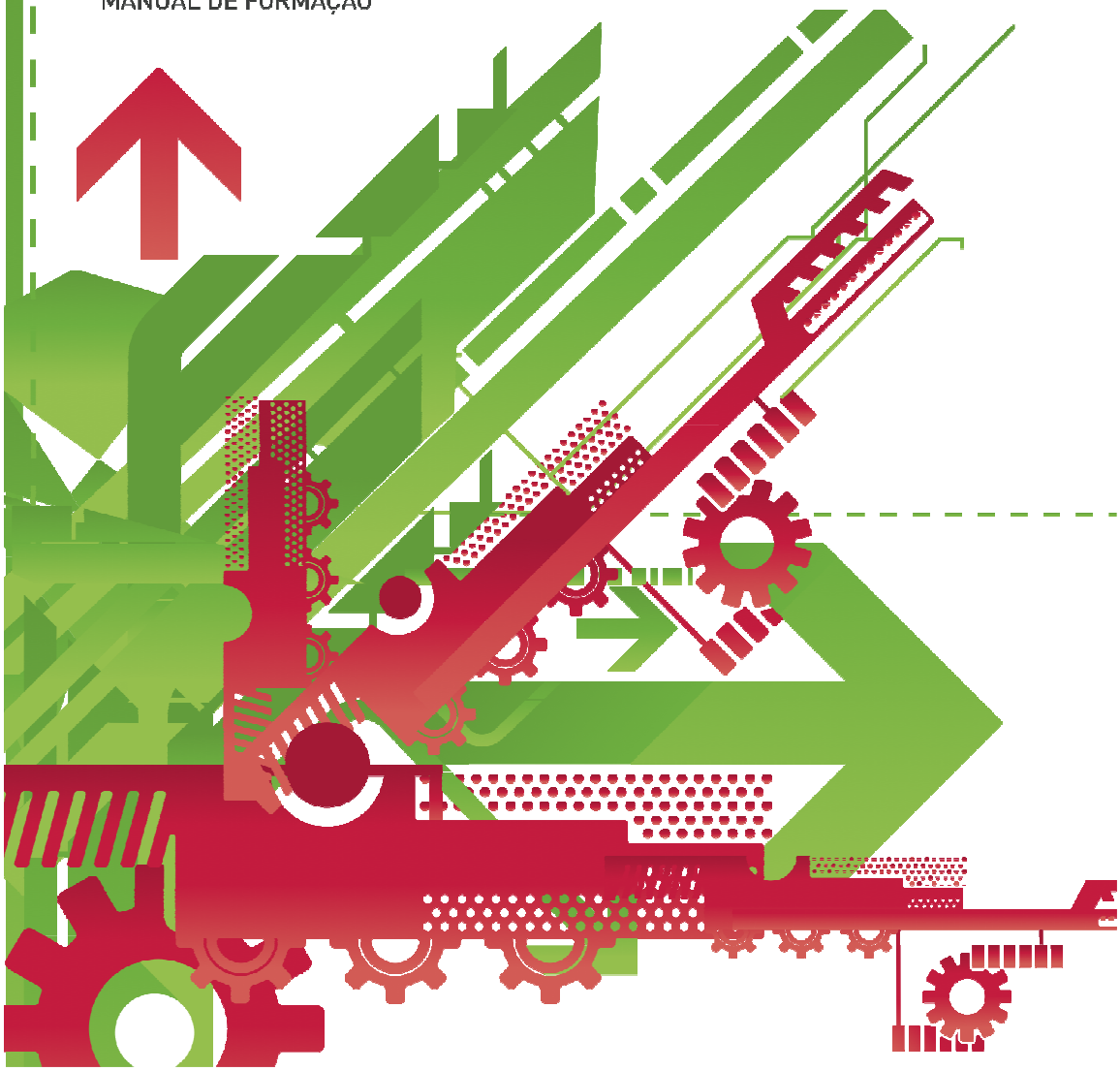
Instituto da Mobilidade
e dos Transportes Terrestres, I.P.

TEMA 2.1.1
Mecânica e Electrónica

Motoristas de Veículos Pesados de Passageiros e de Mercadorias

MANUAL DE FORMAÇÃO



Instituto da Mobilidade
e dos Transportes Terrestres, I.P.

ELABORADO POR:

IDMEC – IST – Instituto de Engenharia Mecânica – Instituto Superior Técnico

Nota: O parágrafo “Lubrificação”, no módulo 1, página 25 e o capítulo “Orgãos de segurança”, no módulo2, páginas 40 e 41, foram aditados pelo IMTT

Índice

Introdução **9**
Apresentação do manual 10
Perfil do formador 11
Estrutura 13
Módulo 1 - Cadeia cinemática **15**
M1.1 Motor **17**
M1.1.1 Funcionamento 17
M1.1.2 Componentes e ciclo de operação 19
M1.1.3 Fluxos Energéticos 23
M1.1.4 Binário e Potência 26
M1.1.4.1 Definição de Binário e Potência 26
M1.1.4.2 Consumo específico e banda verde 27
M1.2 Transmissão **31**
M1.2.1 Transmissão manual 32
M1.2.2 Transmissão automática 34
M1.2.3 Diferencial 37
Módulo 2 - Componentes de segurança **40**
M2.1 Orgãos de segurança **40**
M2.2 Travões **42**
M2.2.1 Componentes do sistema de travagem 42
M2.2.1.1 Travões de disco 43
M2.2.1.2 Travões de tambor 44
M2.2.2 Circuito hidráulico de travagem 45
M2.2.3 Circuito pneumático de travagem 46
M2.2.4 Retarder 48
M2.3 Componente eléctrica e electrónica do veículo **52**
M2.4 Utilização de motor/transmissão/travões como elementos de segurança **58**
Módulo 3 - Conteúdos adicionais **60**
M3.1 Controlo de Emissões **62**

M3.1.1 Importância e principais poluentes 62
M3.1.2 Estratégias para a redução de poluentes..... 63
M3.1.2.1 Recirculação de gases de escape (EGR) 63
M3.1.2.2 Conversores Catalíticos..... 64
M3.1.2.3 Filtros de Partículas..... 65
M3.1.2.4 Catalisador selectivo (SCR)..... 66
M3.2 Direcção..... 68
M3.3 Suspensão..... 74
Glossário..... 77
Acrónimos 79
Bibliografia..... 81

Índice de Figuras

Figura 1: Exemplo de um motor usado em veículos pesados [MAN] 18
Figura 2: Filtro de ar e localização junto do motor [Volvo]..... 18
Figura 3: Motor 4 cilindros em linha (esq.); motor 8 cilindros em V (dir.) 19
Figura 4: Esquema de bloco de motor em corte e principais componentes. Válvulas (1), êmbolo (2), biela (3) e cambota (4) 19
Figura 5: Localização do depósito de combustível no veículo e bomba de combustível em corte [MAN] 21
Figura 6: Bomba injectora [Volvo] 21
Figura 7: Sistema de injecção de combustível *common-rail*. [MAN]..... 22
Figura 8: Localização dos injectores no motor [IMTT] 23
Figura 9: Circuito de refrigeração [Volvo]..... 24
Figura 10: Conduta de escape e turbo compressor (à direita por cima do motor) [IMTT], Silenciador [MAN] 25
Figura 11: Esquema de forças existentes num motor 26
Figura 12: Curvas de Potência (curva superior, em kW) e Binário (curva inferior, em Nm) em função da rotação do motor [MAN] 27
Figura 13: Tacógrafo com conta-rotações definido por esquema de cores [IMTT]..... 28
Figura 14: Áreas de consumo específico semelhante em função da rotação e da carga do motor..... 28
Figura 15: Esquema completo do conjunto motor-propulsor de um veículo pesado: motor, caixa de velocidades, veio de transmissão e diferencial [Volvo] 31
Figura 16: Embraiagem [MAN] 32
Figura 17: Transmissão manual em ponto-morto [MAN]..... 33
Figura 18: Transmissão manual com uma mudança engatada [MAN] 33
Figura 19: Exemplo de transmissão automática [Voith] 35
Figura 20: Conversor de binário. Componentes e localização [IMTT]..... 35
Figura 21: Engrenagem planetária: Roda central – Sol; Rodas laterais – Planetas; Armação a negro – Suporte dos planetas; Roda exterior - Anel 36
Figura 22: Diferencial em corte [Volvo] 37
Figura 23: Esquema da trajectória de um veículo em curva..... 38

Figura 24: Esquema de um diferencial aberto. O conjunto central de engrenagens permite que os veios de saída possuam velocidades de rotação diferentes 38
Figura 25: Esquema em corte de um conjunto de diferenciais num veículo com eixo duplo [Volvo] 39
Figura 26: Principais configurações do circuito de travagem: a) configuração em I; b) configuração em X..... 43
Figura 27: Conjunto de travão e alguns componentes [IMTT, MAN]..... 43
Figura 28: Travão de disco incandescente por uso continuado [IMTT]..... 44
Figura 29: Travões de tambor nos eixos traseiros e detalhe de componentes [MAN]..... 45
Figura 30: Componentes do servofreio 45
Figura 31: Reservatórios de óleo e êmbolos..... 46
Figura 32: Esquema do circuito pneumático de travagem. A azul claro, circuito de baixa pressão, a azul-escuro circuito de alta pressão [MAN] 46
Figura 33: Esquema completo do circuito pneumático de travagem. Destaca-se compressor (1), filtro para retirar humidade (2), reservatórios (5) e várias válvulas de controlo do sistema antes de accionar os travões de disco (à frente) e tambor (atrás) [MAN] 48
Figura 34: Esquema em corte do funcionamento do retarder de escape.1 – Accionamento do manual do retarder, 2 – válvula de controlo, 3- sensor de controlo de *bypass* ao sistema, 4 – conduta de escape, 5 - conduta de admissão, 6 - êmbolo 49
Figura 35: *Retarder* eléctrico [VOITH]..... 50
Figura 36: *Retarder* hidráulico associado à transmissão e pormenor em corte [MAN, VOITH] 50
Figura 37: Ligação em série de duas baterias de 12V [IMTT]..... 53
Figura 38: Exemplo de esquema dos elementos que controlam o circuito de luzes e sinalização do veículo..... 54
Figura 39: Aspecto exterior de uma ECU [Volvo]..... 54
Figura 40: Esquema onde se incluem algumas ECU's: ABS, ASR e EDC, ligadas através da linha CAN [MAN]..... 55
Figura 41: Conduta de retorno de gases de escape (a vermelho) montada antes do turbo compressor [Volvo] 64
Figura 42: Exemplo da estrutura interna de um conversor catalítico [MAN]..... 65
Figura 43: Filtro de partículas regenerativo [MAN] 65
Figura 44: Localização dos principais componentes do catalisador selectivo 66

Figura 45: Reservatório da solução de ureia [Volvo] 67
Figura 46: Esquema do funcionamento da direcção desde a acção no volante até ao efeito nas rodas, com os principais componentes (esq.). Pormenor do sistema de esferas recirculantes (dir.) 68
Figura 47: Esquema do sistema de direcção por pinhão e cremalheira. A roda dentada designa-se por pinhão e a sua rotação provoca o deslocamento da cremalheira 69
Figura 48: Esquema exemplificativo dos componentes que compõem o sistema de assistência da direcção 70
Figura 49: Pormenor do sensor de direcção que detecta a rotação do volante e actua sobre os componentes de assistência à direcção [MAN] 70
Figura 50: Esquema do funcionamento da direcção por pinhão e cremalheira, assistida hidraulicamente 70
Figura 51: Esquema de direcção assistida hidráulica utilizada em veículos pesados. O deslocamento do êmbolo devido ao fluído permite mudar o ângulo das rodas 71
Figura 52: Esquema do aspecto geral da suspensão constituída por molas semi-elípticas . 74
Figura 53: Suspensão pneumática. O efeito de mola deve-se à utilização de ar comprimido dentro do invólucro a negro na figura [Voith] 74
Figura 54: Aspecto geral da suspensão completa num veículo pesado. Notar do lado esquerdo do disco de travão a presença da mola pneumática e do lado direito o amortecedor [IMTT] 75

Índice de Tabelas

Tabela 1: Engrenagens planetárias 36

Introdução

A Directiva n.º 2003/59/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Julho, relativa à qualificação inicial e formação contínua dos motoristas de determinados veículos rodoviários afectos ao transporte de mercadorias e passageiros foi transporta para a ordem jurídica interna através do Decreto-lei n.º 126/2009. Esta Directiva é aplicável aos motoristas por conta própria e por contra de outrem e visa assegurar a qualificação dos motoristas, tanto no acesso à actividade de condução, como durante o respectivo exercício, ao longo da sua vida activa.

Trata-se de uma qualificação mais vasta que aquela proporcionada pelo ensino da carta de condução, na medida em que contempla um amplo conjunto de circunstâncias da condução dos motoristas abrangidos, versando ainda sobre especificidades dos sectores de transporte rodoviário em que estes motoristas desenvolvem a sua actividade. No fundo, este novo sistema de qualificação visa melhorar as condições de segurança, não só ao nível da segurança rodoviária, como também ao nível da segurança dos próprios motoristas.

A formação, a ser prestada por entidades devidamente licenciadas pelo IMTT, abrange diversos aspectos relativos à execução das funções por parte dos profissionais em causa, como sendo: mecânica e electrónica; condução defensiva, económica e ambiental; conhecimento das regulações laborais e sectoriais aplicáveis; saúde, segurança ambiental, serviço e logística e por último tecnologias de informação e comunicação.

O manual de formação que se apresenta incide apenas sobre o conteúdo temático relativo ao aperfeiçoamento para uma condução racional baseada nas regras de segurança, neste caso para o **módulo de Mecânica e Electrónica**, desenvolvidos no âmbito da formação inicial comum (FIC) e da formação de qualificação inicial acelerada (FIA) dos motoristas.

Os objectivos gerais deste manual são os de conferir ao formador um conjunto de conteúdos que lhe possibilitem a efectivação de uma planificação integrada e eficaz dos seguintes objectivos programáticos:

- Objectivo n.º 1 – conhecer as características da cadeia cinemática para optimizar a respectiva utilização:
    a) curvas de binário e de potência;
    b) curvas de consumo específico de um motor;
    c) zona de utilização óptima do conta-rotações;

d) diagramas de sobreposição das relações das caixas de velocidade.

- Objectivo n.º 2 – conhecer as características técnicas e os funcionamento dos órgãos de segurança a fim de dominar o veículo, de minimizar o seu desgaste e de prevenir os seus disfuncionamentos:
    a) identificação dos componentes fundamentais das viaturas;
    b) especificidades do circuito de travagem hidráulico-pneumático;
    c) utilização dos travões e sistemas retardadores;
    d) procura do melhor compromisso entre a velocidade e a relação de caixa;
    e) utilização da inércia do veículo;
    f) utilização dos meios de desaceleração e de travagem nas descidas;
    g) atitude a adoptar em caso de falha;
    h) detecção de pequenas avarias.
- Fornecer algumas actividades, para facilitar todo o processo de aprendizagem;
- Sugerir bibliografia para um maior aprofundamento das temáticas abordadas.

Apresentação do manual

O presente manual de formação está dividido em 8 capítulos, agrupados em três módulos, que abordam os principais temas exigidos pela legislação, referentes à Mecânica e Electrónica.

O primeiro módulo apresenta os componentes e funcionamento dos componentes da cadeia cinemática: motor e transmissão. O segundo módulo abrange os componentes de segurança, a parte mecânica – travões e *retarder* – e a parte electrónica. O terceiro módulo inclui conteúdos adicionais que, não estando englobados no Decreto-lei n.º 126/2009 são relevantes para uma formação dos motoristas mais abrangente.

Tratando-se de uma ferramenta de formação concebida para ser utilizada em sala, pretendeu-se que a mesma fosse dotada de um carácter prático e funcional, para que o formador possa facilmente seguir as orientações metodológicas, de acordo com a tipologia de formação a adoptar (FIA ou FIC). Neste contexto, foram desenvolvidos dois manuais, cada um deles adaptado ao modelo de formação a leccionar. O presente documento foi elaborado considerando o desenvolvimento de uma actividade formativa no âmbito da FIC. Assim, propõe-se para cada tema a abordar dentro de cada módulo principal a seguinte estrutura:

- **Capítulo**, com título indicativo da temática a abordar;

- **Definição de objectivos gerais e específicos** no início de cada capítulo que orientam o formador para os objectivos de aprendizagem a atingir pelos formandos. É ainda apresentada a **carga horária** recomendada para cada capítulo, não só para os conteúdos obrigatórios da FIC, mas também para o caso em que o formador opte por incluir os conteúdos adicionais sugeridos no Módulo 3, sendo sempre cumprida a carga horária total prevista no âmbito da formação (neste caso, 26 horas);
- **Sugestões para o formador**, com indicação de sugestões para actividades a desenvolver com os formandos ou temas de discussão de forma mais apelativa, incluídas no final de alguns capítulos.

