

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Eletrônica Automotiva

Felipe Nascimento da Silva
Matheus Anderson do Nascimento Nunes
Raphael Morgado Silva

APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA FÓRMULA 1 NOS
AUTOMÓVEIS DE PASSEIO

Santo André, SP

2023

Felipe Nascimento da Silva

Matheus Anderson do Nascimento Nunes

Raphael Morgado Silva

**APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA FÓRMULA 1 NOS
AUTOMÓVEIS DE PASSEIO**

Trabalho de conclusão de curso entregue a Fatec Santo André como requisito parcial para obtenção do título de Tecnologia em Eletrônica Automotiva.

Professor Orientador: Dirceu Lavoisier
Graci Fernandes

Santo André, SP

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

S586a

Silva, Felipe Nascimento

Aplicação das tecnologias da fórmula 1 nos automóveis de passeio / Felipe Nascimento Silva, Matheus Anderson do Nascimento Nunes, Raphael Morgado Silva - Santo André, 2023. – 89f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva 2023.

Orientador: Prof. Dirceu Lavoisier Graci Fernandes

1. Eletrônica. 2. Sistemas de freios. 3. Sistema de suspensão. 4. Sistema de direção. 5. Tecnologia. 6. Automóveis. 7. Motores a combustão. 8. Motores híbridos. 9. Fórmula 1. I. Nunes, Matheus Anderson do Nascimento. II. Silva, Raphael Morgado. III. Aplicação das tecnologias da fórmula 1 nos automóveis de passeio.

629.2

LISTA DE PRESENÇA

Santo André, 27 DE JUNHO DE 2023.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA:
“APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA FÓRMULA 1 NOS
AUTOMÓVEIS DE PASSEIO” DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE
DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

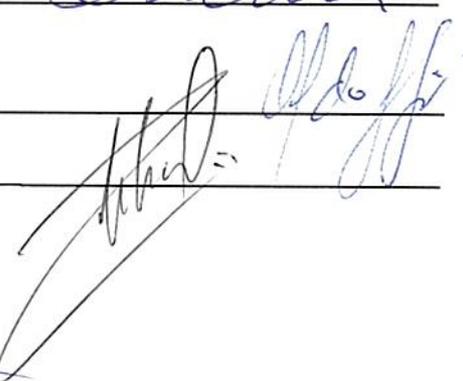
PROFº DIRCEU LAVOISIER G. FERNANDES



MEMBROS:

PROF. ORLANDO DE SALVO JUNIOR

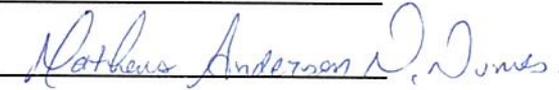
PROF. FERNANDO GARUP DALBO

**ALUNOS:**

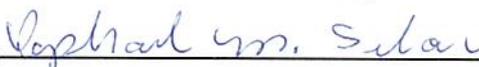
FELIPE NASCIMENTO DA SILVA



MATHEUS ANDERSON DO NASCIMENTO NUNES



RAPHAEL MORGADO SILVA



Dedicamos este trabalho primeiramente à Deus, depois a todos os envolvidos, desde alunos a professores, e todos aqueles que de alguma forma nos ajudaram e nos inspiraram. Ao professor Dirceu Lavoisier Graci Fernandes por dedicar seu tempo e nos fornece conhecimento e métodos ideais para a construção do trabalho e ao professor Fernando Garup por nos dar discernimento para a correta criação deste TCC.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer primeiramente a Deus por tudo que estamos vivendo durante esse trabalho de conclusão, As nossas famílias por todo apoio e ajuda para conseguirmos realizar esse objetivo e a instituição FATEC e aos docentes que nos ajuda diariamente repassando suas experiencias de vida e conteúdo acadêmico.

“Uma pessoa que nunca cometeu um erro, nunca tentou nada de novo”

Albert Einstein.

RESUMO

Neste trabalho iremos apresentar as tecnologias desenvolvidas na fórmula 1 que passam constantemente por evoluções importantes, tanto para a segurança dos ocupantes do veículo, quanto para eficiência do motor. Dentre elas podemos citar o sistema de freios, sistema de suspensão, sistema de direção, desenvolvimento e melhorias de carroceria afim de trazer benefícios na condução do motorista. Iremos mostrar um estudo de caso sobre aplicação e histórico de evolução do freio *KERS (Kinetic Energy Recovery Systems)* com objetivo de realizar um estudo de caso sobre aplicação das tecnologias da fórmula 1 nos automóveis de passeio, a fim de trazer credibilidade no estudo com informações relevantes e conceitos de desenvolvimento de sistemas que engrandeceu a história do automobilismo, estudo de evolução dos motores, sejam a combustão ou híbrido, estudo sobre combustível, sustentabilidade, economia e meio ambiente, vamos apresentar também os desempenhos de aerodinâmica veicular e o efeito asa conforme sua evolução com o passar dos anos, evoluções dos pneus, estudo de controle de tração, estudo das regras de controle de leis na competição, entre outros sistemas que a tecnologia nos proporciona atualmente.

