm a função de diminuir o atrito entre as partes móveis. Além disso, o lubrificante deve:

- Retardar ou minimizar danos;
- Dissipar o calor de maneira homogênea;
- Não ser agressivo aos selos e pinturas da caixa de câmbio;
- Ter a característica de se separar da água;
- Ter boa absorção de sujeira;
- Ser estável em altas e baixas temperaturas;
- Proteger os materiais contra corrosão;
- Ter baixo custo.

Todas essas características, visam aumentar consideravelmente, a vida útil do câmbio. O lubrificante é indispensável no sistema de transmissão veicular, porém com a necessidade da criação de veículos mais eficientes, o fator peso deveria ser minimizado. Desta forma, junto com o desenvolvimento das novas caixas de transmissão mais leves, surge a necessidade de minimizar também a quantidade de fluido lubrificante nas caixas e, por essa razão, os lubrificantes devem ser cada vez mais eficientes em suas características.

A maioria dos lubrificantes para câmbios disponíveis no mercado utilizam uma base mineral e cerca de 10% de aditivos, que deve garantir as principais características dos fluidos lubrificantes, ou seja, precisam manter a capacidade de trabalhar em altas taxas de pressão sem alterar consideravelmente sua temperatura; garantir uma limpeza do sistema retirando partículas metálicas pelos detergentes e possuir elementos segregadores de água do fluido lubrificante.

O sistema de lubrificação deve proporcionar lubrificação a todas as partes do sistema de transmissão. Para que isso ocorra, existem canais que levam o fluido para os locais mais distantes da fonte pressão do sistema e, no fim desses canais, são criadas fissuras que fazem o óleo ser expelido de maneira contínua, atingindo pontos onde seria impossível a lubrificação única e exclusivamente por imersão.

### 2.10.1 Viscosidade

A principal característica para qualquer tipo de lubrificante é a viscosidade. A viscosidade pode ser definida como a resistência que um fluido tem em escorrer. Por exemplo, a água escorre com maior facilidade quando comparada ao óleo vegetal, portanto, a água é menos viscosa que o óleo. A viscosidade depende da temperatura do fluido. Como o carro pode estar inserido em diversas situações climáticas, foram criados aditivos para que os fluidos tenham a capacidade de apresentar uma característica de multiviscosidade. A multiviscosidade faz com que, em temperaturas mais baixas, o fluido diminua sua viscosidade, tornando-se capaz de escoar mais facilmente, comparado ao mesmo fluido sem o aditivo e, este mesmo fluido, em altas temperaturas tem o processo invertido, torna-se um fluido com uma viscosidade maior evitando uma fluidez excessiva. Essa característica de multiviscosidade, garante uma lubrificação rápida em baixas temperaturas e um escoamento mais lento da lubrificação em altas temperaturas, aumentando, assim, o tempo de permanência do filme de óleo depositado nas partes do câmbio.

A classificação do fluido lubrificantes do mercado é padronizada pela SAE (*Society of Automotive Engineers*). Os lubrificantes de câmbios automotivos têm classificação entre 70 a 140 mm<sup>2</sup>/s. Essa unidade de medida é adotada no SI (Sistema Internacional Unidades), enquanto no CGS a unidade de medida é o *Stokes*. Um *Stoke* equivale a 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>/s. Como já citado anteriormente, os lubrificantes para câmbios automotivos devem se manter úteis durante toda a vida operacional do câmbio. Assim, quando se projeta um novo câmbio, há a necessidade de traçar uma estratégia quanto a sua lubrificação. Dependendo da aplicação para a qual o câmbio foi desenvolvido, deve-se optar pelo melhor lubrificante a ser utilizado, ou, se haverá necessidade do desenvolvimento de uma nova fórmula de lubrificante (com proporções diferentes dos diversos tipos de aditivos).

O próximo capítulo revela como a parte eletrônica contribui para as melhorias atreladas aos sistemas de transmissão veicular. Também abordará os sensores e seus condicionamentos.

### 3 CONTROLE ELETRÔNICO DA TRANSMISSÃO

A transmissão automática veicular controlada através da eletrônica embarcada, utiliza um módulo de gerenciamento conhecido como TCU (*Transmission Control Unit*), este é o responsável pela a troca de marchas (HONDA, [200\_?]). Os principais sinais utilizados pelo módulo TCM são dos sensores de: pressão do óleo do câmbio, rotação de entrada da turbina, posição da alavanca seletora de marchas, temperatura do fluido e também são utilizadas informações coletadas pelo módulo de controle de motor (ECU), que são transmitidas através de uma comunicação serial, como por exemplo o sensor de posição da borboleta acelerador (TPS), sensor velocidade do veículo (VSS) e sensor de temperatura do motor e sensor de pressão no coletor. Desta forma, com o emprego da eletrônica foi possível alcançar qualidade e suavidade na transição de marchas (BRASIL AUTOMÁTICO, 2012). Abaixo o diagrama da figura 26 representa o TCM:

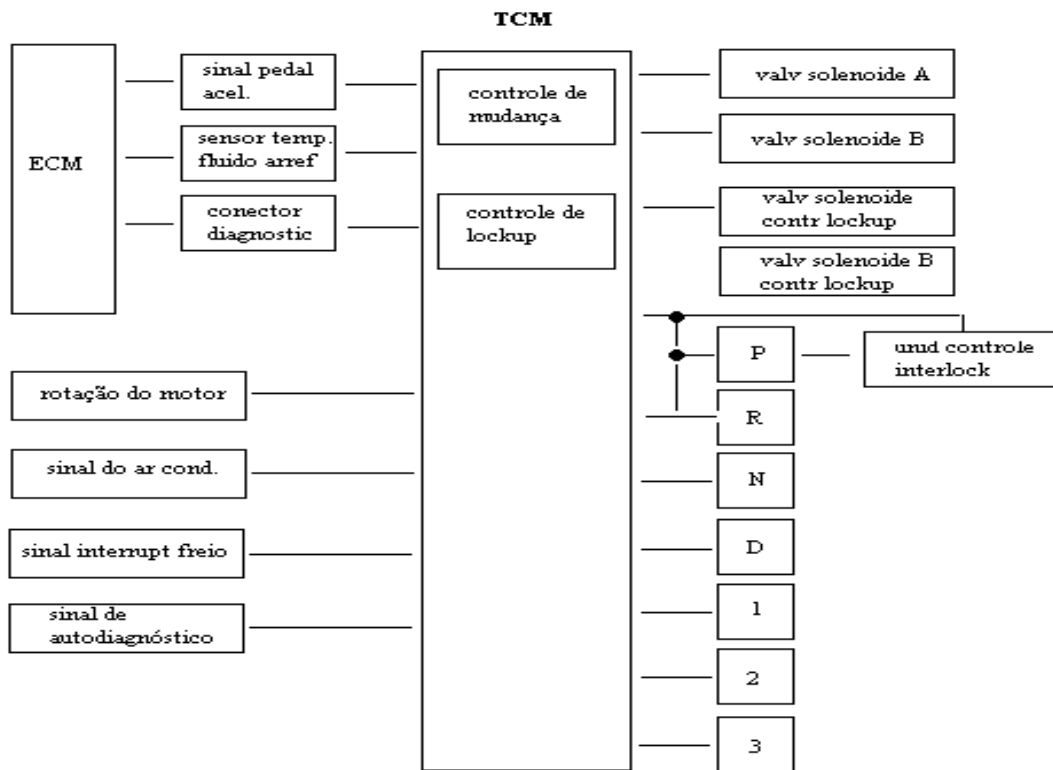


Figura 26 - Representação TCM HONDA

Adaptado de (HONDA, [200\_?])

### 3.1 Eletrônica de controle de câmbios

Todos os avanços tecnológicos empregados nos veículos, ocorrerem pela necessidade de aumentar a eficiência e consequentemente trazer ao consumidor um produto inovador mais eficiente e com um custo mais acessível. Com o passar do tempo, as transmissões totalmente mecânicas, tornaram-se um pequeno obstáculo para desenvolvimento, dessa forma para as montadoras não restou alternativa se não aplicar eletrônica também ao controle das transmissões automáticas e automatizadas buscando produzir veículos eficientes.

Hoje os câmbios controlados eletronicamente oferecem ao conjunto *powertrain* maior, durabilidade e eficiência, trazendo aos ocupantes do veículo um maior conforto.

As centrais eletrônicas desenvolvidas para controle de câmbios automáticos e semiautomáticos, apresentam diversas nomenclaturas exclusivas para sua denominação, aqui utilizaremos a sigla TCU (*Transmission Control Unit*).

As TCU's de uma forma geral têm características bem parecidas, e será sobre essas características que iremos abordar.

#### 3.1.1 Hardware

O *hardware* de controle aplicado aos câmbios, independentes de seu fabricante, têm estruturas internas cada uma com sua responsabilidade para manter o sistema funcionando e sem prejudicar a sua integridade.

O *hardware* está dividido nas seguintes partes: fonte de alimentação, circuitos de proteção, interface de comunicação, circuito condicionador de sinais, microcontroladores e memória. Basicamente essa é a configuração das TCU's.

#### 3.1.2 Fonte de alimentação

A fonte de alimentação aplicada às TCU's tem como principal objetivo garantir tensão contínua sem *ripples* e (pequena variação de tensão) e fornecer tensão adequada aos outros sistemas, por exemplo o microcontrolador que opera com uma tensão de 5V.

Por se tratar de câmbio com acionamento hidráulico, o controle eletrônico desempenha sua função através do controle de eletroválvulas que por sua vez demandam muito mais corrente do que tensão, dessa forma, a fonte de alimentação também deve garantir altas correntes elétricas que quando exigida para que as eletroválvulas cumpram seu trabalho de maneira confiável.

### 3.1.3 Circuitos de proteção

Quando o controle dos câmbios automáticos passou a ser eletrônico, as TCU's tiveram de ser projetadas para trabalhar em condições severas e desfavoráveis. Uma dessas condições seria o surgimento de situações elétricas que poderiam trazer dano ao câmbio e este ao veículo, estando este em movimento, causar danos irreversíveis aos ocupantes. Para evitar tal situação, foi empregado ao hardware circuitos de proteção elétricos e do algoritmo. Esses circuitos de proteção elétricos, basicamente protegem o hardware contra curtos circuitos, inversão de polaridade, picos de tensão e corrente.

As TCU's apresentam também *watchdog's* complexos, capazes de avaliar a plausibilidade das operações do câmbio e restaurar o software para níveis mais seguros quando o motor se encontra desligado. Diversas TCU's utilizam até dois processadores para minimizar possíveis falhas. Todas essas estratégias estão contidas em uma espécie de cartilha que traz informações e procedimentos que quando aplicado ao desenvolvimento da TCU, minimiza e muito a probabilidade de ocorrência de falhas. É imprescindível também avaliar a confiabilidade do sistema, para isso existe uma classificação internacional padronizada exclusiva para os módulos eletrônicos que é denominada SIL (*safety integrity level*).

### 3.1.4 Interface de comunicação

A interface de comunicação de uma TCU tem duas funções básicas. Uma delas é propriamente a comunicação com os outros módulos do motor para manter sempre atualizado os parâmetros necessários para a TCU aplicar corretamente o *software* e a outra é a função que trata-se de comunicação para a diagnose do sistema. Hoje o protocolo mais utilizado é o CAN (*Controller Area Network*), mas em aplicações futuras o *Flex Ray* (rede de dados) pode ser adotado, pois uma de suas principais características é uma maior taxa de transferência de dados.