Perfil do formador

Ao formador deste tema exigem-se conhecimentos ao nível de componentes mecânicas e electrónicas de veículos, especificamente os relacionados com os conteúdos programáticos desta formação, devendo o mesmo ter capacidade de dialogar com os vários formandos, motoristas de veículos pesados de passageiros e de mercadorias.

As principais competências sociais e relacionais que o formador deve possuir são:

- Capacidade para liderar situações;
- Capacidade de estabelecer empatia;
- Capacidade de comunicação;
- Capacidade de fomentar o espírito pró-activo;
- Capacidade de adaptação às realidades do grupo;
- Respeito pelo percurso particular de cada formando.

As principais competências pedagógicas que o formador deve possuir são:

- Capacidade de dinamizar grupos;
- Capacidade de criar situações-problema;
- Saber utilizar as metodologias e técnicas propostas;
- Domínio do programa PowerPoint para o desenvolvimento e visionamento de slides;
- Domínio dos principais meios audiovisuais.

Dados os objectivos definidos para este curso, sugere-se o recurso a metodologias práticas que contribuam para a reflexão individual e de grupo e partilha de experiências e ainda a

vivência de situações próximas da realidade dos formandos, visando a aplicação das vivências resultantes da sua actividade profissional.

Aconselha-se ainda, e sempre que possível:

- O uso privilegiado dos métodos activos: o formador tem ao seu dispor algumas sugestões de actividades, pelo que as mesmas deverão ser utilizadas como elemento facilitador da aprendizagem; as conclusões de cada actividade deverão ser apresentadas pelos formandos, favorecendo deste modo, a integração dos conhecimentos;
- O uso pontual dos métodos expositivos sempre em parceria com os métodos interrogativos: o método expositivo não deverá ser utilizado em demasia, podendo o formador recorrer a este método para salientar ideias centrais e ou estimular a curiosidade dos formandos. Deverão ser favorecidos os métodos interrogativos de forma a favorecer o diálogo, a argumentação e a análise critica;
- Pouco uso do método demonstrativo: o formador não deverá apresentar as soluções demonstrativamente, deverá antes fomentar a actuação dos formandos nesse sentido. No entanto, é aconselhado o uso de exemplos como forma de clarificação da aplicação dos temas na prática profissional.

Quanto às técnicas pedagógicas são de salientar:

- O *brainstorming* como facilitador dos temas;
- A estimulação dos trabalhos de grupo como facilitador do espírito de equipa;
- A importância fulcral do jogo pedagógico como técnica privilegiada para a participação e envolvimento do formando.

O formador deverá por isso, cumprir quatro objectivos essenciais:

- Potenciar novas competências;
- Motivar e envolver os profissionais na aprendizagem e formação;
- Sensibilizar e enquadrar os formandos face à necessidade de futuras formações;
- Estimular no formando a vontade e a capacidade de alargar e melhorar as competências relevantes para o seu desenvolvimento pessoal e profissional.

Importa salientar que a escolha de exercícios deverá estar sempre assente nos objectivos da formação que serão apresentados em cada capítulo.

Estrutura

Este manual de formação acompanha a estrutura exigida em termos de legislação aplicável, através do desenvolvimento dos seguintes módulos:

Módulo 1 – Cadeia cinemática

- **Motor** - No primeiro capítulo deste manual é analisado o modo de funcionamento de um motor, seus principais elementos constituintes e grandezas que o caracterizam;
- **Transmissão** – Este capítulo ocupa-se da caracterização dos diferentes tipos de transmissão e modo de funcionamento;

Módulo 2 – Componentes de segurança

- **Travões** – Este capítulo apresenta os principais componentes do sistema de travagem e seu funcionamento;
- **Componente eléctrica e electrónica do veículo** – No último capítulo deste manual são analisados os sistemas eléctricos e electrónicos existentes nos veículos, principais funções, elementos constituintes e modo de funcionamento.
- **Utilização de motor/transmissão/travões/pneus como elementos de segurança** – Neste capítulo são analisados os comportamentos que contribuem para uma maior segurança na condução, que o condutor deverá ter antes e durante uma viagem;

Módulo 3 – Conteúdos adicionais[1]

- **Controlo de Emissões** – Neste capítulo são tratados os principais poluentes resultantes da combustão e estudadas quais as formas/ferramentas para a sua redução;
- **Direcção** – Este capítulo trata o tema da direcção, seu modo de funcionamento da direcção e principais constituintes;

[1] conteúdos que não são considerados obrigatórios no âmbito da FIC, mas que dada a sua relevância e interesse para a temática em questão, poderão ser leccionados aos formandos

- **Suspensão** – Neste capítulo são apresentados os principais constituintes da suspensão e o seu modo de funcionamento;

Módulo 1 - Cadeia cinemática

M1.1 Motor

Objectivos Gerais	Objectivos Específicos	Duração recomendada
• Identificar os principais componentes do motor e perceber o seu funcionamento • Compreender de que forma a gestão do motor influencia o consumo e qual a melhor forma de o utilizar	• Perceber quais os principais componentes e ciclo de funcionamento do motor • Perceber o que representam binário e potência: interpretação das curvas características do motor • Entender o significado de consumo específico e banda verde • Identificar como a gestão do motor/transmissão permite reduzir o consumo de combustível	10 horas 8 horas[2]

M1.1.1 Funcionamento

O motor é o elemento do veículo responsável por transformar a energia química contida no combustível em energia mecânica, passível de ser utilizada para mover o veículo.

Os motores podem definir-se de acordo com o número de cilindros, o ciclo, a arquitectura e o combustível que utilizam. Contudo, independentemente do tipo de combustível utilizado, é sempre necessária a presença de ar dentro do motor. Antes de ser admitido na câmara de combustão, o ar é filtrado de modo a que elementos sólidos em suspensão não entrem para o motor. Nos motores Diesel recentes, o ar é comprimido através da passagem por um compressor, sendo, regra geral, arrefecido num permutador de calor (*intercooler*) antes de entrar no motor.

[2] considerando que serão ainda abrangidos os temas apresentados no Módulo 3 - Conteúdos Adicionais

Figura 1: Exemplo de um motor usado em veículos pesados [MAN]

Figura 2: Filtro de ar e localização junto do motor [Volvo]

Nos veículos pesados, regra geral, os motores são a 4 tempos, utilizam diesel como combustível e possuem, tipicamente, uma arquitectura em que os cilindros são dispostos lado a lado – em linha – ou adoptam uma configuração em que os cilindros são dispostos frente a frente, com um determinado ângulo de inclinação entre eles – configuração em V.

O número de cilindros é variável dependendo das aplicações a que o veículo se destina, assim como da potência necessária. A arquitectura do motor depende não só do número de cilindros necessários, mas sobretudo do espaço disponível no veículo para colocar o motor.

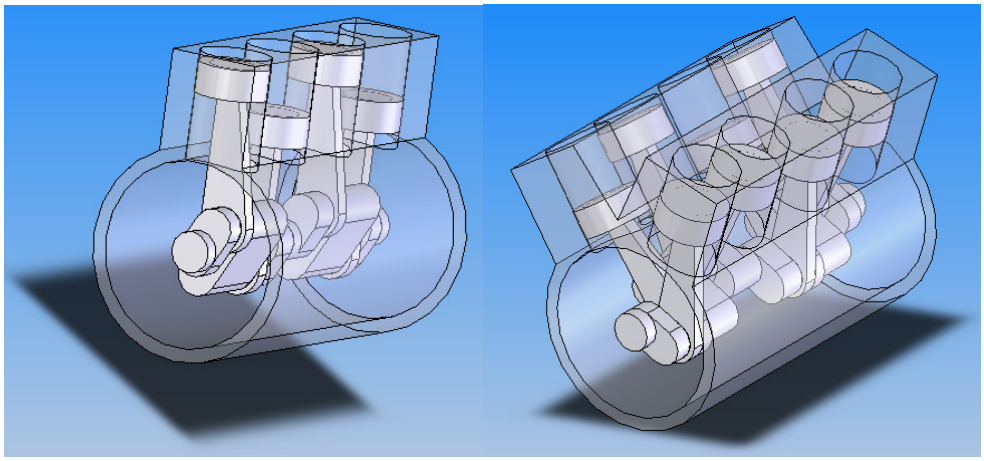


Figura 3: Motor 4 cilindros em linha (esq.); motor 8 cilindros em V (dir.)

M1.1.2 Componentes e ciclo de operação

O motor é constituído por:

- Cabeça do motor, onde estão localizadas as válvulas de admissão e escape e onde é efectuado o seu comando;
- Válvulas, que permitem a entrada de ar e a saída dos gases resultantes da combustão;
- Êmbolo, que permite transformar o aumento de pressão resultante da combustão em trabalho útil para movimentar o veículo;
- Bloco do motor, onde o êmbolo efectua o seu movimento linear;
- Biela e cambota, que permitem a transformação do movimento linear do êmbolo em movimento de rotação.

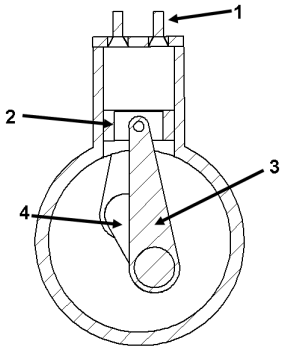


Figura 4: Esquema de bloco de motor em corte e principais componentes. Válvulas (1), êmbolo (2), biela (3) e cambota (4)

Cada êmbolo descreve um movimento linear desde o ponto morto superior (PMS) até ao ponto morto inferior (PMI), cuja distância se designa por curso do êmbolo. Este movimento linear é promovido pelo aumento de pressão dentro do cilindro devido à combustão. A biela faz a ligação entre o êmbolo e a cambota, sendo estes dois elementos responsáveis pela transformação do movimento linear em movimento de rotação. A cambota faz a ligação à caixa de velocidades por meio de uma embraiagem, sendo o movimento de rotação posteriormente transmitido às rodas através de um diferencial.

Existem diversos tipos de motor, que podem ser caracterizados consoante o ciclo de operação (2 tempos ou 4 tempos) e modo de ignição do combustível (Otto – motor a gasolina ou Diesel). De entre estas tecnologias, o motor Diesel a 4 tempos é aquela que é utilizada em exclusivo pelos veículos pesados modernos, pelo que é sobre esta que será focado o restante manual.

Para a transformação da energia presente no combustível em energia mecânica, um motor Diesel a 4 tempos compreende os seguintes passos:

- Admissão: o êmbolo encontra-se no ponto morto superior, abre(m)-se a(s) válvula(s) de admissão e à medida que o êmbolo desce até ao ponto morto inferior, ar fresco é aspirado;
- Compressão: a(s) válvula(s) de admissão fecha(m) e o ar admitido no tempo anterior é comprimido à medida que o êmbolo sobe do ponto morto inferior ao ponto morto superior, com o consequente aumento de pressão e temperatura na câmara de combustão. Perto do final deste movimento é efectuada a injecção de combustível, dando-se a ignição no momento em que as condições de temperatura e pressão se encontrarem favoráveis para a auto-ignição do combustível;
- Expansão: é o tempo motor. O aumento de pressão no interior da câmara de combustão força o êmbolo a deslocar-se do ponto morto superior ao ponto morto inferior;
- Escape: abre(m)-se a(s) válvula(s) de escape, sendo a saída dos gases impulsionada pelo movimento ascendente do êmbolo. No final deste evento o êmbolo encontra-se no ponto morto superior, a(s) válvula(s) de escape fecha(m), iniciando-se novamente o tempo de Admissão.

O controlo das válvulas é efectuado pela árvore de cames, que se encontra situada na cabeça do motor. As válvulas estão coordenadas com o movimento dos cilindros através de uma ligação à cambota pela correia de distribuição. Num motor Diesel o propósito do

sistema de injecção é introduzir o combustível no cilindro na forma de um spray finamente pulverizado, recorrendo para isso a elevadas pressões de injecção (>400bar).

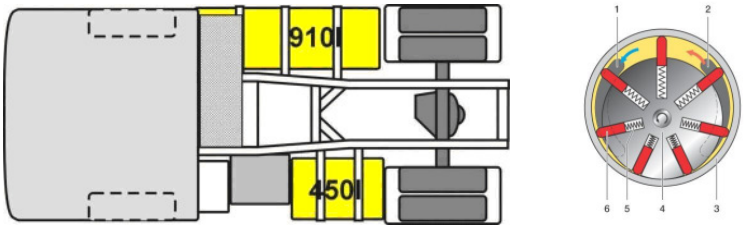


Figura 5: Localização do depósito de combustível no veículo e bomba de combustível em corte [MAN]

O sistema de injecção de combustível é, de um modo simplificado, composto pelo reservatório, pelo filtro, por uma bomba de baixa pressão e uma de alta pressão alta pressão e pelos injectores. Dependendo do tipo de motor, existem diferentes configurações para o conjunto bomba e injector. Estes elementos controlam a pressão da injecção, o doseamento do combustível, assim como a capacidade deste se misturar com o ar presente na câmara de combustão. O sistema de injecção pode adoptar diferentes configurações, nomeadamente, bomba injectora, common rail ou injector-bomba.

- Bomba Injectora

O sistema de bomba injectora encontra-se em veículos mais antigos. A bomba é actuada pelo motor e possui uma ligação ao pedal do acelerador de forma a regular a quantidade de combustível a ser injectado pelos vários injectores alimentados pela bomba central. A figura seguinte apresenta um exemplo de um sistema deste tipo.

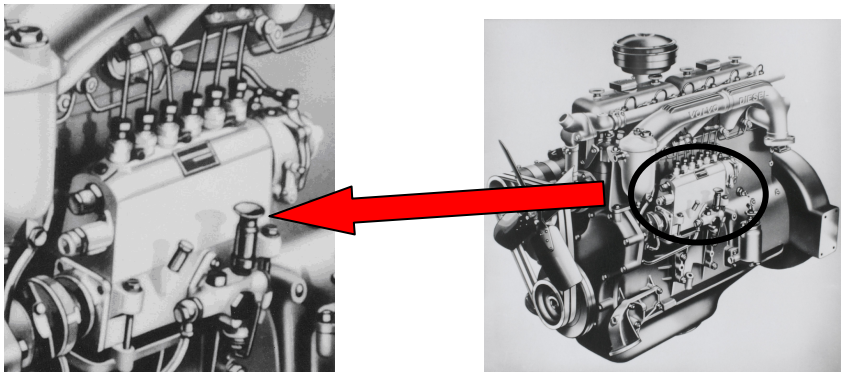


Figura 6: Bomba injectora [Volvo]

- *Common rail*

Em alguns motores modernos utiliza-se um sistema de alimentação de rampa comum – *common rail* – com o objectivo de fornecer sempre a máxima pressão de injecção possível, de modo a promover condições de mistura homogénea.

O controlo da injecção de combustível é feito no próprio injector e a definição do início e da duração da injecção é efectuada por uma unidade electrónica de controlo do motor (ECU[3]).