Palavras Chaves: Fórmula 1, Tecnologias, inovações e motores.

ABSTRACT

In this work we will present the technologies developed in formula 1 that constantly undergo important evolutions, both for the safety of the vehicle's occupants and for the efficiency of the engine. Among them we can mention the brake system, suspension system, steering system, development, and bodywork improvements in order to bring benefits in the driver's driving. We will show a case study on the application and evolution history of the KERS brake (Kinetic Energy Recovery System) in order to carry out a case study on the application of formula 1 technologies in passenger cars, in order to bring confidence in the study with relevant information and systems development concepts that enhanced the history of motorsport, study of the evolution of engines, whether combustion or hybrids, study on fuel, sustainability, economy and environment, we will also present the performances of vehicle aerodynamics and the effect wing according to its evolution over the years, tire evolutions, study of traction control, study of the rules of control of laws in competition, among other systems that technology currently provides us.

Keywords: F6rmula 1, Technologies, innovations and engines.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- EVOLUÇÃO DE MOTORES F1.....	20
FIGURA 2 - MOTOR V6 TURBO RENAULT	22
FIGURA 3 - COMPONENTES MOTOR HÍBRIDO 1.....	24
FIGURA 4 - VOLANTES F1 COM ALAVANCA DE MARCHA F1.....	26
FIGURA 5 - ADESIVO NET ZERO 2030	28
FIGURA 6 - ABASTECIMENTO DE UM F1.....	29
FIGURA 7 - AERODINÂMICA DE UM CARRO FÓRMULA 1	31
FIGURA 8 - AEROFÓLIO DA FÓRMULA 1.....	32
FIGURA 9 - CARRO COM SAIS LATERAIS 1	35
FIGURA 10 - DISCO E PINÇA DE FREIO	37
FIGURA 11 - BOTÃO DE CONTROLE DE TRAÇÃO.....	38
FIGURA 12 - CLASSIFICAÇÃO DE PNEUS SECOS.....	42
FIGURA 13 - TIPOS DE CORES NA COMPETIÇÃO.....	43
FIGURA 14 - SISTEMA NO VEÍCULO	46
FIGURA 15- ONIX E ARGO	46
FIGURA 16 - COMPONENTES DO SISTEMA (KERS) EM UM FÓRMULA 1.....	49
FIGURA 17 - DFI CAVIDADE SOBRE O PISTÃO.....	56
FIGURA 18 - INJEÇÃO HOMOGÊNEA E ESTRATIFICADA	57
FIGURA 19 – SISTEMAS DE COMBUSTÃO DFI	58
FIGURA 20 - CAIXA DE TRANSMISSÃO DE UM F1.....	59
FIGURA 21- FUNCIONAMENTO DA EMBREAGEM AUTOMOTIVA..	61
FIGURA 22 - CÂMBIO SEMIAUTOMÁTICO	62
FIGURA 23 - TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA EM CORTE.....	64
FIGURA 24 - ANÁLISE DE COMPARATIVA DO DESEMPENHO DE DOIS PILOTOS	66
FIGURA 25 - EXPRESSÃO DE TENSÃO DE RUPTURA	73
FIGURA 26 - RELAÇÃO TAMANHO DA FALHA X TENSÃO DE ROTURA DE UM MATERIAL	74
FIGURA 27 - COMPARAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MATERIAIS METÁLICOS.....	75

FIGURA 28- PILARES DO GUARDA - LAMAS DIANTEIROS, CARREGADOS EM TENSÃO	76
FIGURA 29 - TIRANTE TRASEIRO - BARRA DE COMPRESSÃO	77
FIGURA 30 - TIRANTE TRASEIRO - BARRA DE COMPRESSÃO	77
FIGURA 31 - "PRÉ-IMPREGNADO".....	78
FIGURA 32 - CHASSIS ALVEOLAR DE ALUMÍNIO "CORTA E DOBRA" (FINAL DA DÉCADA DE 1970).	80
FIGURA 33 - O PRIMEIRO MCLAREN MP4/1 MONOCOQUE DE CARBONO (1980).	81
FIGURA 34 - 1º ACIDENTE GRAVE ENVOLVENDO COMPÓSITOS DE FIBRA DE CARBONO MCLAREN MP4/1	82
FIGURA 35 - COCKPIT MOLDADO ATS D6 (1983).	83
FIGURA 36 - SUSPENSÃO PRODUZIDA COM MATERIAIS COMPÓSITOS	84
FIGURA 37 - CAIXA DE VELOCIDADES EM MATERIAL COMPÓSITOS.....	80

LISTA DE SIGLAS

ABS.	Anti-lock Braking System
BEVs.	Battery Electric Vehicle
BNEF.	Bloomberg New Energy Finance
CA.	Corrente Alternada
CARB.	California Air Resources Board
CC.	Corrente Contínua
DC.	Direct Current
DFI.	Direct Fuel Injection.
DRS.	Drag Reduction System
E/p	Modulo específico.
FIA.	Federação Internacional de Automobilismo
GRP	Poliéster reforçado com fibra de vidro
KERS.	Kinetic Energy Recovery Systems
MGU-K.	Motor Generator Unit - Kinetic
MGU-H.	Motor Generator Unit – Heat
n/p	Resistencia
PRFV	Plástico com reforço de fibra de vidro
VE.	Veículo Elétrico