### 3.1.5 Microcontrolador

Todas essas estruturas da TCU trazem para o microcontrolador condições para execução de todas as suas rotinas para controle do câmbio. O microcontrolador através de leituras realizadas, sendo de sensores próprios do câmbio, ou seja, de dados disponibilizados na rede, pode adotar a melhor estratégia para a condição real em que o veículo está inserido.

### 3.1.6 Sensores

Evidente que para o perfeito funcionamento dos câmbios controlados eletronicamente, faz-se necessário a utilização de sensores que são responsáveis pela medição de variáveis reais que auxiliarão à TCU em decidir a melhor marcha a ser aplicada.

#### 3.1.6.1 Sensor de velocidade do veículo

O VSS pode ser um sensor de efeito hall ou indutivo magnético, é instalado na carcaça da transmissão. Seu funcionamento está atrelado à rotação, havendo o movimento das rodas o seu campo magnético alterado gerando um sinal proporcional de velocidade, tal informação é colhida e transmitida ao módulo TCU (BRASIL AUTOMÁTICO, 2012).

Segundo Halliday; Resnick (2009, p.222) “Quando uma fita condutora de espessura  $I$ , percorrida por uma corrente  $i$ , é submetida a um campo magnético  $B$ , alguns portadores de carga (carga  $e$ ) se acumulam em um dos lados da fita, criando uma diferença de potencial  $V$  entre os lados da fita” assim foi descrito efeito hall que é ilustrado na figura 27.

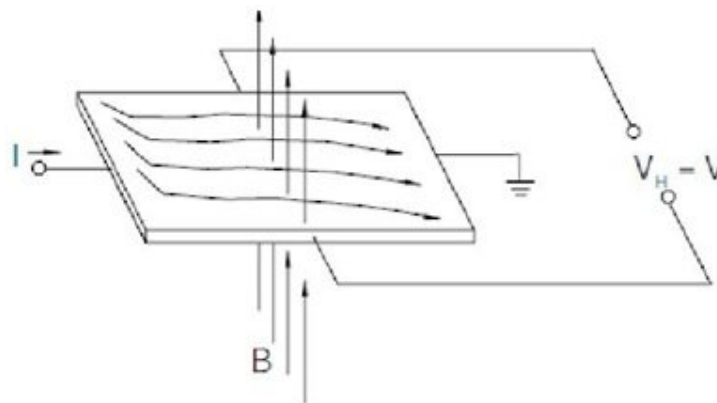


Figura 27 - Efeito Hall

Extraído: Efeito Hall adaptado Honeywell

### 3.1.6.2 Sensor de posição de borboleta do acelerador

O TPS é composto de um potenciômetro ligado ao eixo da borboleta e mede a dosagem de aceleração do condutor e também a pressão da linha. Seu sinal controla a aplicação da embreagem do conversor de torque (*lockup*). Ilustração representa o esquema de funcionamento TPS na figura 28.

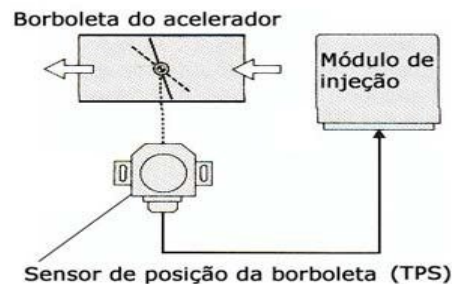


Figura 28 - Representação Sensor TPS

Extraído Notas de aulas FRÓES 2010

A ECU utiliza o ângulo do sensor de posição borboleta junto à tensão de saída para dosar a quantidade de combustível requerida pelo motor, permitindo dimensionar a rotação da marcha lenta e dosar avanço no ponto de ignição. Representação dos estágios segue na tabela a seguir: A tabela 1 representa estratégias adotadas pelo sensor TPS.

Estado da borboleta de aceleração	Estratégia
Borboleta fechada	Marcha lenta
	<i>Cut off*</i>
	<i>Dash pot**</i>
Velocidade de abertura da borboleta	Aceleração rápida
Borboleta totalmente aberta	Plena carga
Borboleta parcialmente aberta	Carga parcial
Ângulo da borboleta de aceleração	Definição do avanço da ignição***

Tabela 1 - Estratégia TPS

Extraído de: (MILHOR, 2002)

\* Estratégia que corta a injeção de combustível durante as desacelerações (borboleta de aceleração fechada e rotação do motor alta);

\*\* Estratégia utilizada para impedir a súbita queda de pressão no coletor de admissão durante as desacelerações, através da quantidade de ar admitido;

\*\*\* Ângulo da borboleta é utilizado como sinal de carga para a determinação do avanço de ignição somente nos casos em que não se usa sensor de pressão absoluta.

### 3.1.6.3 Sinal de rotação do motor

Informações relativas do movimento rotacional do motor são fornecidas pelos sensores de ponto morto superior TDC e posição do cilindro.

### 3.1.6.4 Sinal de interruptor de freio

O módulo de transmissão identifica a desaceleração instantânea quando recebe um sinal deste sensor. (HONDA, [200\_?]).

## 3.2 Software

O *software* de uma TCU é desenvolvido por módulos, ou seja, determinadas funções do software são desenvolvidas em paralelo e depois alinhadas. Quando cada uma das funções são concluídas, elas são submetidas a pequenos testes iniciais para que pequenos erros sejam eliminados já na fase de adequação do software, isso otimiza o tempo necessário para o desenvolvimento.