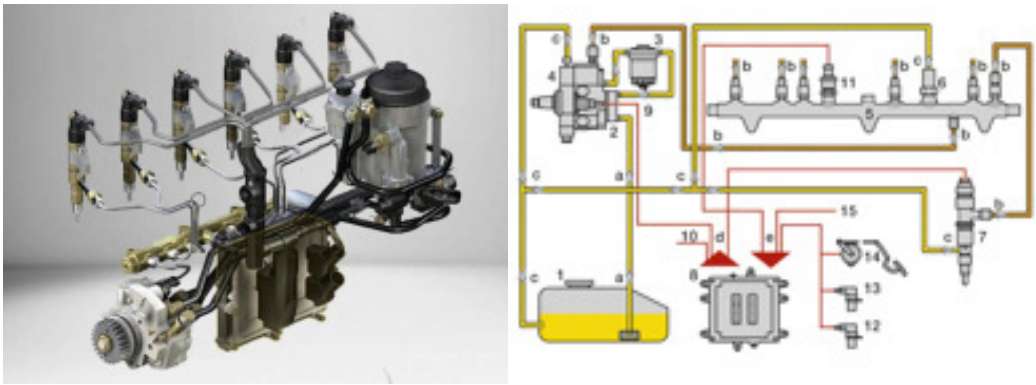


Figura 7: Sistema de injecção de combustível *common-rail*. [MAN]

Como se pode observar na Figura 7, o combustível armazenado no depósito (1) é enviado através da conduta de baixa pressão (a) para a bomba de alta pressão (2), que envia combustível para a rampa comum (5) pela conduta de alta pressão (b) que alimenta seis injectores (7, um por cada cilindro). O circuito de combustível tem ainda uma linha de retorno para o depósito (c), por onde o excesso de combustível é devolvido. Este sistema permite um controlo muito preciso do tempo de injecção, uma vez que este é feito com o auxílio de actuadores eléctricos e que a pressão do combustível não varia significativamente durante a injecção.

- Injector-bomba

O sistema injector bomba possui, associado a cada injector, uma bomba de alta pressão. O comando da bomba é accionado por uma árvore de cames, simplificando deste modo o circuito de injecção, evitando tubagens a alta pressão entre a bomba e cada cilindro.

Independentemente do sistema usado, os injectores são o último estágio do combustível antes da entrada na câmara de combustão do motor. O mau estado de conservação destes componentes pode traduzir-se num excesso de consumo de combustível, perda de

[3] do inglês *Electronic Control Unit*

performance do motor e aumento das emissões poluentes, sendo os efeitos mais óbvios a emissão de partículas e o funcionamento irregular do motor.

Figura 8: Localização dos injectores no motor [IMTT]

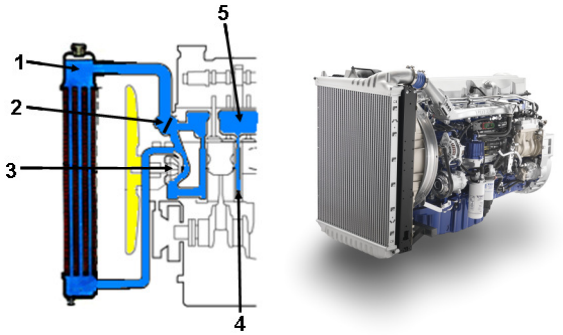
M1.1.3 Fluxos Energéticos

É importante referir que nem todo o combustível introduzido no motor é utilizado para a propulsão do veículo. Tipicamente, apenas cerca de 1/3 do combustível consumido é transformado em energia útil para movimentar o veículo. Devido a ineficiências do processo, parte da energia é desperdiçada pelo sistema de refrigeração, outra parte pelo escape e a restante pelos atritos internos do motor.

- Refrigeração

Dentro do motor atingem-se temperaturas muito elevadas devido ao processo de combustão. A refrigeração impede que os componentes mecânicos do motor trabalhem a uma temperatura demasiado elevada. A refrigeração é efectuada através de um líquido refrigerante de base aquosa, que circula dentro do bloco do motor, extraindo calor dos componentes e libertando posteriormente esse calor no radiador. Cerca de 30% da energia contida no combustível é perdida através do sistema de refrigeração.

O termóstato presente no circuito de refrigeração garante que a temperatura do líquido refrigerante se mantém dentro dos limites da temperatura ideal – cerca de 90ºC.



1. Radiador
2. Válvula termostática
3. Bomba de água
4. Canais de refrigeração dentro do bloco de cilindros
5. Canais de refrigeração na cabeça do

Figura 9: Circuito de refrigeração [Volvo]

- Escape

A linha de escape inicia-se no colector de escape, para onde são direccionados os gases da combustão. Ao longo da linha de escape encontram-se vários elementos que permitem, por um lado, reutilizar os gases de escape, e por outro, tratar os poluentes que se formam no motor, transformando-os em gases menos nocivos.

Assim, os gases de escape são reutilizados para a compressão do ar de admissão – através da passagem num turbo-compressor – sendo que uma parte pode ser reintroduzida no motor – EGR[4] – como forma de reduzir a emissão de poluentes.

Excluindo a parcela de gás de escape reintroduzida no motor, o restante gás segue pela linha de escape em direcção à atmosfera. Contudo, antes de serem expelidos os gases de escape podem passar por um conjunto de componentes que permitem reduzir a emissão de poluentes, nomeadamente catalisadores e filtros de partículas.

Os gases resultantes da combustão são expelidos a pressões e a temperaturas bastante elevadas (300-400ºC). Apesar de se utilizar parte desta energia residual para efectuar a compressão do ar admitido, grande parte é desperdiçada, representando cerca de 30% da energia presente no combustível.

[4] do inglês *Exhaust Gas Recirculation*

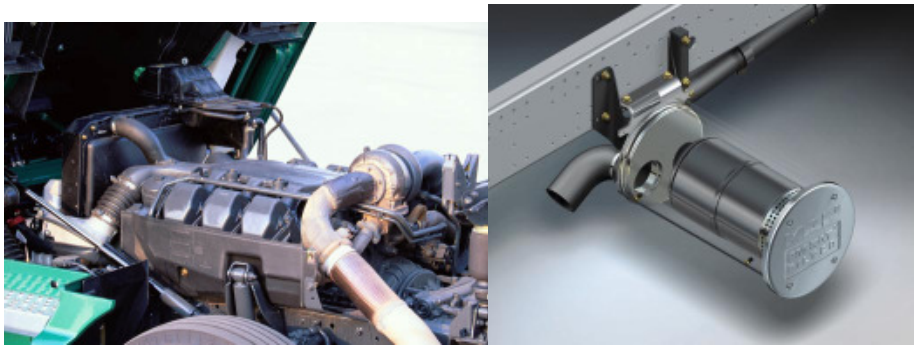


Figura 10: Conduta de escape e turbo compressor (à direita por cima do motor) [IMTT], Silenciador [MAN]

- Lubrificação

Pensa-se em geral no óleo do sistema de lubrificação como sendo uma substância que reduz o atrito entre superfícies móveis. No entanto esta não é a única função do sistema de lubrificação do motor. O óleo ao circular no motor através deste sistema, absorve calor do motor e transporta-o até ao seu reservatório, o cárter. É aí que nos motores comuns o óleo vai arrefecer, funcionando assim como um agente de arrefecimento adicional do motor.

- Perdas mecânicas

Um motor é constituído por múltiplas peças móveis (êmbolo, biela, cambota,...). O atrito entre estes componentes dissipa alguma da energia gerada pelo motor. Por outro lado, o motor tem ainda de accionar alguns órgãos auxiliares, como a bomba de água, a bomba de óleo, o alternador ou o compressor de ar, ou elementos periféricos como o compressor do ar condicionado ou a direcção assistida. Desta forma, apenas 30 a 35% da energia química presente no combustível é transferida em energia útil para movimentar o veículo.

M1.1.4 Binário e Potência

M1.1.4.1 Definição de Binário e Potência

Em termos de utilidade para uma determinada função um motor é caracterizado por duas grandezas: binário e potência. Estas duas grandezas estão relacionadas entre elas pela velocidade de rotação do motor.

O binário é uma medida da força disponível no motor e tem como unidade o Nm (Newton.metro). O binário depende da pressão gerada pelos gases de combustão no interior do cilindro e das dimensões - cilindrada - do motor, ou seja, para a mesma pressão, um motor com mais cilindrada terá um binário maior.

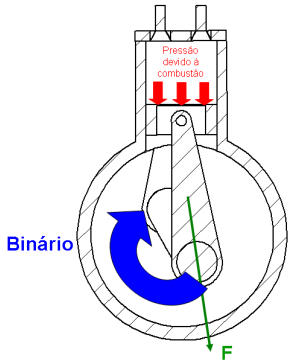


Figura 11: Esquema de forças existentes num motor

Devido ao aumento de pressão decorrente da combustão, gera-se uma força que dá origem ao deslocamento do êmbolo. Essa força é transmitida através da biela até à cambota do motor, originando o movimento de rotação. A grandeza que gera o movimento de rotação da cambota designa-se por binário.

A potência, em unidades de Watt, W ou mais vulgarmente em cavalos, cv, resulta do produto entre o binário e rotação, o que implica que para o mesmo binário, uma maior velocidade de rotação origina maior potência.

A potência pode traduzir-se pela capacidade de aceleração, capacidade de vencer declives com maior velocidade ou transporte de cargas mais pesadas, sendo uma forma de medir as performances máximas de um veículo.

Para caracterizar completamente o motor é ainda necessário introduzir a variável rotação, uma vez que o binário varia ao longo da gama de rotações do motor e a potência resulta do binário e da rotação. A título de exemplo, as curvas representadas na figura seguinte

ilustram o andamento dos valores de binário e potência típicos para um motor Diesel moderno. Na curva do binário (a curva inferior) verifica-se este atinge o seu máximo num intervalo intermédio de rotações, contrapondo a curva da potência (a curva superior), na qual é possível verificar que o seu valor máximo ocorre próximo da rotação máxima do motor.

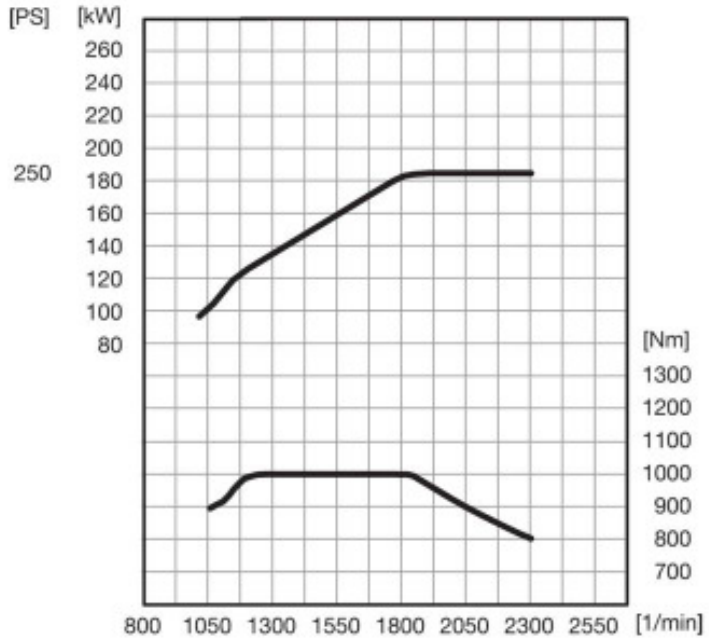


Figura 12: Curvas de Potência (curva superior, em kW) e Binário (curva inferior, em Nm) em função da rotação do motor [MAN]

As curvas apresentadas indicam os valores máximos disponíveis a cada rotação, assumindo que o acelerador está a fundo. No entanto, para cada rotação, consoante a posição do acelerador irá ser gerado maior ou menor binário e potência. A carga do motor a cada instante é determinada pela relação entre o binário gerado e o binário máximo disponível na rotação em que está a operar.

M1.1.4.2 <u>Consumo específico e banda verde</u>

Tal como o binário e a potência, o consumo de combustível não é igual ao longo de toda a gama de rotações do motor. O consumo específico traduz a eficiência da operação do motor, pelo que quanto mais eficiente for o funcionamento do motor, menor será o consumo específico, ou seja será menor a quantidade de combustível necessária para obter a mesma energia mecânica pretendida. Assim, alguns veículos encontram-se já equipados

com conta-rotações com esquemas de cores, indicando qual a faixa ideal de rotação do motor. Nesta zona o binário encontra-se próximo do seu valor máximo e o consumo específico é mais baixo (Figura 13).

Figura 13: Tacógrafo com conta-rotações definido por esquema de cores [IMTT]

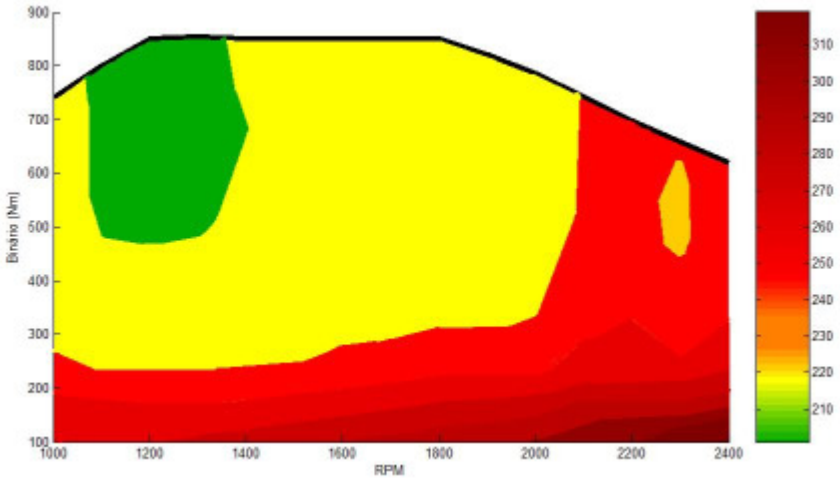


Figura 14: Áreas de consumo específico semelhante em função da rotação e da carga do motor

A Figura 14 ilustra o que acontece ao consumo específico em função da rotação e do binário, sendo de realçar que as áreas coloridas a verde traduzem as zonas onde os consumos específicos são mais baixos.

Da observação da figura anterior, verifica-se que quer a baixas cargas (menos de 25%) quer a rotações muito elevadas o consumo específico é muito elevado, devendo-se essencialmente a um baixo rendimento mecânico do motor nessas condições. Desta forma, a zona menos penalizada, que se encontra a representada a verde, numa faixa que compreende a gama de rotações de binário máximo, mostra que em situações de carga elevada (entre 80 a 100%) e baixas rotações é possível circular com baixo consumo

específico. Este facto traduz-se numa maior eficiência do motor, significando que para a mesma potência se verifica um menor consumo de combustível. Pode então concluir-se que, em condições semelhantes de circulação (potência requerida semelhante), a gestão do motor tem influência directa sobre o consumo.

Para atingir estas condições de consumo específico baixo, é necessário circular com a mudança mais alta possível, de modo a manter o motor entre as 1000 e as 1500-1600 RPM (rotações por minuto).

Sugestões para o formador

É possível obter alguns dos componentes descritos junto de oficinas (êmbolos, injectores, etc.) para que na aula possam ser apresentados aos formandos.

O uso de jogos de construção (lego, meccano, etc.) permite demonstrar alguns dos conceitos transmitidos (ciclo de funcionamento do motor e diferentes arquitecturas).

É recomendado o recurso a animações disponíveis nas páginas de internet incluídas na bibliografia para ilustrar o funcionamento de alguns dos sistemas descritos.

Sites de interesse

http://auto.howstuffworks.com/engine.htm
http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_a_diesel
http://auto.howstuffworks.com/diesel.htm
http://www.descobrirpeugeot.com/content/view/177/182/

M1.2 Transmissão

Objectivos Gerais	Objectivos Específicos	Duração recomendada
• Conhecer os componentes e perceber o funcionamento dos diferentes tipos de transmissão	• Identificar os principais componentes dos sistemas de transmissão • Identificar as diferenças entre transmissão manual e automática • Perceber o funcionamento do diferencial	6 horas 5 horas[5]

No capítulo anterior foi feita uma descrição do funcionamento do motor, do seu modo de actuação e das grandezas mais relevantes para a sua caracterização. Neste capítulo será tratado o tema da transmissão, tipos e modo de funcionamento.

A transmissão compreende uma série de equipamentos cujo objectivo é compatibilizar a dinâmica do veículo com as características do motor, ou seja, rotação e binário.