ZEV. Zero-Emission-Vehicle

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVO	17
1.2	MOTIVAÇÃO	18
2	METODOLOGIA.....	18
3	CONTEÚDO	18
3.1	EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA DA FÓRMULA 1	19
3.2	DO INÍCIO EM 1950 ATÉ OS DIAS DE HOJE	19
4	EVOLUÇÃO DOS MOTORES.....	19
4.1	ÍNICIO	20
4.2	LIMITAÇÕES	21
4.3	MOTORES TURBO.....	21
4.4	NOVAS REGRAS NA FÓRMULA 1	22
4.5	ARQUITETURA DOS VEÍCULOS HÍBRIDOS	22
4.6	TIPOS DE TRAÇÃO	23
4.7	TIPOS DE FUNCIONAMENTO	23
5	TECNOLOGIAS DESENVOLVIDAS E APLICADAS NA FÓRMULA	24
5.1	CÂMBIO BORBOLETA	25
5.2	BOTÃO START-STOP.....	26
5.3	SUSPENSÃO ATIVA	26
5.4	SISTEMAS DE FREIO A DISCO	27
6	COMBUSTÍVEIS, SUSTENTABILIDADE, ECONOMIA E MEIO AMBIENTE	27
6.1	INICIATIVA F1 NET ZERO 2030	27
6.2	COMBUSTÍVEL DA F1	28
6.3	COMBUSTÍVEIS DO FUTURO	29
6.4	ECONOMIA E SUSTENTABILIDADE	29
7	AERODINÂMICA	30

7.1	A AERODINÂMICA NA FÓRMULA 1.....	30
7.2	AEROFÓLIOS.....	31
7.3	A COMPETITIVIDADE.....	32
7.4	EFEITO ASA.....	33
7.5	EFEITO SOLO	33
7.6	OS RISCOS	35
8	SISTEMA DE FREIOS	36
9	ESTUDO DE CONTROLE DE TRAÇÃO, FUNCIONAMENTO E APLICAÇÃO.....	37
9.1	FUNCIONAMENTO.....	39
9.2	APLICAÇÃO	39
10	EVOLUÇÃO DE PNEUS	39
10.1	USO DOS PNEUS E COMPOSTOS DA CATEGORIA	40
10.2	TIPOS DE COMPOSTOS	40
10.3	PNEUS PARA PISTA SECA	41
10.4	PNEUS DE PISTA MOLHADA	42
10.5	CORES DE PNEUS	43
10.6	MEDIDAS DE PNEUS.....	43
10.7	TECNOLOGIA SOBRE PNEUS	44
10.8	APLICAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO AOS VEÍCULOS.....	45
11	ESTUDO SOBRE O SISTEMA DE FRENAGEM REGENERATIVA (KERS)	47
11.1	FRENAGEM REGENERATIVA	47
11.2	O CONCEITO DA ENERGIA CINÉTICA	47
11.3	VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA DE FREIOS KERS	49
12	HIBRIDIZAÇÃO.....	51

12.1	O DECLÍNIO	52
12.2	A ASCENSÃO	53
13	SISTEMA DE INJEÇÃO DIRETA.....	54
13.1	VISÃO GERAL DA TECNOLOGIA DE INJEÇÃO DIRETA.....	54
13.2	MODOS DE OPERAÇÃO (DFI)	55
13.3	SISTEMAS DE COMBUSTÃO INJEÇÃO DIRETA.....	57
13.4	O PROGRESSO DA TECNOLOGIA DE INJEÇÃO DIRETA ...	58
14	SISTEMAS DE TRANSMISSÕES.....	58
14.1	EMBREAGEM.....	60
14.2	CÂMBIO SEMIAUTOMÁTICO	62
14.3	TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA NOS VEÍCULOS DE RUA ...	63
15	SISTEMA DE TELEMETRIA	64
15.1	COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DE TELEMETRIA	67
15.2	UTILIZAÇÃO DA TELEMETRIA PELA FÓRMULA 1	68
15.3	TELEMETRIA AUXILIA NO DESEMPENHO DE PILOTOS.....	69
15.4	EVOLUÇÃO DA TELEMETRIA NA FÓRMULA 1	69
15.5	QUESTÕES SOBRE SUA UTILIZAÇÃO.....	70
16	TECNOLOGIAS SOBRE CARROCERIAS	72
16.1	MATERIAIS COMPÓSITOS	72
16.2	INÍCIO DO DESENVOLVIMENTO DOS MATERIAIS COMPÓSITOS NA FÓRMULA 1.....	78
17	CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
18	CONCLUSÃO.....	87
19	REFERÊNCIAS.....	88