Seguindo um padrão denominado "V", o *software* começa a se estruturar e apresentar características definitivas até que se tem o código final da TCU. O desenvolvimento dá-se da seguinte maneira, primeiramente faz-se a análise do que está sendo solicitado pelo contratante, em seguida realiza-se um protótipo das funções e o real desenvolvimento delas. Após a conclusão das funções elas são testadas e paralelamente já se elabora o um modelo do *software* (priorização de funções, tratamentos de interrupções, etc.). Com o aumento da demanda de conforto e eficiência, os *softwares* começaram a ganhar uma grande carga de responsabilidade, o que os levou ao aumento de volume de *software* relacionados ao controle da transmissão. Nisso também se inclui a característica de autoaprendizagem, que faz com que o sistema seja autoadaptativo ao estilo de condução do motorista. O controle da caixa de marchas resume-se a tratamento de I/O's (*input / output*), funções de *watchdog's* via *software*, ambientes operacionais na qual está inserido o veículo e sistema de comunicação entre ECU e TCU e detecção de falha pelo sistema de auto diagnose. Para a comunicação os protocolos mais utilizados são o CAN e SAE J1850 (Padrão de comunicação utilizado em veículos), que padronizam a forma de construção do *frame* (mensagem) e de que maneira devem ser transmitidas, dessa maneira os módulos eletrônicos de diferentes fabricantes podem se comunicar entre si sem que haja conflitos por erro de mensagem. A padronização do protocolo de comunicação também ajuda a estação de serviço estabelecer por quais razões se deu uma determinada falha e corrigi-la rapidamente, evitando maiores transtornos ao



proprietário e ao equipamento.

A comunicação faz-se presente também na passagem de dados entre o módulo de controle do motor e o módulo de controle da transmissão. Essa comunicação entre a TCU e a ECU, se faz necessária para determinar qual será a correta marcha a ser engatada. A TCU para realizar tal evento, utiliza alguns parâmetros como velocidade do carro, marcha engatada, marcha selecionada pelo condutor, rotação do motor, *kickdown* entre outros, porém tais dados não são coletados diretamente pela TCU e sim pela ECU, aí entra as funções de comunicação que transmitem esses dados ao módulo eletrônico do câmbio.

### 3.2.1 Funções de Diagnose e Proteção do Sistema

Para um perfeito desenvolvimento de um *software* voltado ao controle de uma transmissão automotiva, faz-se necessário criar funções de proteção e auto diagnose. As funções de segurança primam em proteger a transmissão de ações involuntárias a ela que podendo danificá-la. Um exemplo é a proteção ao engate da marcha a ré que se dá de maneira hidráulica mas realizada por controle eletrônico, no qual a TCU liga algumas eletroválvulas que impedem o fluxo hidráulico para o engate da marcha a ré.

A temperatura do fluido também recebe da TCU atenção dedicada, pois ela deve trazer à transmissão as condições ideais de dilatação dos componentes mecânicos e densidade do fluido, conseqüentemente a pressão ideal, para o correto funcionamento da transmissão. Quando por algum motivo a temperatura do fluido da transmissão ultrapassa o seu limite, a TCU entra em modo de segurança e aplica uma estratégia para tentar reverter essa situação. Uma das estratégias mais utilizadas, é tentar resfriar de maneira forçada o fluido. Nos sistema hidráulico de um câmbio automático, existe o radiador de fluido e uma bomba. A bomba esta acoplada ao eixo de entrada do câmbio, ou seja, rotaciona na mesma velocidade do elemento turbina do conversor. Então para forçar que o fluido esfrie, a TCU tenta levar ao radiador de óleo uma maior quantidade de fluido em menor tempo, para tal situação, a TCU reduz a marcha engatada para forçar o motor a subir sua rotação e por consequência, fazer com que a bomba de óleo do câmbio, rotacione de maneira mais veloz, aumentando assim a velocidade de circulação do fluido pelo radiador de óleo. Essas são algumas das funções de proteção do sistema de transmissão.

Existe também a função "*go-home*". Essa função de proteção é aplicada quando a TCU identifica uma falha em algum componente eletro-hidráulico. Seja por trabalhar fora do range de operação ou por interrupção total do componente, a TCU solicita ao módulo de controle

eletrônico do motor que reduza a potência do motor e é aplicada uma marcha fixa trazendo ao motorista uma condição de condução para levá-lo a um local seguro ou como o próprio nome sugere.

Todas essas falhas que vão se apresentando durante o decorrer da operação do veículo, são armazenadas pela TCU em memórias não voláteis, as *eeeprom*, que são continuamente alimentadas para manter os códigos de falhas armazenados independente se o veículo está em funcionamento ou não. A TCU no momento do surgimento da falha realiza o chamado *freeze frame*, que nada mais é do que o congelamento dos parâmetros no momento da falha. Esse "congelamento" se trata na verdade da gravação de dados obtidos no momento da falha como por exemplo, velocidade do carro, pressão do fluido, temperatura do fluido, marcha engatada, velocidade do motor, posição da borboleta, condição pré-selecionada pelo condutor entre outros, essas informações trarão ao reparador condições de atuar diretamente na raiz da falha, otimizando o tempo de reparo e evitando que essa falha torne a se apresentar. Essas funções são imprescindíveis para que a vida útil da transmissão seja maior a cada desenvolvimento.

No próximo capítulo veremos algumas comparações e tendências internacionais dos modelos de câmbio citados neste trabalho.

## 4 TENDÊNCIAS DAS MONTADORAS

Atualmente a indústria automobilística brasileira sofreu mudanças fundamentais que contribuíram para implementação de tecnologia e grande representação no mercado. Não nos esqueçamos de lembrar uma série de exigências governamentais, ambientais e até mesmo pesquisas mercadológicas, fez com que as empresas se adequassem às exigências. Dentre tais quesitos destacam-se: redução de poluentes, otimizar consumo de combustível, dispor de veículos mais seguros e eficientes.