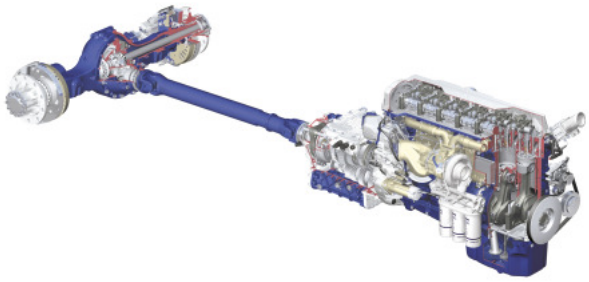


Figura 15: Esquema completo do conjunto motor-propulsor de um veículo pesado: motor, caixa de velocidades, veio de transmissão e diferencial [Volvo]

Um veículo rodoviário tem uma gama de utilizações muito variada, desde a baixa velocidade para a realização de manobras, até velocidades relativamente elevadas, quando circula em auto-estrada. Por outro lado, é necessário que, independentemente da velocidade do veículo, se consiga tirar o melhor partido do motor. Desta forma, é necessária a presença da caixa de velocidades para que, através das várias mudanças se consiga usufruir de uma faixa de utilização do motor que vai, por exemplo, desde as 700 às 3000 RPM, e que permite a circulação do veículo a várias velocidades.

[5] considerando que serão ainda abrangidos os temas apresentados no Módulo 3 - Conteúdos Adicionais

O movimento é transmitido às rodas através de um diferencial, onde se define uma relação de transmissão final.

Existem vários tipos de transmissões, das quais duas são comuns em veículos pesados: manual e automática. Ambos os tipos de transmissão usam uma caixa de velocidade que, consoante a mudança seleccionada, vai ter uma determinada relação de transmissão entre o veio de entrada da caixa de velocidades (que está ligado ao motor) e o veio de saída (que está ligado ao diferencial e, após este, às rodas). O modo como essa mudança é seleccionada determina a diferença entre os dois tipos de transmissão.

M1.2.1 Transmissão manual

Através da transmissão manual o condutor tem o controlo total sobre a gestão da caixa, isto é, tem liberdade de seleccionar a mudança usada a cada instante. Para que o consiga fazer é necessário que, cada vez que altera a mudança engrenada, o veio proveniente do motor seja desacoplado da caixa de velocidades, e para tal é usada uma embraiagem, sobre a qual o condutor também tem controlo. A embraiagem consiste em dois ou mais discos que, ao serem pressionados uns contra os outros garantem a ligação entre dois veios em rotação a que estão ligados. Quando o condutor carrega no pedal da embraiagem o que faz é afastar os discos de modo a que os veios a que estão acoplados rodem independentemente.

Figura 16: Embraiagem [MAN]

A embraiagem permite não só desacoplar o motor dos restantes componentes da transmissão como também permite que as transições entre velocidades de rotação, aquando das passagens de caixa, ocorram suavemente.

No interior da caixa de velocidades de um veículo pesado existem três eixos que podem ser ligados por intermédio de vários pares de engrenagens (um par por cada mudança). Consoante as engrenagens que estão acopladas aos eixo assim a relação de transmissão seleccionada.

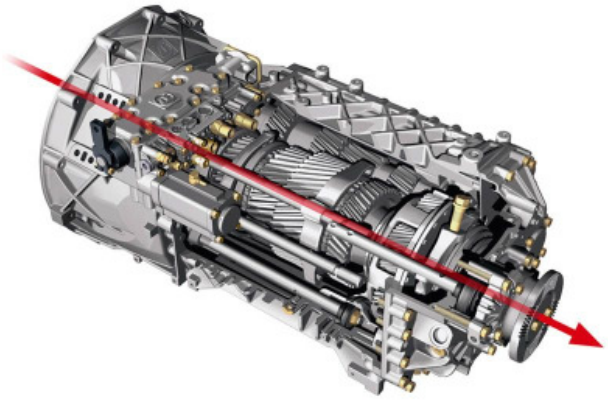


Figura 17: Transmissão manual em ponto-morto [MAN]

Na Figura 17 é visível de um modo esquemático, o funcionamento de uma caixa de velocidades manual. Nesta caixa o veio que recebe o binário do motor está alinhado com o veio de saída da caixa, existindo em paralelo um terceiro veio que os une através de vários conjuntos de engrenagens. Em posição neutral – ponto-morto – todas as engrenagens do veio de saída rodam livremente, não havendo ligação ao veio que comunica com o diferencial. Só quando uma mudança é seleccionada é que é acoplado ao veio de saída a engrenagem correspondente, que vai traduzir a transmissão seleccionada (Figura 18).

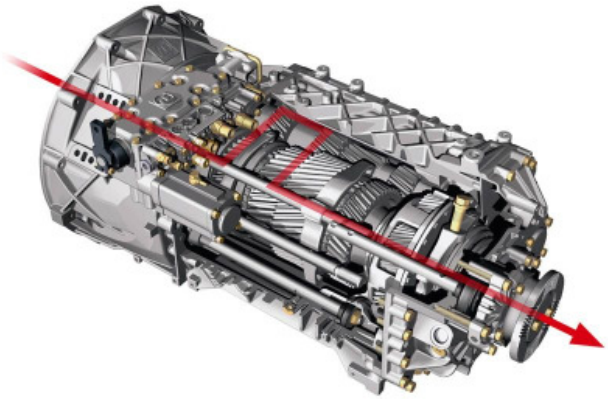


Figura 18: Transmissão manual com uma mudança engatada [MAN]

Supondo que se pretende engatar a 1ª relação de caixa, pressiona-se o pedal de embraiagem, deixando deste modo de existir uma ligação entre o motor e os restantes componentes do sistema de transmissão: caixa de velocidades, diferencial e rodas. Seguidamente, desloca-se o selector para engatar a primeira velocidade. Neste momento vai ser acoplado ao veio de saída a engrenagem correspondente à 1ª velocidade. A ligação entre o veio e a roda dentada que diz respeito à primeira mudança é efectuada gradualmente através de um sincronizador, de modo ajustar a velocidade de rotação dos veios e a suavizar as passagens de caixa. Quando a passagem de caixa é mal efectuada, é audível um barulho proveniente dos sincronizadores.

Através das relações entre as engrenagens, é possível obter uma relação de transmissão entre a rotação e binário à entrada da caixa (e à saída do motor) e à saída da caixa de velocidades. Esta relação de transmissão é dada pela relação de diâmetros (ou dentes) entre as rodas dentadas.

Uma vez que a cada mudança corresponde uma relação de transmissão, mudanças que permitem velocidades do veículo mais elevadas implicam binários mais baixos nas rodas, o que leva a que o veículo tenha menos força quando circula com mudanças mais elevadas.

Num veículo com transmissão manual, a caixa de velocidades tem de ser observada também como um elemento de segurança. Desta forma, em circulação o veículo deve possuir sempre uma mudança engrenada, adequada à sua velocidade. Por exemplo em descidas deve ser mantida uma mudança baixa de forma a usar o conjunto motor/caixa como travão ou limitador de velocidade.

M1.2.2 Transmissão automática

Face à transmissão manual, a automática dispensa o pedal de embraiagem, tornando-se mais cómoda para o condutor. Contudo, continua a existir acoplamento/desacoplamento entre o motor e a caixa de velocidades embora essa função tenha deixado de ser efectuada pela embraiagem, existindo um conversor de binário para esse efeito.

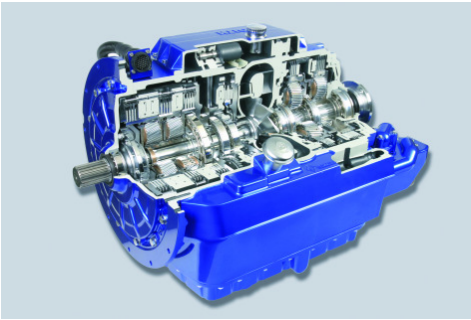


Figura 19: Exemplo de transmissão automática [Voith]

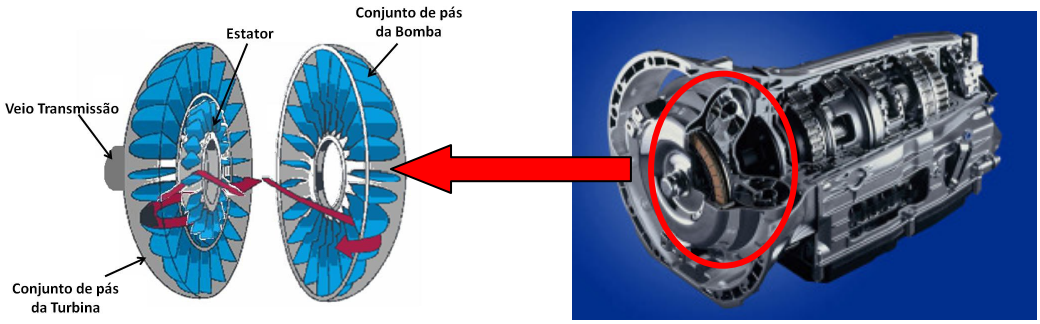


Figura 20: Conversor de binário. Componentes e localização [IMTT]

O conversor de binário permite que o motor e a transmissão operem de forma independente, sem ligação rígida, uma vez que a transmissão de binário é feita através de um fluido. Para tal o conversor de binário é constituído por 3 componentes. Uma bomba, ligada ao veio do motor, uma turbina, ligada ao veio de transmissão e um conjunto de pás estático entre os dois componentes. A geometria destes componentes provoca a circulação de fluido hidráulico entre estes que vai transmitir binário do veio do motor para o veio de transmissão. Quanto maior a diferença de rotação entre o motor e veio de transmissão maior o binário transmitido.

O conversor de binário permite também que a baixas velocidades de rotação do motor e do veículo, o binário transferido seja muito reduzido e seja possível parar o veículo com a aplicação dos travões.

A transmissão em si é também diferente, uma vez que nas caixas de velocidades automáticas se utiliza um sistema de engrenagens planetárias para ter várias relações de transmissão.

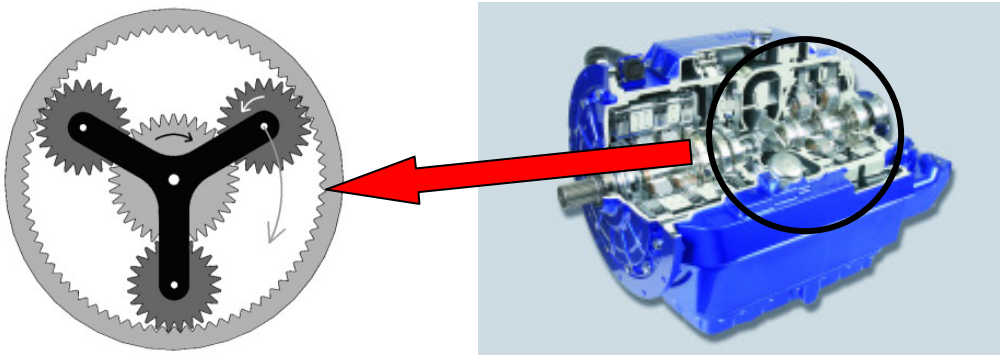


Figura 21: Engrenagem planetária: Roda central – Sol; Rodas laterais – Planetas; Armação a negro – Suporte dos planetas; Roda exterior - Anel

Nas engrenagens planetárias cada elemento pode ser fixo ou utilizado como entrada de binário vindo do motor ou como saída para o diferencial. Para esse efeito, é utilizado um conjunto de embraiagens (para gerir a relação entre os diferentes componentes da caixa de velocidades, pelo que não se deve confundir com a embraiagem tradicional) que permite ter várias relações fixas de transmissão partindo do esquema da Figura 21.

Este conjunto de embraiagens permite que, consoante a mudança seleccionada pelo sistema de gestão da caixa sejam acopladas as engrenagens devidas aos veios de entrada e saída da caixa velocidades. Na tabela seguinte é apresentado um exemplo do funcionamento das engrenagens planetárias.

Tabela 1: Engrenagens planetárias

	Entrada	**Saída**	**Estacionário**	**Relação de transmissão**
A	Sol (S)	Suporte de planetas (C)	Anel (R)	1+R/S
B	Suporte de planetas (C)	Anel (R)	Sol (S)	1/(1+S/R)
C	Sol (S)	Anel (R)	Suporte de planetas (C)	-R/S

Contudo, quando dois elementos da engrenagem planetária estão fixos, a relação de transmissão é 1:1, ou seja, os valores de velocidade de rotação e binário à saída da caixa de velocidades são iguais aos provenientes do motor.

Geralmente é utilizada mais do que uma engrenagem planetária de modo a obter o número de relações de transmissão adequado ao funcionamento do veículo.

A selecção da mudança é feita automaticamente de acordo com a programação da caixa de velocidades, sendo que essa programação é feita de acordo com o serviço esperado para o veículo onde a caixa está instalada. A selecção da mudança tem em conta a rotação do motor, a velocidade do veículo e a posição do acelerador. De uma forma geral, quanto maior for a pressão no acelerador mais tarde a mudança seguinte é engrenada, uma vez que a gestão da caixa de velocidades entende que o utilizador necessita de resposta mais imediata e como tal permite rotações mais elevadas. Pela mesma razão, pressões menores no acelerador levam a que a progressão entre mudanças seja feita a rotações mais baixas. É este factor que leva a que, embora o utilizador de um veículo com caixa automática tenha menos controle sobre a operação da transmissão, seja ainda assim possível adoptar modos de condução mais eficientes. A caixa automática tem ainda a vantagem de proteger o motor contra a selecção de mudanças incorrectas que levariam a que, num veículo com caixa manual, se atingissem, por exemplo, rotações excessivas que poderiam pôr em causa a integridade mecânica do motor.

M1.2.3 Diferencial

O diferencial é o último componente na transmissão de movimento antes das rodas do veículo. No diferencial é efectuada a última relação de transmissão, designada por relação final, tendo como principal função permitir que as rodas motrizes rodem a diferentes velocidades.

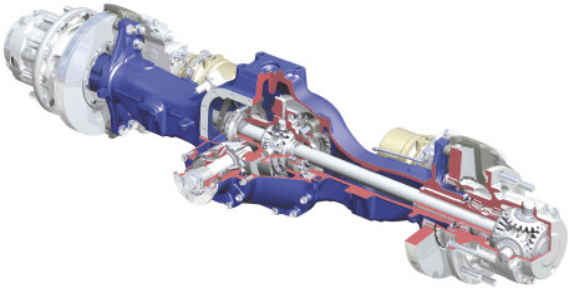


Figura 22: Diferencial em corte [Volvo]

Quando um veículo tem de efectuar uma curva, a roda interior tem de percorrer um trajecto mais curto que a roda exterior. Se ambas rodassem à mesma velocidade, seria necessário que uma delas escorregasse em relação à estrada, com os consequentes esforços adicionais impostos na transmissão (Figura 23).

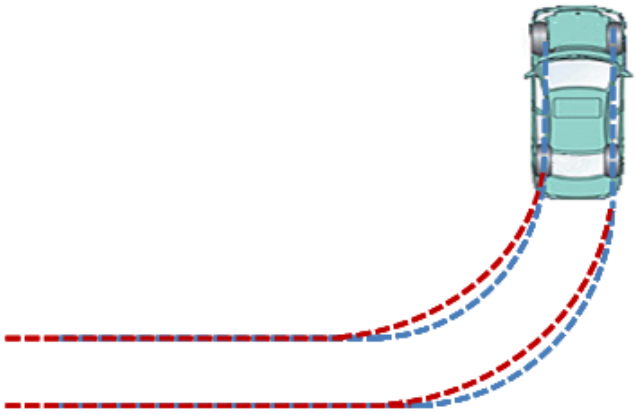


Figura 23: Esquema da trajectória de um veículo em curva

O diferencial só é necessário nos eixos motrizes, uma vez que em eixos não motrizes as rodas estão livres.

Quando um veículo se desloca a direito, em condições óptimas de aderência, as rodas motrizes deslocam-se à mesma velocidade, fazendo com que as engrenagens representadas a vermelho não rodem (Figura 24). Estas engrenagens vão permitir que quando o veículo curva haja uma diferença de rotação entre os dois veios, pois ao rodarem, permitem o movimento relativo de um eixo face ao outro.

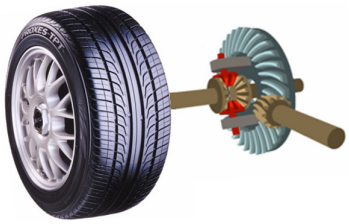


Figura 24: Esquema de um diferencial aberto. O conjunto central de engrenagens permite que os veios de saída possuam velocidades de rotação diferentes

Contudo, em condições de aderência adversas, se considerarmos, por exemplo, que o lado esquerdo do veículo está assente em gelo e o lado direito em alcatrão, este tipo de diferencial tem pouca utilidade, uma vez que transfere mais binário para a roda que tem menor resistência imposta – a que está assente em gelo –, fazendo com que o carro praticamente não se mova.