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos a fórmula 1 vem sempre inovando e criando tecnologias para a melhoria dos sistemas dos carros afim de trazer melhor resultados no fim das corridas e buscando sempre a proteção de seus pilotos. Com base nisso o mundo automotivo se aproveita, de forma positiva, destas evoluções para usá-las também nos veículos de passeio, em alguns casos como itens de luxo e em outros como item obrigatório. O sistema de freios ABS, pneus de alta performance, injeção eletrônica e comando de válvula variável que foi um marco de evolução nos motores a combustão que geravam um aumento significativo de potência, auxiliando em ultrapassagens durante a corrida. Contudo, o tempo exigiu melhorias tanto de desempenho quanto segurança, devido a acontecimentos que chegaram até a ser fatais, e os obrigaram a obter melhorias para dar uma segurança maior aos seus pilotos. Sendo a aplicação de sistemas voltados ao aprimorando de motor e câmbio, carroceria, frenagem e controle tanto de tração quanto de estabilidade.

A aerodinâmica veicular também foi um item melhorado pois influenciava na dirigibilidade e estabilidade pois mantinha o veículo com uma aderência melhor com relação ao solo, evitando assim a decolagem ou descontrole do veículo. Nos dias atuais, devido aos altos índices de poluição foi preciso buscar meios que causassem menos danos ao meio ambiente. E em busca disso, foi inserida a hibridização nos veículos da fórmula, assim tendo um ótimo desempenho, chegando até a ser melhor que o desempenho dos motores à combustão, quanto tendo uma melhor relação com o meio ambiente estando de acordo com os órgãos ambientais e todas as leis que são criadas sobre poluição.

Falando sobre sustentabilidade, os veículos hoje em dia ganharam um novo conceito de construção de carroceria, sendo assim introduzido o carbono resultando na melhoria de peso-potência e na redução de danos se houverem colisões por exemplo. O sistema de transmissão do veículo vem ganhando upgrades na fórmula 1, já há muitos anos, como a mudança das transmissões manuais para transmissões automáticas. Que resultou numa melhoria de

tempo de reação dos motores por não ser necessário o acionamento da embreagem por pedal e a troca de marchas pela alavanca seletora. Após isso, buscando um tempo ainda melhor, foi introduzido o *paddle shift* e o volante multifuncional que trazia uma performance melhor ao condutor, pois não era necessário a troca pela alavanca seletora e nem retirar as mãos do volante para fazer contato com a equipe pelo rádio, por exemplo. Assim o condutor mantendo suas mãos ao volante por todo o tempo, sendo mais seguro, mais rápido e objetivo, por ter fácil acesso às borboletas por elas estarem localizadas atrás do volante, e os botões de controle localizados à frente dele. E buscando ainda mais melhorias, após muitos estudos chegaram na conclusão que um sistema com duas embreagens seita ainda mais eficiente tanto para tempo, quanto para durabilidade do motor e assim então foi criado o sistema de dupla embreagem, fazendo com que a transmissão tenha uma arrancada melhor, evitando patina mento da embreagem e o desgaste excessivo do conjunto.

A evolução nos levou a um novo caminho, que é o caminho da eletrificação. Buscando ainda mais a redução da poluição e melhor aproveitamento do que um motor pode nos proporcionar, foi introduzida a eletrificação. Neste “novo mundo” nós temos veículos totalmente elétricos, que até o momento não forma introduzidos na fórmula 1, mas sim tiveram uma categoria criada somente para carros elétricos, trata-se da fórmula E. E com base nessa introdução da eletrificação, foi criado o sistema de freio *KERS* (*Kinetic Energy Recovery Systems*), que aproveita a frenagem do veículo para gerar energia cinética e reutilizá-la quando é solicitada pelo motor, como em ultrapassagens e arrancadas. E em outros sistemas mais básicos, porém que fazem toda a diferença nos carros de passeio, como o retrovisor.

1.1 Objetivo

Com este trabalho, nós temos o objetivo de realizar um estudo de caso sobre aplicação das tecnologias da fórmula 1 nos automóveis de passeio. A fim de trazer credibilidade no estudo com informações relevantes e conceitos de desenvolvimento de sistemas que engrandeceu a história do automobilismo, mostraremos a aplicação que a indústria automotiva usa por meio de

referências que a fórmula 1 traz para as grandes indústrias. Nosso estudo é informativo com o intuito de agregar conhecimento ao leitor.

1.2 Motivação

Nosso trabalho tem o intuito de agregar conhecimento sobre os sistemas de tecnologias da fórmula 1 que estão sendo aplicadas nos veículos de passeio, A fórmula 1 é um grande canal de conhecimento e desenvolvimento de tecnologias, com isso nos motiva a mostrar cada detalhe que as companhias de fórmula 1 usam para melhoria dos veículos para que possam obter o melhor resultado possível, e nos motiva para realizar o melhor estudo possível.