Segundo a Anfavea o setor automobilístico nacional mesmo em ascensão, permanece atrás de países como Índia, China e México no fator competitividade, tendo como fatores negativos custo de produção e mão de obra de alto valor. Estes valores traduzem redução na exportação, aumento da importação e queda na produção. Abaixo figura 30 demonstra os números referentes ao ano de 2010.



Figura 29 – Faturamento industrial setor veicular 2010 (Extraído sitio Anfavea)

As exigências governamentais estão rígidas, pois se relacionada cada vez mais ao bem estar da sociedade. A indústria automobilística é cobrada cotidianamente quanto o

aprimoramento dos produtos existentes bem como a apresentação de novos produtos para atender essas exigências de controle de emissões.

Além dos programas existentes, atualmente no Brasil criou-se um novo programa com apoio do governo Federal, publicado em outubro de 2012 e possui como principal meta exigir dos fabricantes de veículos que seus produtos consumam menos combustível, ao qual estabelece em troca, a redução do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) em 2%. Este programa automotivo também conhecido como Inovar-Auto, buscará apoiar a criação de novas tecnologias e a princípio estabelece essas metas de consumo até 2017 em todos os veículos produzidos no território nacional neste período, resumindo, o fabricante que cumprir os pontos estabelecidos pelo programa recolherá menos deste imposto.

Um dos modelos mais eficientes do mercado nacional, é o Uno *Economy* 1.4 que possui rendimento 14,3% maior em rodovia e 17,9% maior em trecho urbano que o Uno *Attractive* que é o mesmo carro sem atualizações visando o rendimento. (BEST CARS, 2012).

Segundo *Best Cars* (2012) “Na prática, em 2017 os automóveis dessa categoria terão de rodar 60% mais por litro do que precisavam em 2010.e os limites para emissões de poluentes exigidos pela legislação não deixarão de apertar tão cedo. O programa prevê que em 2025 um carro pequeno alcance rendimento 121,8% maior que o de 2010. Seria o mesmo que passar de 10 para 22 km/l”.

#### **4.1 Perspectiva do mercado mundial**

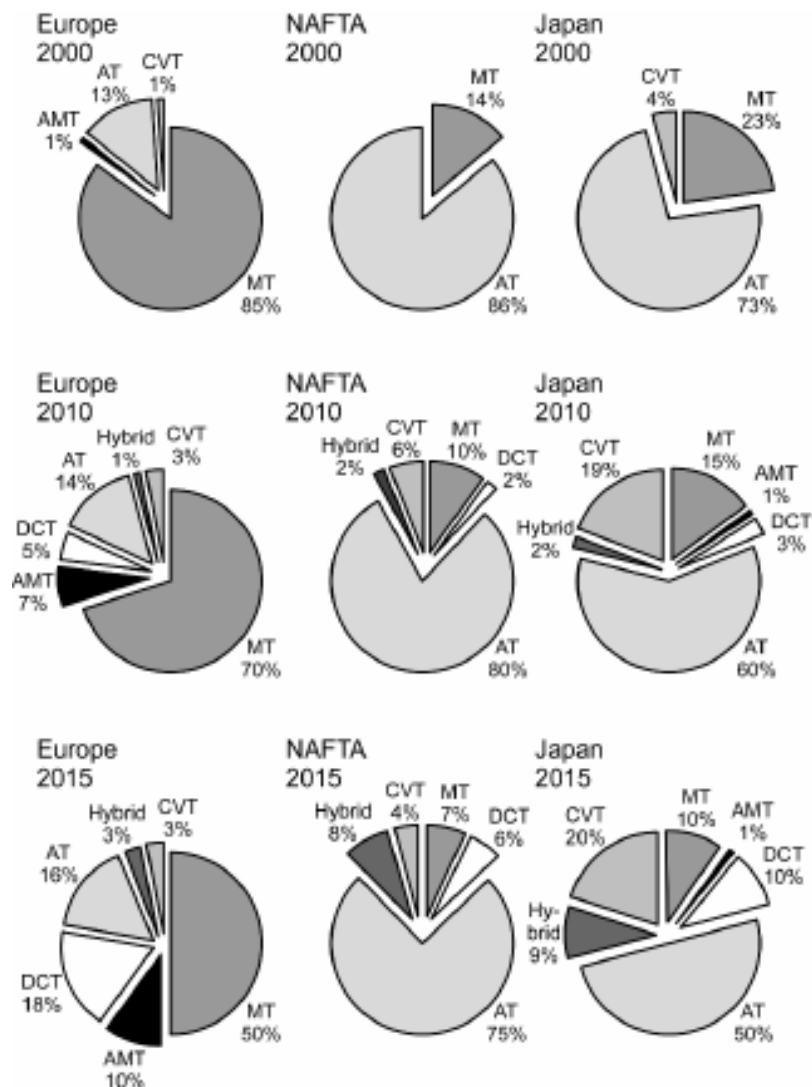
As indústrias automobilísticas trabalham arduamente e investem para melhorias atreladas ao desenvolvimento. Para alcançar a melhoria da eficiência dos veículos, as indústrias automobilísticas apostam em melhorias no sistema de injeção, comando de válvulas, híbridos e diversidade em sistemas de transmissões ao qual esta sendo abordado nesta tese.

Conforme Naunheimer et al. (2010, p.68)“Os requisitos de transmissão veicular foram descritos para:

- aumentar a confiabilidade operacional e funcionalidade;
- maior facilidade de operação;
- Vida útil crescente e confiabilidade;
- reduzir os custos de reparação;
- imagem de marca;
- Aumentando o conforto;

- redução de peso e espaço de instalação;
- aumento da eficiência;
- reduzir o consumo e emissões.”