Para evitar esta situação, pode ser usado um diferencial de escorregamento limitado (LSD[6]) que no caso de se verificar uma diferença de rotação excessiva entre as rodas,

[6] do inglês *Limited Slip Differential*

possui molas que activam uma embraiagem de modo a que as rodas do lado esquerdo e lado direito rodem à mesma velocidade.

Em veículos de tracção integral existem ainda diferenciais para regular o binário entre as rodas da frente e de trás (Figura 25).

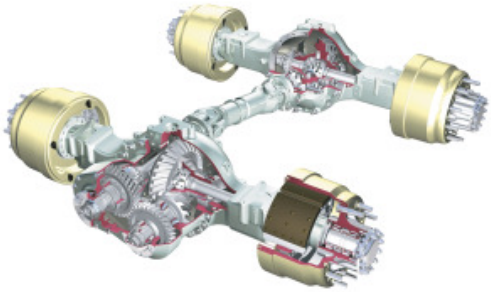


Figura 25: Esquema em corte de um conjunto de diferenciais num veículo com eixo duplo [Volvo]

Sugestões para o formador

É possível obter alguns dos componentes descritos junto de oficinas (veios, rodas dentadas, etc.) para que na aula possam ser apresentados aos formandos.

O uso de jogos de construção (lego, meccano, etc.) permite demonstrar alguns dos conceitos transmitidos (diferencial, relação de transmissão).

É recomendado o recurso a animações disponíveis nas páginas de internet incluídas na bibliografia para ilustrar o funcionamento de alguns dos sistemas descritos.

Sites de interesse

http://auto.howstuffworks.com/transmission.htm
http://auto.howstuffworks.com/automatic-transmission.htm
http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/towing/towing-capacity/information/torque-converter.htm
http://auto.howstuffworks.com/differential.htm
http://en.wikipedia.org/wiki/Differential_(mechanical_device)

Módulo 2 - Componentes de segurança

M2.1 Orgãos de segurança

Objectivos Gerais	Objectivos Específicos	Duração recomendada
• Compreender a função desempenhada pelos componentes fundamentais de um veículo	• Identificar os componentes fundamentais • Identificar os orgãos de segurança • Perceber a função de cada orgão	0,5 horas

Os veículos integram um conjunto de sistemas que se encontram directamente ligados à segurança ou que de alguma forma a influenciam, sendo de referir, os sistemas de travagem, direcção, os pneus e a suspensão, o sistema de iluminação e a carroçaria.

• Travões

Os travões destinam-se a permitir reduzir a velocidade ou parar um veículo, sendo um dos sistemas fundamentais para a sua segurança. Tanto em circulação normal como em caso de emergência, este é o sistema ligado à segurança do veículo a que os condutores mais recorrem, dependendo do seu correcto funcionamento parte importante da segurança na circulação dos veículos.

• Direcção

A direcção é um conjunto de órgãos que se destinam a orientar as rodas da frente dos veículos, na direcção pretendida, devendo ser fácil de manejar e apresentar uma tendência para endireitar as rodas depois de se efectuar uma curva, contribuindo para a estabilidade do veículo.

• Suspensão

A suspensão tem como finalidade, reduzir a transmissão de vibrações devidas às irregularidades do pavimento, ao veículo e seus ocupantes, assegurando ainda um contacto permanente do pneu com o piso, de forma a garantir a máxima aderência deste em todas as condições de circulação. Para além deste aspecto, a suspensão deve apresentar um equilíbrio entre uma baixa rigidez que assegure o conforto dos passageiros do veículo e

uma rigidez elevada que assegure a estabilidade do veículo em curva ou mudanças de direcção rápidas.

• Pneus

Para além de permitirem a absorção dos choques resultantes das irregularidades do piso, através da sua deformação, os pneus dão ao veiculo a aderência necessária para a sua tracção, permitindo que o veículo acelere, reduzindo a tendência para a derrapagem nas curvas e permitindo paragens rápidas quando os travões são actuados. Sendo os pneus os elementos que asseguram a ligação do veículo ao pavimento, do seu bom estado depende em larga medida a segurança dos veículo.

• Iluminação

O sistema de iluminação e sinalização dos veículos, constitui também um dos sistemas fundamentais para a segurança de um veículo, assegurando o ver e ser visto. São diversas as luzes que integram o sistema de iluminação, destinando-se algumas a iluminar a via, como as luzes de cruzamento ou as de máximos, ou a assinalar a presença do veículo, como as luzes de presença da frente e da retaguarda, ou as luzes avisadoras de perigo. Do seu correcto funcionamento depende a segurança na circulação dos veículos em condições de visibilidade reduzida, nomeadamente de noite ou com nevoeiro.

• Carroçaria

A carroçaria é a parte do veículo destinada ao transporte dos passageiros e da carga. Para além dos aspectos funcionais e estéticos, a forma da carroçaria influencia tanto o consumo de combustível como a própria estabilidade do veículo. Uma carroçaria que durante o movimento apresente um perfil que provoque resistência ao fluir do ar, consome mais energia do que uma carroçaria com um perfil que permita que o ar flua suavemente à sua volta. Por outro lado, a carroçaria deve ser concebida de forma a que o ar que circula à sua volta não tenda a elevar o veículo, reduzindo-lhe a estabilidade. Também a resistência aos ventos laterais é um factor importante na estabilidade dos veículos, devendo a carroçaria apresentar a menor resistência aos ventos laterais possível.

M2.2 Travões

Objectivos Gerais	Objectivos Específicos	Duração recomendada
• Compreender o funcionamento dos principais componentes do sistema de travagem do veículo	• Identificar os diferentes tipos de travão (disco, tambor) e modo de actuação (pneumático e hidráulico) • Perceber o funcionamento dos sistemas de retarder (escape, hidráulicos e eléctricos) • Identificar os cuidados a ter com a utilização dos sistemas de travagem e retarder	5,5 horas 4,5 horas[7]

Enquanto o motor e o sistema de transmissão têm como objectivo permitir o movimento do veículo, a função dos travões é diminuir a velocidade de circulação ou parar o veículo. A travagem consiste na dissipação da energia que o veículo possui ao deslocar-se a uma determinada velocidade (energia cinética), transformando-a, por fricção, em calor libertado nos travões.

Consoante o peso e a função a que o veículo se destina, podem ser empregues diferentes tipos de sistemas de travagens, quer seja pelo tipo de componentes e actuadores (discos, tambores) quer pelo circuito actuante (hidráulico, pneumático).

M2.2.1 Componentes do sistema de travagem

Independentemente do tipo de sistema de travagem empregue é necessário que este seja robusto e fiável. Desta forma, é impreterível que o circuito de travagem seja de algum modo capaz de responder, mesmo no caso de existir uma fuga. Assim, utilizam-se dois circuitos independentes, em que cada circuito é responsável por duas rodas. Consoante a distribuição de peso do veículo, utiliza-se uma configuração na qual cada circuito controla um dos eixos, para veículos com mais peso no eixo dianteiro, ou em X, no caso de veículos

[7] considerando que serão ainda abrangidos os temas apresentados no Módulo 3 - Conteúdos Adicionais

com mais peso no eixo traseiro (Figura 26). Em veículos pesados ambas as configurações são utilizadas.

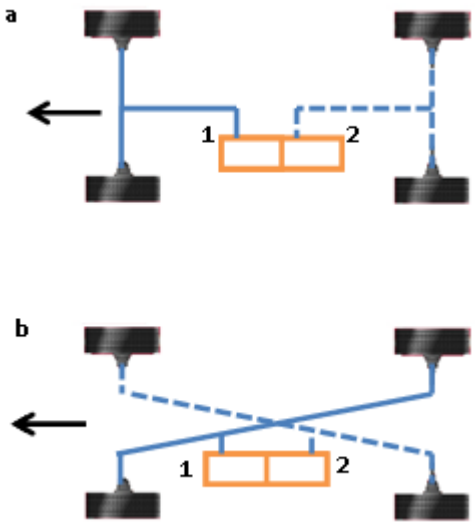


Figura 26: Principais configurações do circuito de travagem: a) configuração em I; b) configuração em X

Tal como foi referido anteriormente, o princípio do sistema de travagem consiste em dissipar a energia cinética do veículo, transformando-a em calor, traduzindo-se numa redução de velocidade ou paragem do veículo. Neste processo são, geralmente, utilizadas duas configurações distintas: travões de disco ou tambores.

M2.2.1.1 Travões de disco

Os travões de disco, cuja designação é algo redutora, já que o disco é apenas um dos vários componentes deste sistema de travagem, são essencialmente constituídos por três elementos: maxilas, elementos de fricção (pastilhas de travão) e discos.

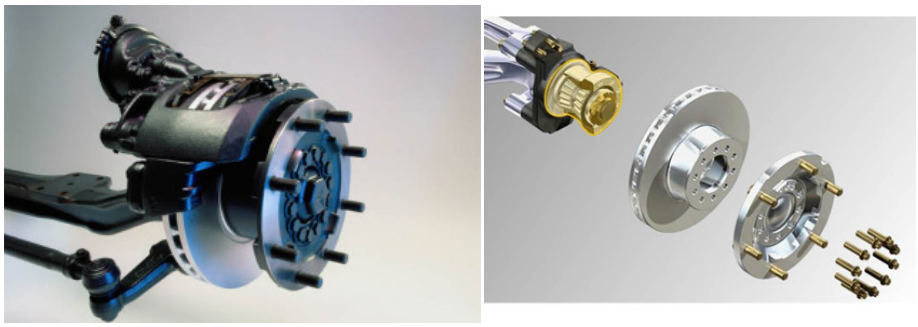


Figura 27: Conjunto de travão e alguns componentes [IMTT, MAN]

O disco circula à mesma velocidade das rodas, sendo actuado pelas pastilhas de travão. Uma vez que existe libertação de calor durante o processo de travagem, o disco aquece (Figura 28), pelo que actualmente é muito comum encontrar discos com rasgos centrais – ventilados –, para promover o arrefecimento, uma vez que o sobreaquecimento dos discos de travão é responsável pelo gradual aumento da distância de travagem devido a fadiga.

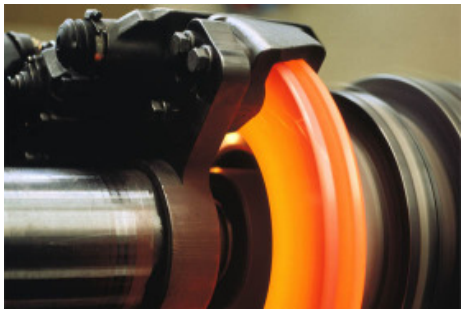


Figura 28: Travão de disco incandescente por uso continuado [IMTT]

A maxila envolve o disco e suporta as pastilhas de travão. Internamente possui um ou mais êmbolos que pressionam as pastilhas contra o disco de travão, de modo a aumentar a fricção entre o disco e as pastilhas. A maxila é também o elemento que faz a ligação ao circuito de travagem para accionamento dos êmbolos.

As pastilhas de travão são o elemento de fricção que actuam no disco para promover a redução de velocidade. Consoante os compostos utilizados no fabrico podem apresentar diversas características em termos de durabilidade ou resistência ao calor após intervenções sucessivas no pedal do travão.

M2.2.1.2 Travões de tambor

O tambor é um cilindro fechado, oco, que contém os calços, êmbolos, molas e tirantes, e que gira à velocidade das rodas, sendo a parede interior constituída por um material semelhante ao dos discos de travão. Os calços são pressionadas contra as paredes internas do tambor devido à acção dos êmbolos e das molas e tirantes.

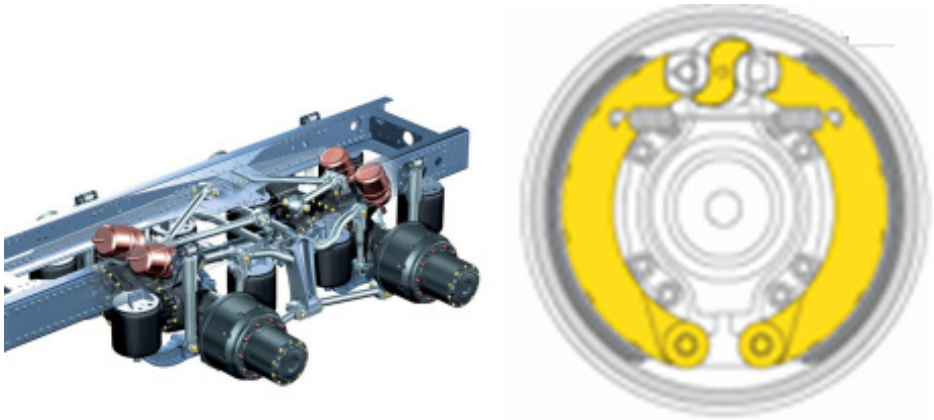


Figura 29: Travões de tambor nos eixos traseiros e detalhe de componentes [MAN]

Os travões de tambor actuam sobre o mesmo princípio dos discos de travão, contudo a sua construção faz com que sejam mais simples, baratos e robustos, embora de uma forma geral tenham menos capacidade de dissipação de calor e portanto menor resistência à fadiga.

M2.2.2 Circuito hidráulico de travagem

Os sistemas de travagem hidráulico utilizam óleo como fluido transmissor da pressão exercida no pedal de travão, fazendo-a chegar aos êmbolos que actuam sobre as pastilhas ou calços. Contudo, a força que uma pessoa consegue exercer no pedal do travão é insuficiente, sendo necessários elementos ao longo do circuito de travagem que permitam multiplicar a força aplicada de modo a exercer uma força de travagem suficiente para parar o veículo.

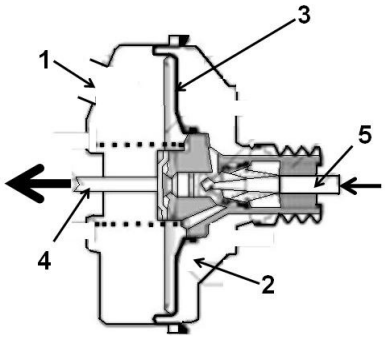


Figura 30: Componentes do servofreio

Quando o travão é pressionado, é actuado um componente - servo-freio - com o intuito de multiplicar a pressão exercida pelo pedal do travão. O servo-freio usa uma conduta (1) para ligar o colector de admissão ou uma bomba de vácuo a uma câmara (2) onde um êmbolo

de grandes dimensões (3) que se encontra ligado ao cilindro principal (4) é usado como multiplicador de força para o pedal de travão (5), actuando de seguida um êmbolo e gerando pressão para os dois circuitos hidráulicos - um para cada par de rodas.

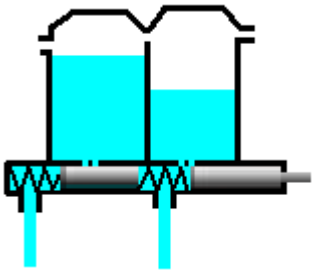


Figura 31: Reservatórios de óleo e êmbolos

Quanto maior a pressão aplicada no pedal de travão, maior a pressão que será exercida no fluído pelos êmbolos do cilindro principal e maior a pressão exercida sobre os êmbolos dos travões de disco ou de tambor.

Existe ainda um outro elemento fundamental no sistema de travagem designado por repartidor de travagem. Quando travamos, o veículo transfere o seu peso para a frente, sendo por isso necessário aplicar mais força de travagem no eixo dianteiro e menos no traseiro, caso contrário as rodas de trás correriam o risco de bloquearem. Para evitar este fenómeno, existe uma válvula que reduz a pressão no circuito de travagem das rodas de trás.

M2.2.3 Circuito pneumático de travagem

No circuito de travagem pneumático utiliza-se ar comprimido para accionar os elementos de travagem do veículo. Nos veículos de elevado peso bruto utiliza-se este tipo de sistema de travagem.