2 METODOLOGIA

O conteúdo deste trabalho será dividido nas seguintes partes:

- Evolução tecnológica da fórmula 1
- Evolução de Motores na Fórmula 1 (Combustão e Híbrido);
- Tecnologias aplicadas e desenvolvidas na F1 e introdução das montadoras nos veículos de passeio;
- Combustíveis, sustentabilidade, economia e meio ambiente;
- Aerodinâmica veicular, efeito ASA, efeito SOLO aerofólio dos veículos F1;
- Estudo de controle de tração, funcionamento e aplicação;
- Evolução de pneus;
- Estudo sobre o freio KERS;
- Hibridização;
- Sistema de telemetria;
- Sistemas de transmissões;
- Tecnologias sobre carrocerias;

3 CONTEÚDO

Este trabalho se dividirá inicialmente da seguinte forma: No capítulo 2 introduziremos as evoluções da fórmula 1; No capítulo 3 falaremos sobre motores tanto híbridos quanto a combustão; No capítulo 4 sobre as tecnologias aplicadas e desenvolvidas na F1; No capítulo 5 sobre os Combustíveis e Sustentabilidade; No capítulo 6 sobre Aerodinâmica Veicular; No capítulo 7 sobre a Suspensão ativa; No capítulo 8 traremos um estudo sobre controle de tração e evolução de pneus; No capítulo 9 abordaremos um estudo sobre freio KERS, hibridização e sistemas de freios; No capítulo 10 iremos falar sobre sistemas de telemetria; No capítulo 11 sobre transmissões; E por fim, no capítulo 12 iremos finalizar com um estudo sobre fenômenos de materiais e tecnologias de carroceria.

3.1 Evolução da tecnologia da Fórmula 1

A fórmula 1 é um esporte que tem evoluído constantemente e a tecnologia é uma peça essencial para essa evolução. Desde o seu início, vimos diversas modificações tanto em como os carros de corrida são construídos, mas também em como são pilotados, isso tudo graças as novas tecnologias que são criadas.

3.2 Do início em 1950 até os dias de hoje

Em 1950 foi quando a fórmula 1 teve seu início, e desde então tivemos muitas melhorias e evoluções em todos os sistemas do carro. As tecnologias, como meios de comunicação, desempenho e segurança dos pilotos são cada vez mais importantes e necessárias, portanto, recebem uma atenção maior e passam por processos que as fazem extremamente melhores do que anteriormente. Tivemos evoluções que partem de motores, as suspensões e a aerodinâmica. (STAND VIRTUAL, 2023).

4 EVOLUÇÃO DOS MOTORES

Os motores utilizados na fórmula 1 muito provavelmente, são os motores mais avançados e utilizados do mundo, pois estão constantemente evoluindo

como já mencionamos acima, e essas evoluções são possíveis também por não haver uma grande preocupação com os gastos que estas pesquisas e desenvolvimento geram, contanto que tenham benefícios naquilo que a fórmula 1 mais busca melhorar, a diminuição no tempo final, sejam por milésimos de segundos, mas que tragam um resultado positivo a todos. E é a partir disso que são testadas tais tecnologias em carros de produção em série e é comprovada que tais melhorias também servirão para os carros de passeio. (STAND VIRTUAL, 2023).

Na Figura 1 podemos identificar a evolução dos motores da fórmula 1 de acordo com as mudanças das regras da competição.

Figura 1- Evolução de motores F1

1967 Cosworth DFV 	450HP, 11.250rpm, 145kg
1994 Cosworth ZetecR 	740HP, 13.800rpm, 135kg
2006 Cosworth CA2006 	~750HP, 20.000rpm, 95kg

Fonte: <http://pucmotors.blogspot.com> (2023)

4.1 ÍNICIO

No início da fórmula 1 não existiam muitas regras no diz respeito ao motor do carro de corrida. As regras eram bem básicas: um motor tinha que ser naturalmente aspirado ou então ser atmosférico e só era permitido ter uma capacidade de até 4.5 litros. No caso do uso de um sistema de sobrealimentação, como o turbo, a capacidade era bem menor, chegando a 1,5 litros. Porém a configuração do motor era escolhida de acordo com a preferência da equipe de corrida. Se era um V8, 6 cilindros em linha com qualquer outra configuração, eles mesmos decidiam. A potência gira em torno dos 400 cavalos. (STAND VIRTUAL, 2023).

4.2 Limitações

Em 1951, a fórmula 1 introduziu suas primeiras regras mais rígidas. A capacidade dos motores limitada aos 2,5 litros e abolindo totalmente a sobrealimentação, como o turbo mencionado anteriormente. Com estas mudanças a potência dos carros caiu para algo em torno de 300 cavalos e as equipes foram obrigadas a encontrarem outras formas que fossem capazes de melhorar o desempenho e resultado dos veículos. Apelando para aerodinâmica, para motores com mais cilindros como V12, V16, porém não podiam passar dos 2,5 litros do motor, recorreram até à distribuição de peso como realocarem o motor de posição, sendo ele central ou dianteiro, melhorando até a utilização dos pneus, tudo isso buscando um melhor resultado. (STAND VIRTUAL, 2023).