A aceitação do projeto de transmissão em diferentes mercados, dependem muito da legislação e regulamentação vigentes em cada país o que causa peculiaridades quanto a tipo de transmissão mais utilizadas em cada região. Abaixo o quadro com estimativas percentuais por regiões:



Quadro 1 - Perspectiva do mercado de transmissões

Extraído – NAUNHEIMER et al., 2010

Na Europa é notável o domínio das transmissões manuais (MT), todavia mercado

européu vem dando abertura aos demais sistemas como CVT, dupla embreagem (DCT), automatizados (AMT), automáticos (AT) e híbridos, reduzindo o uso de MT.

No Nafta (grupo econômico que tem como países participantes os Estados Unidos, Canadá e México), a predominância dá-se ao sistema automático (AT), e mesmo com redução nesta produção estima-se em 2015 ao menos 75% dos veículos estejam equipados com sistema AT. O Nafta é o segundo grupo que mais investe em DCT e CVT.

No Japão prevalece na grande maioria dos veículos o câmbio AT, porém atentando às legislações e protocolos, é o país que se sobressai em percentual em investimentos em novos sistemas, conforme tabela 20% CVT, 10% DCT e 9% híbridos, ao qual estão previstos para o ano de 2015.

## 4.2 Comparativos

Este comparativo foi tomado como referência a transmissão MT, e fatores relevantes para avaliação como peso, custo do produto, economia de combustível e demais fatores conforme visto na tabela 2.

	MT	AT ou CVT	Dualogic
<b>Peso</b>	0	- -	-
<b>Eficiência energética</b>	0	-	0
<b>Interrupção de torque na troca de marcha</b>	0	+ +	+
<b>Flexibilidade na estratégia de controle</b>	0	+ +	+ +
<b>Economia de combustível</b>	0	- -	+
<b>Qualidade na troca de marcha</b>	0	+ +	0
<b>Sensação de esportividade</b>	0	-	+
<b>Custo do produto</b>	0	- -	-
<b>Custo de manutenção</b>	0	- -	-

Tabela 2 - Comparativo dos câmbios automáticos/automatizados em relação ao câmbio manual

Fonte: (FIAT, 2007)

Legenda= "+" significa vantagem sobre o câmbio mecânico (MT), "-" significa desvantagem sobre o MT e o atributo "0" não possui vantagem/desvantagem sobre o MT.

Conforme Fiat (2007) “as vantagens do seu automatizado sobre automático:

- São mais leves em sua construção;

- Menor custo em fabricação e manutenção;
- Menor consumo de combustível.”

#### **4.2.1 Desvantagens do sistema automatizado em relação aos sistemas manuais**

Por se tratar de uma tecnologia mais complexa que exige uma mão-de-obra mais especializada para a manutenção, os valores das embreagens dos conjuntos automatizados apresentam valores de mercado maiores quando comparados aos mesmos veículos porém equipados com câmbio manual. Os valores a seguir dos kits de embreagem são uma média dos valores em concessionária, abaixo segue tabela 3.

Palio 1.8: R\$ 848	Palio 1.8 Dualogic: R\$ 1392
Meriva 1.4: R\$ 823	Meriva 1.8 Easytronic: R\$ 1759
Gol 1.6: R\$ 440	Gol 1.6 I-Motion: R\$ 673

Tabela 3 - Comparativo dos câmbios automáticos/automatizados em relação ao câmbio manual  
Fonte: Revista Quatro Rodas set/2011

#### **4.2.2 Vantagens e benefícios CVT :**

O CVT apresenta grande eficiência, uma vez que alinha economia de combustível com baixa emissão de poluentes, além de oferecer mudança de marcha de forma imperceptível, ao qual o condutor apenas percebe aceleração constante. Conforme Serrarens; Velpaus (200-?, p.2) “Por exemplo, a uma velocidade de 80 Km/h, a CVT pode diminuir a velocidade do motor para cerca de 1500 rpm, enquanto que as transmissões normais estariam por volta de 1900-2200 rpm”. Abaixo tabela 4 ilustra descrição:

Gear	Efficiency Range
1	60-85%
2	60-90%
3	85-95%
4	90-95%
5	85-94%

Tabela 4 - Eficiência vs. a relação de marcha para uma transmissão automática  
(Extraído LANG, 2008)

#### 4.2.3 Desvantagem CVT

Com o desenvolvimento do setor automotivo, os recursos estão sendo aplicados ao desenvolvimento dos sistemas híbridos. Isso afeta o desenvolvimento do sistema CVT, que por sua vez apresenta um custo elevado comparado ao das transmissões manuais e automatizadas. Outro fator negativo, lembrando o ocorrido na década de 60, seria o deslizamento da correia que traria falhas ao sistema. (LANG, 2000).

Percebe-se que este câmbio permanece em desenvolvimento e, com o aumento de vendas de veículos dotados deste esquema, favorecerá um maior cenário para sua aplicação.

#### 4.3 A participação da transmissão DCT

A DCT apresenta-se com um futuro promissor, ao qual pretende expandir sua participação no mercado global, visto que possui como característica favorável, um melhor rendimento. Veremos que haverá diversidade nas preferências dos compradores de automóveis, quando se trata de escolha de transmissão, ao qual ocorrerá migração de câmbios manuais e automáticos para tipos de transmissão mais eficientes.

No Japão a dupla embreagem será destinada à modelos esportivos; na Coréia do Sul haverá uma forte absorção de transmissões DCT por suas montadoras Hyundai e Kia intensificando o volume de seu DCT podendo chegar a 7 por cento da frota. Na Europa, as montadoras preveem um investimento no desenvolvimento de transmissões, aperfeiçoamento das tecnologias de motores, como os híbridos, capazes de atender às mais rigorosas de emissões de CO<sub>2</sub> e os regulamentos da próxima década.



A tabela 5 compara as características das transmissões aplicadas no mercado europeu.