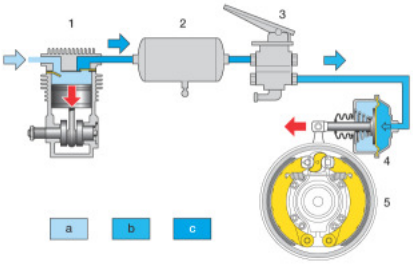


Figura 32: Esquema do circuito pneumático de travagem. A azul claro, circuito de baixa pressão, a azul-escuro circuito de alta pressão [MAN]

Neste tipo de veículos, por questões de segurança, os travões estão normalmente actuados sob o efeito de uma mola (4), ou seja, se o circuito de travagem não estiver pressurizado, os travões (5) estão actuados e o veículo não se move. Sendo assim, antes de poder arrancar com o veículo é necessário pressurizar o circuito de ar de modo a conseguir contrariar o efeito da mola e destravar o veículo. O compressor de ar (1) está geralmente colocado junto ao motor e é actuado por este. Depois de comprimido, o ar segue para dois reservatórios (2): um para o eixo dianteiro e outro para o(s) eixo(s) traseiro(s) e eventual reboque ou componente articulada. De forma a controlar a correcta pressão de funcionamento existe um regulador de pressão que actua sobre o compressor, mantendo-o em funcionamento enquanto não for atingido uma determinada pressão de ar no reservatório. Quando esse valor é atingido, o compressor desliga e, em caso de necessidade, é expelido algum ar comprimido para a atmosfera. Se o nível de pressão baixar, o compressor é novamente accionado.

Quando se pressiona o travão (3) algum do ar do circuito de travagem é libertado, o circuito perde pressão e as pastilhas ou calços entram novamente em contacto com os discos ou tambores, travando assim o veículo. Ao libertar o travão o êmbolo (4) o circuito é pressurizado, soltando assim os travões

Por questões de segurança, antes de entrar no reservatório o ar comprimido passa por um componente cujo objectivo é retirar a humidade existente de modo a prevenir o mau funcionamento das válvulas, situações de corrosão ou a formação de gelo no circuito nos dias mais frios.

A regulação do sistema da força de travagem pelos eixos é gerida por uma unidade de controlo que analisa a força exercida no pedal do travão e envia uma resposta proporcional, reduzindo a pressão do circuito para o valor desejado.

Consoante o veículo e a função a que se destina, o circuito pode ter pressões entre 6 e 20bar, ou seja, entre 6 a 20 vezes o valor da pressão atmosférica.

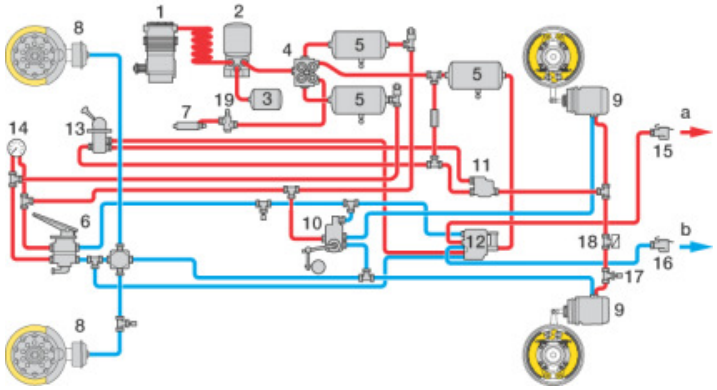


Figura 33: Esquema completo do circuito pneumático de travagem. Destaca-se compressor (1), filtro para retirar humidade (2), reservatórios (5) e várias válvulas de controlo do sistema antes de accionar os travões de disco (à frente) e tambor (atrás) [MAN]

M2.2.4 Retarder

Ao contrário dos travões, que permitem parar o veículo, o *retarder* tem como função contribuir para o seu abrandamento. Desta forma, é utilizado como equipamento de segurança, sendo por exemplo utilizado em autocarros e em pesados de mercadorias.

O *retarder* consiste num elemento de travagem adicional, independente do sistema de travagem de serviço, cujo objectivo é auxiliar o sistema principal de travagem.

Em caso de uso intensivo, tal como mencionado anteriormente, os sistemas de travagem convencionais de discos ou tambores tendem a aquecer em demasia e a perder eficácia. Por exemplo, em estrada de montanha, a permanente actuação do travão de serviço leva ao aquecimento destes e à consequente diminuição da capacidade de resposta. Para evitar este fenómeno, pode utilizar-se o *retarder* como auxiliar do travão de serviço, pois para além de ser independente deste é insensível à utilização num longo período de tempo.

Os *retarders* diferenciam-se pela localização, pois podem estar colocados entre o motor e a transmissão – *retarders* primários – ou entre a transmissão e os eixos motrizes – *retarders* secundários.

Podem ainda diferenciar-se pelo seu modo de funcionamento, sendo divididos nas seguintes tipologias:

- *Retarder* de escape

O *retarder* de escape utiliza o motor como travão. Admitindo que o veículo se encontra engatado e o acelerador não está a ser utilizado, é possível aproveitar a ligação mecânica entre motor e rodas. Através da utilização de uma válvula (2) na linha de escape, quando se actua o *retarder*, a válvula fecha ligeiramente, impondo resistência à saída dos gases de

escape e aumentando a pressão dentro do cilindro. Desta forma, o êmbolo tem maior dificuldade em expulsar os gases que se encontram no interior do cilindro durante o tempo de escape, rodando a menor velocidade. Esta diminuição da velocidade é transmitida às rodas, permitindo abrandar o veículo.

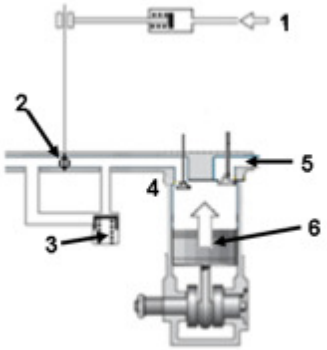


Figura 34: Esquema em corte do funcionamento do retarder de escape.1 – Accionamento do manual do retarder, 2 – válvula de controlo, 3- sensor de controlo de *bypass* ao sistema, 4 – conduta de escape, 5 - conduta de admissão, 6 - êmbolo

Deve salientar-se que este sistema funciona melhor em baixas e médias rotações, pois em regimes mais elevados, é efectuado um *bypass* (3) à válvula de escape para garantir o correcto funcionamento das válvulas de admissão e escape, perdendo-se parte do efeito de *retarder* de escape.

- *Retarder* eléctrico

O *retarder* eléctrico funciona como um gerador eléctrico em que a electricidade gerada é dissipada num circuito sob forma de calor nos elementos do próprio *retarder*. O corpo do *retarder* eléctrico possui um estator fixo e um rotor que roda à mesma velocidade do veio de transmissão onde está instalado. Estes dois elementos funcionam como um gerador eléctrico, em que a electricidade gerada é dissipada em resistências colocados no próprio *retarder*. Ao gerar electricidade o *retarder* vai exercer um binário resistente sobre o veio de transmissão, abrandando assim o veículo.

Figura 35: *Retarder* eléctrico [VOITH]

- *Retarder hidráulico*

O *retarder* hidráulico está geralmente localizado à saída da caixa de velocidades. Tal como nos outros exemplos, o objectivo é criar uma resistência ao movimento sempre que o *retarder* é actuado.

No caso do *retarder* hidráulico, este possui um rotor – conjunto de pás ligadas ao veio de transmissão por um conjunto de engrenagens – e um estator, que contém pás, estacionárias, solidárias com o invólucro do *retarder*. Quando o *retarder* é actuado pelo condutor vai dissipar parte da energia de rotação do veio para o óleo que está dentro do *retarder*, sendo que esta força resistente é comunicada às rodas pelo veio de transmissão, resultando num abrandamento do veículo.

O uso intensivo do *retarder* hidráulico provoca aquecimento do óleo, sendo necessário utilizar um radiador de óleo ou dissipar o calor no circuito de refrigeração do motor.

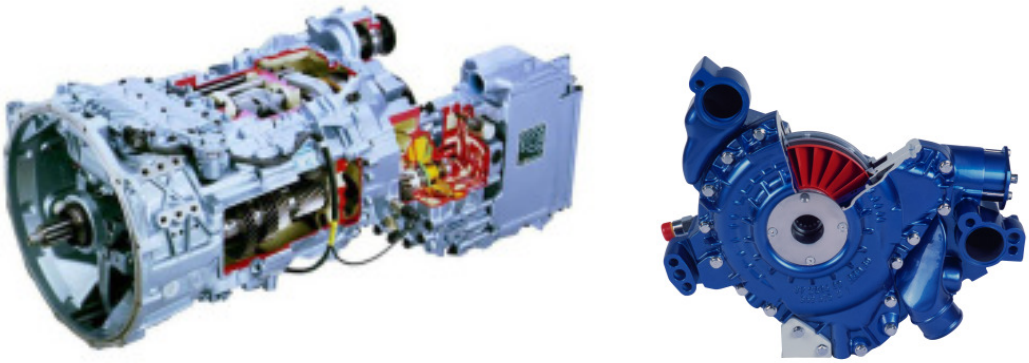


Figura 36: *Retarder* hidráulico associado à transmissão e pormenor em corte [MAN, VOITH]

Sugestões para o formador

É possível obter alguns dos componentes descritos junto de oficinas (pastilhas de travão, discos, tambores) para que na aula possam ser apresentados aos formandos.

É recomendado o recurso a animações disponíveis nas páginas de internet incluídas na bibliografia para ilustrar o funcionamento de alguns dos sistemas descritos.

Sites de interesse

http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/disc-brake.htm
http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/drum-brake.htm
http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/brake4.htm
http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/master-brake.htm
http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/air-brake.htm
http://www.voithturbo.com/retarder_e.htm

M2.3 Componente eléctrica e electrónica do veículo

Objectivos Gerais	Objectivos Específicos	Duração recomendada
• Perceber quais os principais componentes eléctricos e electrónicos dos veículos modernos que contribuem para a segurança do veículo	• Conhecer os principais componentes do circuito eléctrico • Perceber o funcionamento dos sistemas de controlo de tracção, anti-bloqueio e controlo de estabilidade, bem como o sistema de comunicação entre os componentes	4 horas 3 horas[8]

Nos capítulos anteriores foram apresentados os sistemas mecânicos que fazem parte dos veículos, pelo que se torna necessário focar a componente eléctrica e a vertente electrónica, cada vez mais importante nos veículos modernos. Estas componentes são tanto mais importantes quando contribuem para o aumento da segurança dos veículos modernos, como é o caso dos sistemas de anti-bloqueio das rodas ou de controlo de tracção.

Uma das suas principais funções da componente eléctrica é desde logo permitir colocar o motor em funcionamento através do accionamento do motor de arranque. Contudo, elementos como o sistema de injecção de combustível, luzes, rádio, ventilação e outros equipamentos que integram o veículo dependem igualmente deste sistema eléctrico. Assim, a componente eléctrica tem como principais elementos a bateria, o alternador e o motor de arranque.

Nos veículos pesados a tensão do circuito eléctrico é normalmente 24V, podendo ser fornecidos por uma bateria única ou por duas baterias de 12V montadas em série. Ao longo da condução, as baterias são responsáveis pelo fornecimento de energia a vários equipamentos do veículo – motor de arranque, luzes, etc. –, processo que conduz à sua descarga.

[8] considerando que serão ainda abrangidos os temas apresentados no Módulo 3 - Conteúdos Adicionais

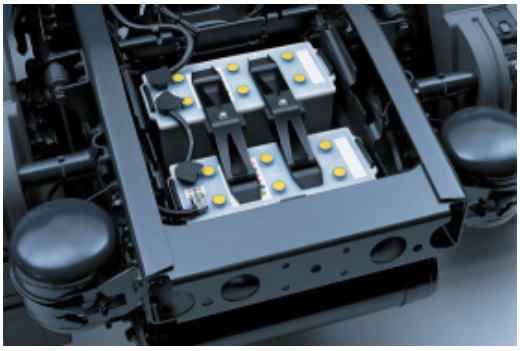


Figura 37: Ligação em série de duas baterias de 12V [IMTT]

O alternador tem como objectivo carregar a bateria e evitar que esta atinja níveis de carga muito baixos, transformando energia mecânica proveniente do motor em corrente que será utilizada para carregar a bateria. O ciclo de carregamento da bateria depende do ciclo de condução, uma vez que a corrente fornecida pelo alternador varia com a velocidade de rotação do motor.

O estado de carga da bateria é ainda importante aquando do arranque do veículo em dias frios, uma vez que a capacidade da bateria depende não só do seu estado de conservação, mas também da temperatura ambiente.

O motor de arranque encontra-se acoplado ao motor e tem como função fornecer ao motor um movimento inicial de rotação, capaz de vencer as inércias internas e originar condições para que o motor funcione autonomamente.

O sistema eléctrico de um veículo é extremamente complexo e comporta muito mais elementos para além da bateria, alternador e motor de arranque.

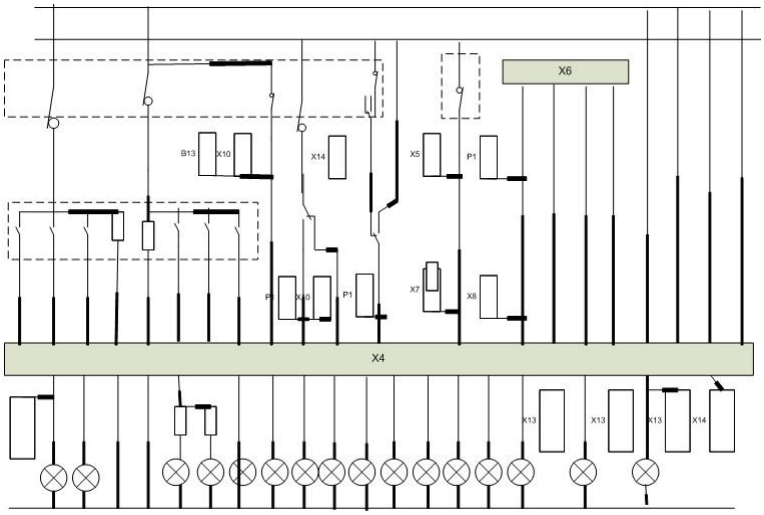


Figura 38: Exemplo de esquema dos elementos que controlam o circuito de luzes e sinalização do veículo

O esquema da figura anterior traduz parte do circuito de luzes e sinalização de um veículo e verifica-se que ao longo do circuito existem, por exemplo, relés, fusíveis, entre outros elementos que dão corpo a um circuito complexo de controlo de múltiplos equipamentos necessários como o sistema de injecção de combustível, luzes de presença, luzes de travão, piscas, aquecimento, ar condicionado, etc.

Para além do sistema eléctrico, a componente electrónica é cada vez mais importante nos veículos modernos. Actualmente os veículos, quer sejam ligeiros ou pesados, possuem vários sensores destinados a múltiplas aplicações, desde a monitorização de parâmetros do motor de combustão interna, sistema de tratamento de gases, controlo dos movimentos da carroçaria, etc. Deste modo, existe a necessidade de controlar e transportar um grande volume de informação entre sensores e unidades electrónicas de controlo (ECU) e entre as diferentes ECU's.

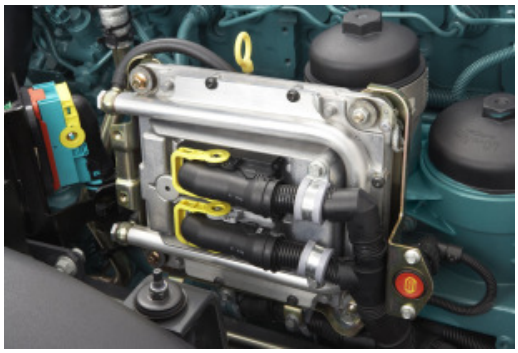


Figura 39: Aspecto exterior de uma ECU [Volvo]

Assim, nos veículos actuais, a comunicação de dados é efectuada através de um protocolo de comunicação designado por *Controller Area Network* (CAN), cujas principais características dizem respeito à quantidade de dados que consegue suportar e à rapidez de transferência, permitindo análise da informação e actuação em tempo real, o que constitui uma mais-valia por exemplo, no controlo do motor ou em equipamentos de segurança.

Figura 40: Esquema onde se incluem algumas ECU's: ABS, ASR e EDC, ligadas através da linha CAN [MAN]

Para além de gerir informação relacionada com a dinâmica do veículo, a linha CAN é também responsável pela gestão de elementos de conforto (ar condicionado), sistemas de comunicação, navegação, áudio e toda a vertente de diagnóstico dos componentes do veículo.