4.3 Motores turbo

Em meados dos anos 70 a Renault surpreendeu a todos vindo com um motor V6 turbo de 1,6 litros, e com esse motor ela conquistou diversas corridas no fim desta década. Assim servindo de inspiração para todas as outras equipes que aderiram o turbo como sobrealimentação dos motores da fórmula 1 por quase duas décadas. E no fim dos anos 80 a organização fez com que os motores turbos fossem retirados novamente assim voltando para os motores atmosféricos e tendo que desenvolvê-los num curto espaço de tempo. Agora tendo uma capacidade máxima de 3,5 litros, eles tiveram que buscar os melhores meios para ter uma potência melhor. Buscaram regimes de funcionamento mais elevados e assim tiveram que desenvolver sistemas melhores de abertura de válvulas que fossem capazes de realizar estes novos regimes de funcionamento. Nós temos a Figura 2 que demonstra o motor turbo no carro da Renault. (STAND VIRTUAL, 2023).

Figura 2 - Motor V6 turbo renault



Fonte: <http://autoetecnica.band.uol.com.br>, (2023)

4.4 Novas regras na fórmula 1

Com a entrada de um novo milênio, novas regras foram criadas e refeitas em busca do melhor caminho e que atendesse a todos os requisitos e assim todas as equipes passaram a ter motores V10 com uma potência de cerca de 900 cavalos, parecido com o V12 usado antigamente. Assim a fiabilidade era maior e o consumo de combustível era reduzido. Em 2009, foi introduzido o sistema KERS dando início a era da eletrificação. O sistema KERS era capaz de armazenar energia durante a frenagem do carro e reutilizá-la durante acelerações de cerca de 6 segundos por volta, gerando em torno de 80 cavalos de potência. Cinco anos depois a eletrificação deu às caras de novo modificando os regulamentos, agora os motores tendo que serem desenvolvidos tendo 6 cilindros em “V” e 1,6 litros usado até hoje, porém agora numa configuração híbrida que é mais eficiente e tem uma potência bem mais elevada que antes. (CIENCIA TODO DIA, 2020).

4.5 Arquitetura dos veículos híbridos

Híbrido puro: é o tipo de veículo no qual o seu deslocamento é feito de forma prioritária por um motor a combustão, sendo que o acionamento do motor elétrico ocorre para dar suporte ao motor a combustão o que traz maior

rendimento e menor consumo de combustível. E, também seu sistema de baterias pode ser recarregado por seu sistema de freios regenerativos;

Híbrido plug-in: é um sistema muito parecido ao sistema puro, porém sua diferença se dá pelo fato de o híbrido plug-in possuir a opção de recarga de baterias por meio de plugue ou postos de recarga, e suas baterias não são recarregadas por freios regenerativos;

Híbrido de longo alcance: é o veículo no qual o motor elétrico é o principal propulsor e o motor combustão é utilizada apenas para gerar energia através de um gerador acoplado a seu eixo e recarregar a bateria do veículo, este tipo de veículo além de recarregar suas baterias por meio do motor de combustão eles também podem ser recarregados por fontes externas. (CIENCIA TODO DIA, 2020).

4.6 Tipos de tração

Híbrido série: assim como na arquitetura de longo alcance, o veículo híbrido série é tracionado apenas pelo motor elétrico e seu motor a combustão serve apenas para recarregar as baterias, sendo que nesse tipo de tração nem todos os veículos podem ser recarregados por fontes externas; (CIENCIA TODO DIA, 2020).

Híbrido paralelo: é o tipo de veículo em que ambos os motores são usados para tracionar o veículo, onde geralmente cada um dos motores é responsável por tracionar um dos eixos de tração, sendo que em alguns casos ambos podem tracionar o mesmo eixo; (CIENCIA TODO DIA, 2020).

Híbrido misto: neste caso ambos os motores estão conectados a um eixo e uma unidade de controle (ECU), determina quando e qual a melhor situação para usar cada um deles, sempre buscando uma melhor eficiência. (CIENCIA TODO DIA, 2020).

4.7 Tipos de funcionamento

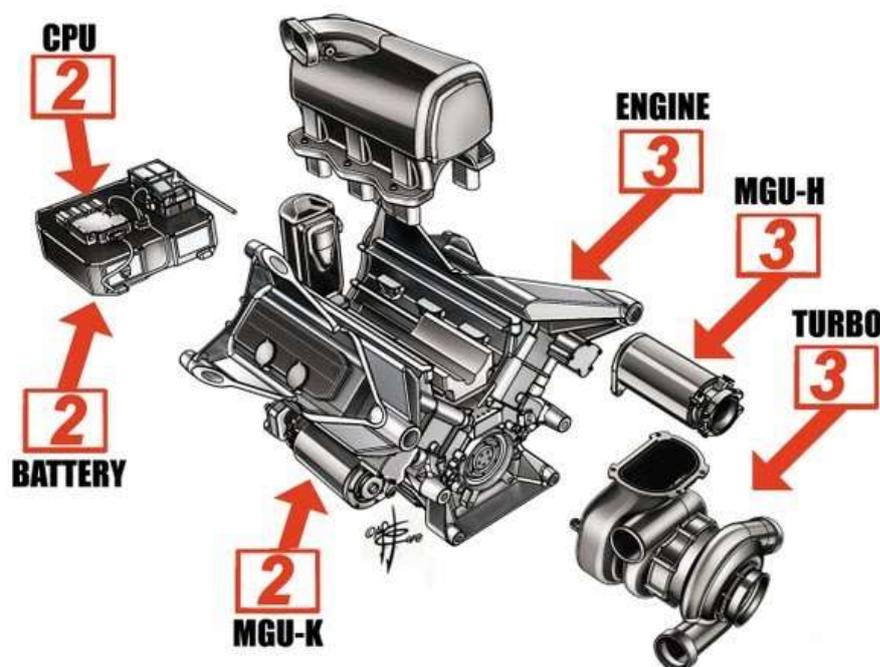
O motor *Generator Unit – Kinetic*(MGU-K) é um motor elétrico que ajuda o de combustão e possui uma potência de 120 kW, cerca de 160 cv. Porém,