Transmission Technology Characteristics Comparison [based on European market]					
Characteristics	Stepped Manual [MT]	Automated Manual [AMT]	Stepped Automatic [AT]	Dual Clutch [DCT]	Continuously Variable [CVT]
Shift time [ms]	500 – 1000	300 – 500	400 – 800	150 – 300	Not applicable
Fuel Consumption Savings	Baseline	+ 2-4%	- 5-10%	+ 3-5%	+ 3-5%
Weight	Baseline	+ 5-6%	Upto + 50%	+ 15-30%	+ 10-15%
Cost [€]	350 – 600	500 – 700	1,100 – 1,400	900 – 1,600	1,300 – 1,500
CO2 Reduction	Baseline	3-5%	- 10%	4-8%	Upto 10%
Key Suppliers	ZF, Getrag	ZF, Getrag, BorgWarner, in-house mfg.	ZF	BorgWarner, Getrag	JATCO, Getrag
Key OEMs	GM Group, PSA Group, Fiat Group, Renault-Nissan Group	Fiat Group, PSA Group, GM Group	BMW Group, Daimler Group, Volkswagen Group	Volkswagen Group, Ford Group, Fiat Group, PSA Group	Volkswagen Group [Audi], Daimler Group [Mercedes]
Market Potential 2015	70-71%	6-7%	11-12%	10-11%	1-2%
End Consumer Feedback / acceptance	1. Low Cost 2. High fuel efficiency 3. Ease of maintenance	1. Poor shift quality 2. Good fuel efficiency	1. Expensive 2. High comfort levels and shift quality 3. Not sporty enough	1. Best shift quality 2. Expensive 3. Excellent fuel efficiency	1. Expensive 2. Limited potential 3. Complicated maintenance
Hybridisation Potential	Very Low	Good	Good	High	Very High












Tabela 5 - Comparação entre características das tecnologias nas transmissões

Fonte: sitio dct facts.com

Analisando os resultados, quanto a redução de CO<sub>2</sub> e eficiência no consumo de combustível, a transmissão de dupla embreagem apresenta na média valores que a mantém em destaque em relação os demais modelos de transmissão.

No próximo capítulo apresentaremos a conclusão da pesquisa, considerando as informações contidas neste trabalho

## 5.CONCLUSÃO

Percebemos que o cenário mundial ao que se refere às transmissões está em pleno desenvolvimento e muito competitivo, abordamos os conceitos básicos de transmissão veicular com base no mercado brasileiro e as tendências impostas pelo mercado europeu, norte americano e asiático.

Os avanços implementados à transmissão visam buscar o maior conforto ao condutor, redução de emissão de gases poluentes e maior eficiência. Cada sistema de transmissão descrito possui suas particularidades, o que faz com que seja ou não dominante em cada região.

Atualmente no Brasil, o câmbio manual é o sistema mais utilizado por representar um custo menor ao valor final do veículo, porém a transmissão automatizada veio para suprir uma necessidade de conforto sem que significasse um custo muito excessivo no valor do carro.

As indústrias automobilísticas européias por serem exigidas legislativamente na questão de emissões de gases poluentes, têm investido muito em novas tecnologias, para tornar o veículo mais eficiente. É o caso do desenvolvimento dos câmbios DCTs, um câmbio automatizado de dupla embreagem com duas árvores de engrenagens que possibilita a troca de marcha sem perdas expressivas no torque do motor.

No bloco econômico Nafta (Estados Unidos, Canadá e México), em 2010 o câmbio automático equipou em torno de 80% dos veículos vendidos. A tendência deste grupo é que seja investido em maior percentual em sistemas com CVT e DCT que ainda possuem pouca expressividade nesta região.

No Japão existe grande investimento na transmissão continuamente variável, pois em seu território há tráfego intenso de automóveis em baixa velocidade. Desta forma, o conjunto oferece economia de combustível em qualquer relação de rotação e mesmo que o DCT seja eficiente é ofuscado pelo item consumo.

Entre os modelos apresentados, o híbrido desponta por apresentar vantagens em relação aos demais. Sua combinação entre motor à combustão e elétrico oferece ótimos resultados, tanto em relação ao meio ambiente quanto ao bolso do consumidor no que se refere à autonomia. Porém, mesmo com tais fatores positivos, ainda encontra barreiras político-econômicas, o que deixa seu valor elevado.

Sistemas de baixo custo com potencial em eficiência no consumo de combustível e redução de emissões de gases serão o foco da indústria automobilística que apontam para

transmissões, fator este relevante para alcançar tais metas. Novas descobertas aconteceram junto ao desenvolvimento; podemos citar no Brasil o estudo com aplicação do sistema híbrido no transporte público, que recebe incentivo público para tal prática.

Lembremos também as leis que regem quanto à fabricação e determina os índices de gases emitidos por tais veículos, contudo estas leis impulsionam o progresso do setor automotivo, citando o programa Inovar Auto que oferece redução de impostos para empresas que se adequarem ao programa, ao qual possui objetivo de buscar a produção de veículos cada vez mais eficientes.

Definitivamente a indústria automobilística tem o desafio de manter o padrão de qualidade a ser entregue ao consumidor e atender as leis ambientais. Para conseguir suprir as duas demandas, novas tecnologias devem ser desenvolvidas; é o caso da aplicação do câmbio CVT e DCT, tecnologias relativamente antigas, que no momento de sua criação foram desconsideradas pelo setor por se tratarem de sistemas extremamente complexos para o mercado da época que representaria um salto no valor final do veículo. Hoje as transmissões CVT e DTC são “as luzes no fim do túnel”, quando pensamos em mais eficientes.

Por essas razões os câmbios ganharão a mesma importância que os motores recebem no quesito desenvolvimento.