Alguns dos principais elementos de segurança dos veículos modernos só são possíveis devido à electrónica que os controla. É o exemplo de:

- ABS

O sistema anti-bloqueio das rodas está associado ao sistema de travagem e tem como função impedir que as rodas bloqueiem quando os travões são aplicados violentamente ou quando o veículo circula num piso com pouca aderência. Ao não bloquear as rodas o ABS vai permitir manter o controlo direccional do veículo possibilitando, por exemplo, ao condutor desviar-se de um obstáculo na via enquanto aplica os travões. O sistema ABS monitoriza a cada instante a rotação de cada roda usando sensores dedicados e alivia a pressão do circuito de travagem da(s) roda(s) que detecte quando estão bloqueadas.

- Controlo de tracção

Este sistema permite limitar o escorregamento das rodas aquando do arranque do veículo, especialmente importante em pisos de pouca aderência. O sistema de controlo usa os mesmos sensores do sistema ABS e trava as rodas que estejam a patinar até que estas recuperem a tracção. Simultaneamente actua sobre o motor reduzindo a potência para valores que seja possível transferir pelas rodas na actual situação de aderência.

- Controlo de estabilidade

Este sistema monitoriza em tempo real não só a rotação de cada roda mas também a inclinação do veículo e a aceleração. Tal como o controlo de tracção actua em cada roda separadamente de modo a estabilizar o veículo em situações de instabilidade (por exemplo ao descrever uma curva a velocidade excessiva).

Sugestões para o formador

É possível obter alguns dos componentes descritos junto de oficinas (baterias, motores de arranque, disjuntores, fusíveis) para que na aula possam ser apresentados aos formandos.

É recomendado o recurso a animações disponíveis nas páginas de internet incluídas na bibliografia para ilustrar o funcionamento de alguns dos sistemas descritos.

Sites de interesse

http://en.wikipedia.org/wiki/Controller_area_network
http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_de_arranque

M2.4 Utilização de motor/transmissão/travões como elementos de segurança

Objectivos Gerais	Objectivos Específicos	Duração recomendada
• Compreender o uso dos diferentes componentes para melhorar a segurança do veículo	• Perceber como a utilização do conjunto motor, transmissão e travões permite melhorar a segurança do veículo em diferentes condições de circulação	2 horas 2 horas[9]

Nos capítulos anteriores foi apresentada uma perspectiva do funcionamento do motor, da transmissão e dos travões e sistemas de *retarder*. Como foi referido, de uma forma ou de outra, todos estes componentes actuam sobre as rodas, condicionando a circulação do veículo.

Através da transmissão, sempre que o veículo está engatado, existe uma ligação entre as rodas e o motor. Quando o condutor actua o acelerador, para manter a velocidade ou acelerar, o motor actua sobre as rodas, fornecendo movimento ao veículo. No entanto, sem o acelerador actuado, o motor é actuado pelas rodas. Por exemplo, em subidas, sem acelerador, o motor baixa a rotação e em descidas acentuadas tende a aumentar a rotação.

Numa descida é possível aproveitar a inércia do veículo e tirar partido da gravidade para ganhar velocidade sem acréscimo de consumo de combustível, mas se for utilizada uma mudança relativamente baixa limita-se a velocidade das rodas, utilizando o motor como travão (não confundir com o *retarder* motor), permitindo circular em segurança, com o veículo dominado.

No caso de trajectos em que é recorrente o uso dos travões, por exemplo numa estrada acidentada de montanha, existe um aquecimento dos elementos de travagens sujeitos a fricção, tal como foi referido. O uso do motor como travão, complementando o travão de serviço com uma mudança baixa, ajuda a diminuir a fadiga do sistema de travagem. No caso do veículo estar equipado com *retarder*, a sua utilização é recomendada, podendo ser utilizado sozinho, para abrandar o veículo ou como complemento do travão de serviço.

[9] considerando que serão ainda abrangidos os temas apresentados no Módulo 3 - Conteúdos Adicionais

Em caso de falha do sistema de travagem, a utilização do *retarder*, se existente, ou a utilização da caixa de velocidades, podem ajudar a reduzir a velocidade do veículo. Se o veículo tiver circuito de travagem hidráulico, onde o travão de parque é actuado por cabos e tirantes, a sua utilização cuidadosa e gradual, sempre apoiada pela caixa de velocidades pode ser também uma solução. Nos veículos em que o travão de parque é pneumático esta prática não pode ser efectuada devido à reacção brusca do sistema pneumático.

Módulo 3 - Conteúdos adicionais

M3.1 Controlo de Emissões

Objectivos Gerais	Objectivos Específicos	Duração recomendada
• Perceber quais os principais poluentes atmosféricos associados à utilização de motores Diesel e quais as técnicas disponíveis para reduzir as emissões	• Identificar os principais poluentes atmosféricos • Associar a emissão de poluentes ao comportamento do condutor • Conhecer quais as tecnologias utilizadas, localização de componentes e acção sobre poluentes	2 horas

M3.1.1 Importância e principais poluentes

A combustão é uma reacção química entre combustível e um oxidante (no caso de um motor é o oxigénio presente no ar). Como resultado dos processos de combustão que ocorrem no interior do motor certos compostos químicos são gerados, tendo efeitos nefastos tanto na saúde humana como no ambiente. São exemplos desses compostos Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO_2), Partículas (PM), Óxidos de Azoto (NO_x) e Hidrocarbonetos não queimados (HC).

Nos motores Diesel, para além da inevitável emissão de CO_2, directamente proporcional ao consumo de combustível, as emissões mais características destes motores são partículas e NO_x, que serão alvo de uma análise mais detalhada neste capítulo, embora também ocorra emissão de CO e HC mas em quantidades significativamente mais baixas.

As partículas são constituídas por carbono, com diâmetros da ordem das milésimas de milímetro. Ao serem inaladas, as de maiores dimensões (superiores a 10 μm) são naturalmente expelidas pelo organismo, mas as de pequenas dimensões podem instalar-se nos pulmões e causar problemas respiratórios. São ainda um meio de transporte para a inalação de hidrocarbonetos alguns com efeitos tóxicos e cancerígenos. No entanto, a maior questão associada aos HC é a sua participação na formação de ozono e na formação de outras partículas (na sua maioria de muito pequena dimensão) indesejáveis na atmosfera.

Os óxidos de azoto designam um conjunto de compostos formados a partir do azoto (NO_x). Porém, os principais poluentes desta categoria são o óxido nítrico (NO) e o dióxido de azoto (NO_2), que através de diversas reacções químicas podem formar ozono troposférico – *smog* – (quando combinados com HC), chuva ácida (combinado com dióxido de enxofre, SO_2), partículas, compostos químicos tóxicos, entre outros.

A emissão de partículas e de NO_x depende do regime de funcionamento do motor, existindo uma relação entre a emissão destes poluentes, a carga e a rotação do motor. Ao incrementar a carga, aumenta a quantidade de combustível presente na câmara de combustão e consequentemente a emissão destes poluentes.

Para além do aumento da carga, o aumento da velocidade de rotação do motor também condiciona a emissão destes dois poluentes, pois ao promover elevadas velocidades de rotação, o tempo disponível para que as reacções químicas ocorram na câmara de combustão diminui, dando origem à formação de partículas e a um aumento acentuado das emissões de NO_x.

O problema dos poluentes dos veículos é conhecido há muito tempo, e um dos modos que foi usado para limitar a sua emissão foi através da introdução das normas Euro a partir de 1992. As normas Euro representam um conjunto de regulamentos que determinam qual a emissão máxima de poluentes de um veículo quando este percorre um determinado ciclo de velocidades. As normas Euro têm vindo a ser actualizadas ao longo do tempo sendo cada vez mais restritas na emissão de poluentes admitida. O modo de reduzir a emissão de poluentes assenta essencialmente na tecnologia dos motores dos veículos, não só através da gestão do próprio motor mas também usando elementos dedicados para o efeito. As normas Euro 5 forçaram à adopção por parte dos construtores de tecnologias dedicadas para eliminar partículas e NO_x, como são o caso dos filtros de partículas e dos catalisadores de tipo SCR (Redução Catalítica Selectiva).

M3.1.2 Estratégias para a redução de poluentes

M3.1.2.1 <u>Recirculação de gases de escape (EGR)</u>

Uma das estratégias para reduzir a formação de NO_x é a utilização da recirculação de gases de escape (EGR – *Exhaust Gas Recirculation*).

Este processo consiste, essencialmente, na reintrodução de parte dos gases de escape na câmara de combustão. O processo é controlado pelo uso de uma válvula que define qual a

parcela de gás de escape que é reintroduzida na câmara de combustão e encontra-se junto ao motor, tal como ilustra a figura seguinte.

Figura 41: Conduta de retorno de gases de escape (a vermelho) montada antes do turbo compressor [Volvo]

A introdução de gás de escape na câmara de combustão permite reduzir a quantidade de ar/oxigénio disponível e limitar assim a formação de NO_x, especialmente em situações de carga parcial quando o motor opera com muito excesso de ar. Desta forma, a gestão electrónica do motor redirecciona maior ou menor quantidade de gases de escape de modo a que estes se misturem com ar fresco durante o tempo de admissão.

M3.1.2.2 <u>Conversores Catalíticos</u>

O catalisador encontra-se na linha de escape, e a sua função é converter alguns dos poluentes provenientes do motor em compostos químicos benignos. Os catalisadores podem ser de duas vias (monóxido de carbono, hidrocarbonetos não queimados) ou três vias (monóxido de carbono, hidrocarbonetos não queimados e óxidos de azoto) para veículos a gasolina ou de oxidação (monóxido de carbono, hidrocarbonetos não queimados) para motores Diesel.

Os catalisadores são desenhados de forma a promoverem elevadas taxas de conversão de poluentes, procurando ter uma área de contacto elevada, para promover a interacção entre os elementos químicos presentes no catalisador e os gases de escape.

Deste modo, o monóxido de carbono terá tendência a ser convertido em CO_2, assim como se promoverá a oxidação de hidrocarbonetos em água e CO_2.

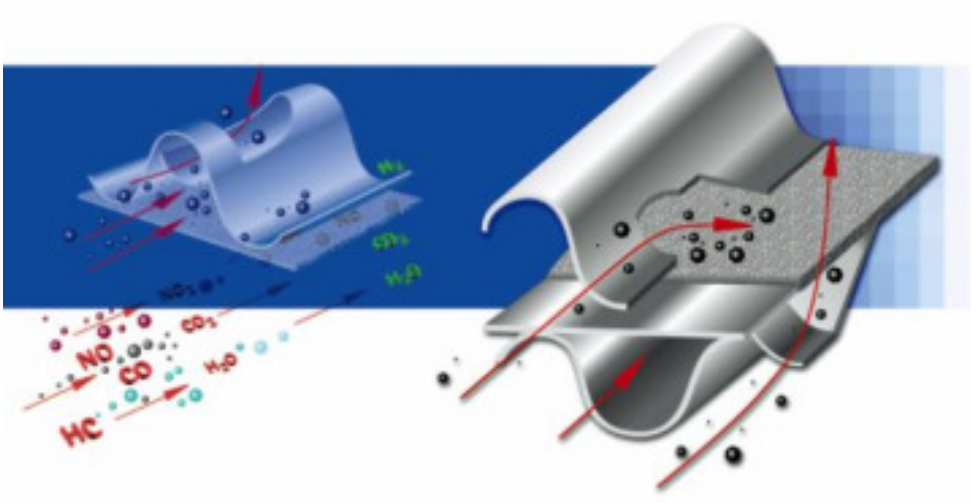


Figura 42: Exemplo da estrutura interna de um conversor catalítico [MAN]

Um catalisador em mau estado de conservação não só perde as suas capacidades como pode contribuir para o mau funcionamento do motor.

M3.1.2.3 <u>Filtros de Partículas</u>

Os filtros de partículas, tal como os catalisadores, são inseridos na linha de escape e têm como objectivo reter as partículas em suspensão presentes nos gases de escape, De acordo com o seu funcionamento e período de vida útil podem definir-se dois tipos de filtros: não-regenerativos e regenerativos.

Os filtros não regenerativos têm um período de vida útil limitado, devendo ser substituídos após determinados períodos de utilização, determinados pelo fabricante. Apresentam uma estrutura interna em forma de favo de abelha onde se acumulam as partículas provenientes da combustão dentro do motor. Quando o filtro se encontra cheio necessita de ser substituído, um pouco à semelhança do filtro do ar.

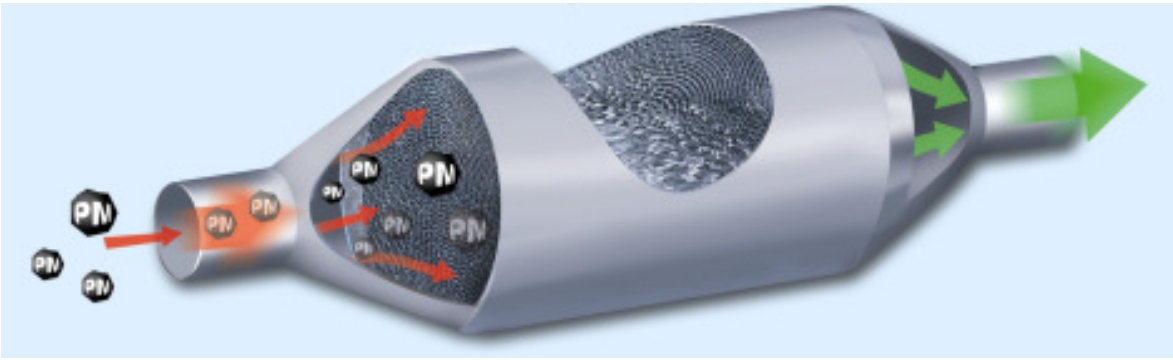


Figura 43: Filtro de partículas regenerativo [MAN]

Enquanto os filtros não regenerativos são comuns em aplicações *after-market*, quando instalados de origem normalmente opta-se por filtros regenerativos que necessitam de uma menor manutenção e que têm uma duração igual ao tempo de vida do veículo. A estrutura interna é semelhante à do filtro não regenerativo, contudo a limpeza automática do filtro implica diferenças operacionais. A regeneração do filtro ocorre quando a diferença de pressão entre a entrada e saída do filtro supera um determinado valor. Nestas circunstâncias é injectada uma quantidade adicional de combustível durante o tempo de escape para promover a queima das partículas no filtro.

M3.1.2.4 Catalisador selectivo (SCR)

Ao longo da linha de escape podem encontrar-se ainda catalisadores de redução selectivos (SCR[10]), cujo objectivo é transformar o NO_x em compostos não prejudiciais, nomeadamente azoto e vapor de água, constituintes da atmosfera.

Em veículos mais modernos (Euro 5) é comum a presença deste catalisador, pelo que para o seu funcionamento é utilizada uma solução aquosa de ureia, acrescentada aos gases de escape. Este líquido encontra-se armazenado num reservatório próprio sendo necessário o seu abastecimento periódico. A Figura 44 apresenta um esquema de funcionamento deste tipo de catalisador.

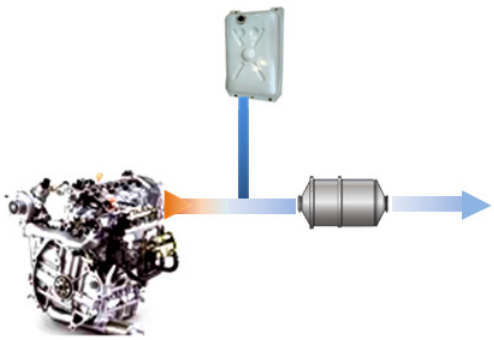


Figura 44: Localização dos principais componentes do catalisador selectivo

[10] do inglês *Selective Catalytic Reduction*

Figura 45: Reservatório da solução de ureia [Volvo]

Sugestões para o formador

Este capítulo não consta no conteúdo programático definido no ponto 2.1.1 do Anexo I do DL 126/2009.

É possível obter alguns dos componentes descritos junto de oficinas (catalisadores, filtros) para que na aula possam ser apresentados aos formandos.