este motor não fornece apenas potência ao carro da fórmula 1, uma vez que durante as frenagens também regenera energia, que armazena na bateria.

O *Motor Generator Unit – Heat* (MGU-H) é uma espécie de gerador que absorve energia que vem do turbocompressor e reduz o turbo lag, que é o intervalo entre pedal do acelerador e tempo de reação do carro e, além disso, recupera energia térmica dos gases de escape. A energia armazenada pode ser dirigida para o MGU-K, como extra para carregar a bateria e para uso posterior. Na imagem a seguir podemos ver os componentes mencionados acima localizados no motor híbrido. (CIENCIA TODO DIA, 2020).

Na Figura a seguir podemos ver os componentes mencionados acima localizados no motor híbrido.

Figura 3 - Componentes motor híbrido 1



Fonte: <https://observador.pt>, (2023)

5 TECNOLOGIAS DESENVOLVIDAS E APLICADAS NA FÓRMULA

Sabemos que o desenvolvimento de novas tecnologias no meio automotivo está numa constante evolução, tudo isso graças ao desenvolvimento feito em meio a fórmula 1, trazendo diversas melhorias aos veículos tanto de corrida quanto nos veículos de passeio, trazendo melhor

conforto, dirigibilidade, conectividade e desempenho ao motorista e demais passageiros. Ao longo dos anos a indústria automotiva intensifica o investimento em seus veículos, sendo assim os dispositivos que são aplicados nos carros da fórmula 1 estão cada vez mais comuns entre os veículos de passeio. (CANALTECH, 2018).

5.1 Câmbio borboleta

Em um esporte que cada milésimo de segundo é crucial, um erro humano pode colocar tudo a perder, e esse erro era muito comum no passado com pilotos acima dos 250km/h errando na mudança de marcha através da alavanca seletora ou durante o acionamento do pedal de embreagem, colocando assim a corrida toda a perder. E foi por conta disso que a Lotus começou a desenvolver um sistema que utilizava botões ao invés de uma alavanca. O trabalho no início não deu muito certo, foram necessários anos de estudos e testes até que a Ferrari F1640 de 1989 introduziu o câmbio semiautomático sem embreagem e com engate através de borboletas. Foi esse carro que ganhou a corrida no Brasil daquela temporada e era pilotado pelo piloto Nigel Mansell. Essa tecnologia foi e é aprimorada até os dias de hoje. E a aplicação nos veículos atuais se tornou cada vez mais comum. Foi através dessa invenção naquele ano que o *Paddle Shift* se originou para implementação de câmbios semiautomáticos. (WAGNER PEDRO, 2022).

Na Figura podemos ver o volante multifuncional e suas alavancas para troca de marcha localizadas atrás do volante.

Figura 4 - Volantes F1 com alavanca de marcha F1



Fonte: <https://quatorrodas.abril.com.br> (2023)

5.2 Botão START-STOP

Mais uma vez se tratando do tempo, analisando a performance dos pilotos, engenheiros da Porsche perceberam que apertar um botão para dar partida pode fazer muita diferença no resultado da corrida, além de ser mais confortável do que girar a chave. Nascia então a ignição sobre botão, inicialmente testada sobre os carros da McLaren e chegando a todos os carros da fórmula 1 na década seguinte. Isso permitia um ganho maior no tempo durante as partidas.

5.3 Suspensão ativa

Agora vamos falar sobre um item que revolucionou o conforto sobre passageiros e grande parte dessa revolução deve-se a Fórmula 1. E na década de 90 quando os sensores e computadores ainda começavam a tomar conta da categoria, a Williams desenvolveu a famosa suspensão ativa que alterava o acerto do carro a cada curva durante o circuito. Esta tecnologia foi um fator importante para a vitória da equipe em 1993 no carro FW15C considerado até hoje um dos carros mais sofisticados já construídos. O piloto Alain Prost era muito beneficiado na corrida com este sistema. Com isso a FIA (federação internacional automobilismo) proibiu a aplicação deste sistema, pois era uma

tecnologia muito vantajosa ao piloto. Este sistema permitia que o carro tivesse mais aderência ao solo, a suspensão era inteligente e se adequava as deformações da pista em suas necessidades. Tudo isso graças aos sensores e atuadores que agregavam na construção e utilização do dispositivo. Hoje em dia, a maioria dos veículos possui este sistema, inclusive pode ser aplicada em sistemas de segurança dando mais firmeza na direção do volante e nas frenagens. (WAGNER PEDRO, 2022).