## **5.1 Propostas futuras**

Como visto neste trabalho, diversas tecnologias vem sendo aplicadas nos câmbios automotivos, visando sua melhor eficiência, situação na qual destaca-se o emprego da eletrônica embarcada. Como proposta futura sugerimos avançar no estudo teórico, aplicando-o em um estudo de caso que coletaria e analisaria dados de uma TCU buscando explicar relações entre estratégias.

## 6 REFERÊNCIAS

AMENDOLA, Cesar Henrique Ferreira. **Análise das estratégias de troca de marchas da transmissão automática convencional em comparação com a transmissão de dupla embreagem**, 2005, 134f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia Automotiva) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

ANFAVEA. **Indústria de veículos no Brasil é até 60% menos competitiva** Disponível em: <<http://g1.globo.com/carros/noticia/2011/06/industria-de-veiculos-no-brasil-e-ate-60-menos-competitiva-diz-anfavea.html>>. Acesso em: 25 ago. 2012

BEST CARS. **Redução de consumo: um passo muito tímido**. Disponível em: <<http://bestcars.uol.com.br/bc/informe-se/colunas/editorial/388-reducao-de-consumo-um-passo-mas-muito-timido/>>. Acesso em: 10 out. 2012.

**BOSCH TECNOLOGIA AUTOMOTIVA**; 25. ed. ; São Paulo; Edgard Blunche; 2005.

BRASIL AUTOMÁTICO. **Transmissão automática controlada eletronicamente**. Disponível em <[http://www.brasilautomatico.com.br/materias/curso\\_teletronica\\_parte05.htm](http://www.brasilautomatico.com.br/materias/curso_teletronica_parte05.htm)>. Acesso em: 18 set. 2012.

DCT FACTS. **Global Transmission Trend**. Disponível em: <<http://www.dctfacts.com/industry-at-a-glance/global-transmission-trends.aspx>> Acesso em: 10 nov 2012.

FIAT Automóveis. **Manual de treinamento câmbio Dualogic** , 51f, [S.l], 2007.

GUTH, Felipe. Sistema de Propulsão Híbrido com CVT, 2011, 78f., Tese (Engenharia Mecânica com Ênfase em Automobilística) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

HALLYDAY, David; RESNICK, Jearl Walker. **Fundamentos de física**: Eletromagnetismo; Rio de Janeiro; LTC; 2009.

HEISLER, H. Hydrokinetic fluid couplings and torque conveters. In: HEISLER, H. **Advanced vehicle technology**. 2.ed. Woburn: Butterworth-Heinemann, 2002.

HONDA; **Guia Técnico Conversor de torque** – Construção e funcionamento [200\_?]

HONDA; **Guia Técnico Mecanismo de mudanças de marchas** [200\_?]

HONDA; **Guia Técnico Sistema de embreagem** – Construção e funcionamento [200\_?]

HONDA; **Guia Técnico Transmissão automática** – Fundamentos [200\_?]

HONDA; **Guia Técnico Transmissão automática controlada eletronicamente** [200\_?]

HONDA; **Guia Técnico Transmissão manual** – Fundamentos [200\_?]

JOÃO, Celso A. **Material de apoio às aulas de transmissão**, 2011.

JURGEN Ronald K.; **Automotive Electronic Handbook**; Second Edition; Mcgraw Hill

KIMMING, Karl-Ludwig; AGNER, IVO. **LUK Embreagem úmida ou seca eis a questão<sup>1</sup>**, 2008.

LANG, Kevin R **CVT an overview of CVT research past, present and future**, 2000,15 f. Dissertação.

LECHNER G; NAUNHEIMER. **Automotive Transmission; Fundamentals**: selection, design and application; Stuttgart; Springer; 1999.

MILHOR, Carlos Eduardo. **Sistema de desenvolvimento para controle eletrônico dos motores de combustão interna ciclo Otto**, 2002, 101f., Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de São Paulo, São Carlos.

NAUNHEIMER, Harald et al. **Automotive Transmission; Fundamentals**: selection, design and application; Stuttgart; Springer; 2010.

QUEIROZ, Juliana de Freitas. **Introdução do veículo híbrido no Brasil: Evolução tecnológica aliada à qualidade de vida**, 2006, 84f., Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

SERRARENS, Alex; VELDPAUS, Frans. **Driveability assessment of a cvt powertrain with mechanical torque assist**, [200\_?], 23f., Dissertação – Tecnishe Universiteit Eindhoven, Eindhoven.

SILVA, Lydia Lopes Correia. **Análise morfológica da introdução de veículos elétricos no tráfego urbano de São Paulo**, 2011, 24f., Programa de Pós Graduação em Administração (Administração) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

TEUBERT, A. et.al. **Luk CVT Technology: Efficiency, Comfort, Dynamics**, 14 f., 2009.

VOLKSWAGEN do Brasil Ltda. **Fundamentos da Tecnologia Automobilística**, São Paulo 1998.

VOLKSWAGEN, **The DSG Dual-Clutch Gearbox**, 2008, 35f, Wolfsburg

WIKIPEDIA. **Fiat Powertrain Technologies**. Disponível em:

<[http://pt.wikipedia.org/wiki/Fiat\\_Powertrain\\_Technologies](http://pt.wikipedia.org/wiki/Fiat_Powertrain_Technologies)> Acesso em: 03 nov. 2012

ZF Friedrichshafen AG. **Clutch systems for passenger cars up 800Nm**, 10f, Germany, [201-?].

## **7 ANEXOS**

**7.1 Anexo 1:** embreagem: [http://www.youtube.com/watch?v=GRDWO5qo\\_iI](http://www.youtube.com/watch?v=GRDWO5qo_iI)

**7.2 Anexo 2:** conversor de torque: <http://www.youtube.com/watch?v=wrGGCTkpND4>

**7.3 Anexo 3:** CVT: <http://www.youtube.com/watch?v=yVOhFXbLAos>