Sites de interesse

http://auto.howstuffworks.com/catalytic-converter3.htm
http://www.pirelliecotechnology.com/web/products/feelpure/usage/default.page

M3.2 Direcção

Objectivos Gerais	Objectivos Específicos	Duração recomendada
• Perceber o funcionamento dos diferentes tipos de direcção	• Conhecer os principais componentes e tipos de sistemas de direcção • Perceber o funcionamento dos sistemas de assistência à direcção	2 horas

O objectivo da direcção consiste em fornecer um determinado ângulo às rodas de modo a orientar o veículo no sentido de seguir um determinado percurso.

O condutor tem acção sobre o volante, transmitindo o movimento de rotação à coluna de direcção. A coluna de direcção encontra-se ligada a um elemento que transforma o movimento de rotação do volante em movimento linear para as rodas. Esse elemento designa-se por caixa de direcção, existindo dois esquemas diferentes mais comuns: pinhão e cremalheira ou esferas recirculantes.

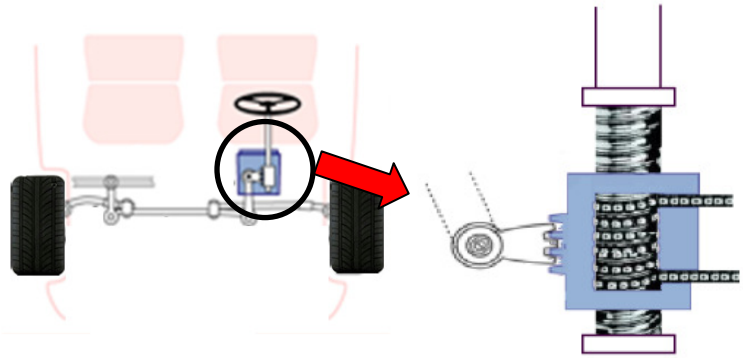


Figura 46: Esquema do funcionamento da direcção desde a acção no volante até ao efeito nas rodas, com os principais componentes (esq.). Pormenor do sistema de esferas recirculantes (dir.)

Na figura anterior é apresentado um esquema da direcção por esferas recirculantes. Esta é constituída por um elemento (a azul na imagem da direita) que possui uma cavidade interna roscada e uma engrenagem exterior. Na cavidade interna encaixa uma engrenagem sem-fim e que constitui a zona final da coluna de direcção. Entre a cavidade roscada e o sem-fim circulam várias esferas cujo objectivo é reduzir o desgaste e garantir o contacto

permanente entre a engrenagem e a cavidade, evitando que em viragens bruscas se perca momentaneamente a direcção.

Uma vez que a coluna de direcção é fixa, apenas roda, a cremalheira de esferas desloca-se longitudinalmente, accionando a engrenagem exterior e, consequentemente, os braços e tirantes que constituem todo o mecanismo de direcção e que permitem que o movimento angular das rodas.

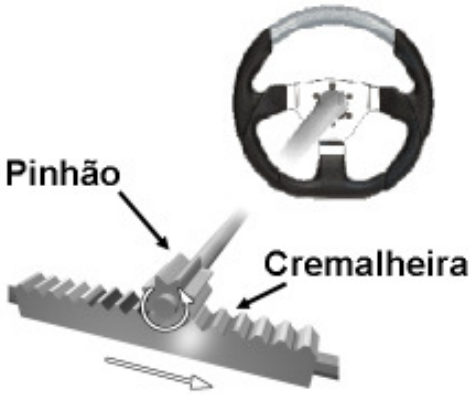


Figura 47: Esquema do sistema de direcção por pinhão e cremalheira. A roda dentada designa-se por pinhão e a sua rotação provoca o deslocamento da cremalheira

A direcção por pinhão e cremalheira é utilizada de forma generalizada nos veículos ligeiros, mas também é comum em alguns veículos pesados. Nesta configuração a coluna de direcção comunica com um sistema de engrenagem do tipo pinhão (roda dentada a amarelo) e cremalheira (a azul). O pinhão é fixo possuindo apenas movimento de rotação e a cremalheira desloca-se consoante o movimento do pinhão. Os braços de direcção ligam a cremalheira às rodas, permitindo o seu movimento angular.

Normalmente os veículos estão equipados com sistemas de apoio – direcção assistida – cujo objectivo é apoiar o condutor quando este actua sobre o volante.

Figura 48: Esquema exemplificativo dos componentes que compõem o sistema de assistência da direcção

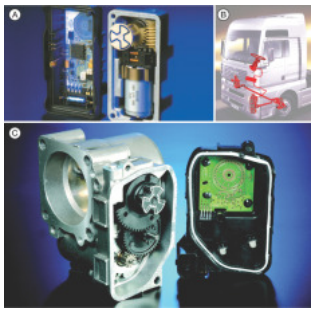


Figura 49: Pormenor do sensor de direcção que detecta a rotação do volante e actua sobre os componentes de assistência à direcção [MAN]

Desta forma, existe um circuito hidráulico composto por uma bomba – cuja energia provém do motor de combustão interna –, cilindros e válvulas de controlo do sistema.

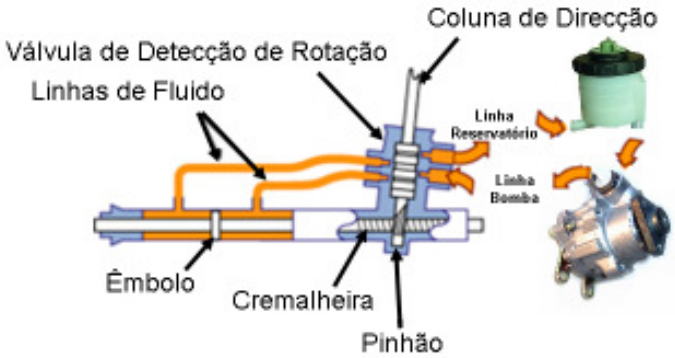


Figura 50: Esquema do funcionamento da direcção por pinhão e cremalheira, assistida hidraulicamente

A direcção assistida só deverá actuar quando ocorre rotação no volante. Assim, existe um elemento – barra de torção – cujo objectivo é detectar o movimento do volante,

nomeadamente a sua intensidade, de modo a transmitir informação à válvula de controlo. A válvula de controlo tem uma acção proporcional sobre a bomba que comprime o fluído – geralmente óleo – com a finalidade de actuar um cilindro bidireccional. Através do cilindro bidireccional, o circuito hidráulico cria uma força complementar ao movimento do volante por parte do condutor, facilitando a condução.

Nalguns veículos pesados a direcção é totalmente hidráulica, sendo o movimento transmitido somente por actuadores hidráulicos, não existindo quaisquer engrenagens ou ligações mecânicas entre a coluna de direcção e as rodas.

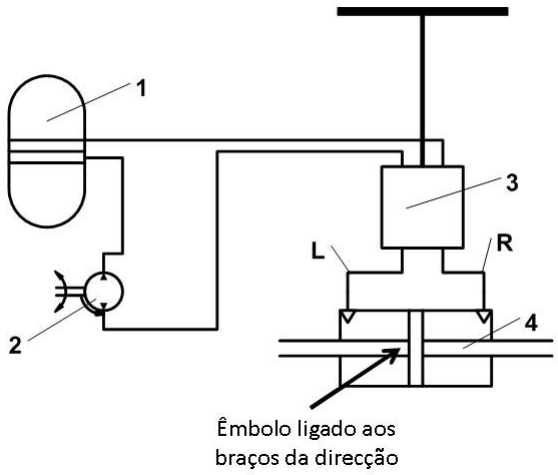


Figura 51: Esquema de direcção assistida hidráulica utilizada em veículos pesados. O deslocamento do êmbolo devido ao fluído permite mudar o ângulo das rodas

Desta forma, o sistema é composto por um reservatório de óleo (1), bomba (2), uma unidade de controlo (ECU, 3) de modo a detectar a rotação do volante e a gerir os circuitos de entrada e de retorno e um cilindro hidráulico (4). Através do deslocamento do cilindro, dependente da diferença de pressão entre as suas faces, é fornecido movimento angular às rodas. A diferença de pressão no interior do cilindro é conseguida através da gestão das linhas L e R da figura que podem ser de enchimento ou de retorno. Assim, se L estiver a injectar óleo no cilindro, R é uma linha de retorno e vice-versa.

Sugestões para o formador

Este capítulo não consta no conteúdo programático definido no ponto 2.1.1 do Anexo I do DL 126/2009.

É possível obter alguns dos componentes descritos junto de oficinas (veios, rodas dentadas) para que na aula possam ser apresentados aos formandos.

O uso de jogos de construção (lego, meccano, etc.) permite demonstrar alguns dos conceitos transmitidos (diferencial, relação de transmissão).

É recomendado o recurso a animações disponíveis nas páginas de internet incluídas na bibliografia para ilustrar o funcionamento de alguns dos sistemas descritos.

Sites de interesse

http://auto.howstuffworks.com/steering.htm

M3.3 Suspensão

Objectivos Gerais	Objectivos Específicos	Duração recomendada
• Perceber o funcionamento dos principais tipos de suspensão	• Identificar os diferentes tipos de suspensão convencional e pneumática e os seus principais elementos	1 hora

A suspensão é um elemento de segurança e conforto, cujo objectivo é garantir o contacto entre as rodas e o solo ao mesmo tempo que filtra as vibrações e impactos da estrada.
Em veículos pesados encontram-se normalmente dois tipos de suspensão: pneumática e de molas.

Figura 52: Esquema do aspecto geral da suspensão constituída por molas semi-elípticas

A suspensão de molas é constituída por uma ou mais folhas, dependendo da carga transportada pelo veículo. A sua utilização é vantajosa devido à simplicidade, baixa necessidade de manutenção, peso reduzido e também por ser relativamente compacta.

Figura 53: Suspensão pneumática. O efeito de mola deve-se à utilização de ar comprimido dentro do invólucro a negro na figura [Voith]

A suspensão pneumática utiliza ar comprimido para substituir as molas metálicas. Esta configuração permite um conforto superior ao da suspensão de molas e pode ainda ser utilizada para ajustar a altura do veículo quando este está parado.

Outro elemento fundamental da suspensão é o amortecedor. Este tem como objectivo minimizar as oscilações da carroçaria, limitando a velocidade do movimento relativo entre as rodas e a estrutura do veículo.

O amortecedor pode estar separado da suspensão pneumática ou colocado dentro desta.

A imagem seguinte representa a utilização de suspensão pneumática (elemento cilíndrico a cinzento), com amortecedor separado e ainda o pormenor do disco de travão.

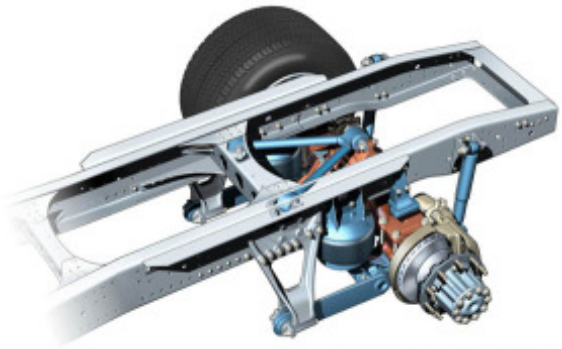


Figura 54: Aspecto geral da suspensão completa num veículo pesado. Notar do lado esquerdo do disco de travão a presença da mola pneumática e do lado direito o amortecedor [IMTT]

Sugestões para o formador

Este capítulo não consta no conteúdo programático definido no ponto 2.1.1 do Anexo I do DL 126/2009.

É possível obter alguns dos componentes descritos junto de oficinas (amortecedores, molas) para que na aula possam ser apresentados aos formandos.

O uso de jogos de construção (lego, meccano, etc.) permite demonstrar alguns dos conceitos transmitidos (diferencial, relação de transmissão).

É recomendado o recurso a animações disponíveis nas páginas de internet incluídas na bibliografia para ilustrar o funcionamento de alguns dos sistemas descritos.

Sites de interesse

http://auto.howstuffworks.com/car-suspension.htm

Glossário

B

Banda verde - Esquema de cores presente em alguns conta-rotações. que indica qual a faixa óptima de utilização do motor.

C

Carga do motor – Relação entre o Binário fornecido numa determinada situação de condução e o Binário máximo a cada rotação.

Consumo específico – Corresponde ao quociente entre consumo de combustível e a Potência fornecida. Tem como unidade g/kWh (grama/ kiloWatt.hora).

E

Eixo motriz –Eixo que está ligado ao motor através da cadeia cinemática.

Engrenagem sem-fim – Constituída por um parafuso roscado que roda em torno do seu eixo e permite o movimento da engrenagem associada.

Estator – É a componente estacionária de um elemento mecânico, que complementa o rotor, envolvendo-o.

I

Intercooler – Permutador de calor semelhante ao radiador, que tem como função arrefecer o ar quente comprimido, antes deste ser admitido no motor.

O

Oxidante – No motor, trata-se de ar, que reage com o combustível, libertando energia.

P

Ponto Morto Inferior (BDC) – Ponto que corresponde ao volume máximo da câmara de combustão.

Ponto Morto Superior (TDC) – Ponto que corresponde ao volume mínimo da câmara de combustão.

R

Recirculação de Gases de Escape (EGR) – Técnica que consiste em reintroduzir os gases de escape do ciclo anterior no ciclo actual de modo a diminuir as emissões de NO_x.

Rotor – Elemento com movimento rotacional. Trata-se da componente não estacionária de um elemento mecânico.

S

SCR – Corresponde ao catalisador selectivo que actua apenas sobre poluentes específicos, neste caso, NO_x.

T

Termóstato – Sensor de monitorização da temperatura. Tem como função manter o líquido refrigerante a uma temperatura predeterminada.

Tirante – Elemento rígido que puxa ou empurra componentes adjacentes.

U

Unidade Electrónica de Controlo (ECU) – Módulo com capacidade de interpretação da informação de sensores e actuação sobre componentes.

V

Veio de entrada – Terminologia associada à transmissão. Nas transmissões manuais, normalmente designa-se por veio primário.

Veio motor – Veio de saída do motor para a transmissão. Roda à velocidade de rotação do motor com o binário fornecido pelo motor.

Acrónimos

ABS *Antilock Braking System* (Sistema de Travagem Anti-bloqueio)

ASR *Anti Slip Regulator* (Regulador Anti-escorregamento)

CAN *Controller Área Network*

CO Monóxido de Carbono

CO_2 Dióxido de Carbono

cv Cavalo (unidade de potência)

ECU *Electronic Control Unit*

EDC *Electronic Diesel Control* (Controlo Electrónico da injecção de Diesel)

HC Hidrocarbonetos

l Curso do êmbolo

LSD *Limited Slip Differential* (Diferencial de Escorregamento Limitado)

Nm Newton.metro (principal unidade de Binário)

NO_x Óxidos de Azoto

PM *Particulate Matter* (Partículas)

r Raio da cambota

Rc Razão de compressão

RPM Rotações Por Minuto (unidade associada à rotação do motor)

SCR *Selective Catalytic Reduction* (Catalisador Selectivo)

Vm Volume mínimo (ou residual) da câmara de combustão

Vv Volume varrido pelo êmbolo desde o PMI ao PMS

W Watt (unidade de potência)

Bibliografia

[1] Chollet H. M. (1996). Mecânicos de Automóveis – O motor e os seus acessórios, Hemus Editora Limitada.

[2] Mendes-Lopes J. M. Motores de Combustão Interna – uma abordagem termodinâmica, AEIST.

[3] Heywood J. B. (1988). Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill Book Company.

[4] BOSCH Automotive Handbook.

Sites de interesse

http://auto.howstuffworks.com/engine.htm

http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_a_diesel

http://auto.howstuffworks.com/diesel.htm

http://www.descobrirpeugeot.com/content/view/177/182/

http://www.pirelliecotechnology.com/web/products/feelpure/usage/default.page

http://en.wikipedia.org/wiki/AdBlue

http://auto.howstuffworks.com/transmission.htm

http://auto.howstuffworks.com/automatic-transmission.htm

http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/towing/towing-capacity/information/torque-converter.htm

http://auto.howstuffworks.com/differential.htm

http://en.wikipedia.org/wiki/Differential_(mechanical_device)

http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/disc-brake.htm

http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/drum-brake.htm

http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/brake4.htm

http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/master-brake.htm

http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/air-brake.htm

http://www.voithturbo.com/retarder_e.htm

http://auto.howstuffworks.com/steering.htm

http://auto.howstuffworks.com/car-suspension.htm

http://en.wikipedia.org/wiki/Controller_area_network

http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_de_arranque