5.4 Sistemas de freio a disco

Os sistemas de freio a disco foram desenvolvidos e utilizados primeiramente pela fórmula 1. Estes sistemas foram feitos visando melhores frenagens em altas velocidades e altas temperaturas geradas nas frenagens bruscas nas curvas. Em seguida, após serem comprovadas sua eficiência e segurança, foram adicionados aos carros de rua se tornando cada vez mais comum. E após isso, foram incrementados discos de freio cerâmicos em veículos de rua de alta performance, pois são muito mais resistentes à fadiga térmica. (CANALTECH, 2018).

6 COMBUSTÍVEIS, SUSTENTABILIDADE, ECONOMIA E MEIO AMBIENTE

A Fórmula 1 vinha sofrendo muitas críticas nos últimos anos devido as mudanças na indústria automotiva em busca de um futuro mais sustentável. Porém em 2014 já houve uma boa mudança com relação a isso, foram introduzidos os motores híbridos e após isso, a categoria vem evoluindo ao passar dos anos e projetando uma grande mudança a partir de 2030. Trata-se da neutralização das emissões de carbono. (REDAÇÃO GE, 2020).

6.1 Iniciativa F1 Net Zero 2030

A Fórmula 1 em 2019, teve uma iniciativa chamada F1 Net Zero 2030 (F1 Emissões Neutras em 2030) e hoje ela se tornou parte da estratégia de

sustentabilidade, junto com a introdução dos combustíveis sintéticos nos próximos anos. (MARIO GALÁN, 2022).

A Fórmula 1 entrou em contato e apresentou este desafio de reduzir o carbono aos seus parceiros como as equipes, fornecedores, investidores e a FIA, que aceitaram o desafio e agora vão em busca destas mudanças para concluir com êxito esse objetivo. (MARIO GALÁN, 2022).

Na foto Figura que após esta decisão ser tomada, o projeto foi divulgado utilizando os carros como meios de comunicação com o público.

Figura 5 - Adesivo Net Zero 2030



Fonte: <https://motorsport.uol.com.br>, (2023)

6.2 Combustível da F1

Desde a temporada de 2022, os carros da Fórmula 1 são abastecidos com um combustível chamado E10. Que conta com uma mistura de 90% de combustível fóssil (gasolina) e 10% de biocombustível (etanol). Esta alteração foi necessária pela busca de ser ambientalmente mais sustentável. Isso se dá pois o Etanol é um combustível que pode gerar 86% menos emissões de carbono, por exemplo, do que um combustível de origem fóssil, (aqueles que são derivados do petróleo). (PAULO AMARAL, 2023).

Na Figura 6 podemos ver o momento em que acontece o abastecimento do carro antes da corrida.

Figura 6 - Abastecimento de um F1



Fonte: <https://projetomotor.com.br> (2023)

6.3 Combustíveis do futuro

A Fórmula 1 está, junto com suas parceiras, desenvolvendo um combustível 100% sustentável para os veículos que serão utilizados a partir de 2026, juntamente com a introdução dos motores híbridos de nova geração, que possuem uma grande possibilidade de serem usados em todos os carros de corrida que existem no nosso globo. (REDAÇÃO GE, 2020).

Com o desenvolvimento deste combustível juntamente da empresa Aramco e as montadoras, a F1 nos mostra o que ela planeja e qual o seu caminho para o futuro. E após tantas críticas, a F1 se defende trazendo estas melhorias e embora as emissões de combustíveis representem apenas 1% das emissões de carbono do mundo, eles acreditam que esta evolução pode influenciar mundialmente quanto à mobilidade global. (REDAÇÃO GE, 2020).

6.4 Economia e sustentabilidade

A economia é outro ponto importante não só na Fórmula 1, mas no mundo. Levando isso em consideração, a F1 garante que esse novo combustível, mais sustentável, será responsável por reduzir custos, tanto nos carros híbridos quanto nos carros à combustão que circulam por aí.

Indo em busca destes objetivos que devem ser alcançados até 2030, eles tiveram que tomar decisões e medidas para reduzir ao máximo as emissões, assim apelando até para a redução de fretes, mudança nos containers de carga e até a transição para modelos mais sustentáveis de energia como a energia solar, nas sedes da Fórmula 1.

Porém isso ainda não é o suficiente e, a partir deste ano estamos vendo mudanças até mesmo no calendário de corridas, que foram reorganizados por região, para que seja necessário o mínimo de esforços possível para que pudesse ser reduzido o maior nível de emissões com o transporte para diversas localidades, e até reduzindo custos.

Eles também buscam reduzir estas emissões de carbono no transporte do público para verem às corridas. E as categorias de acesso devem receber as mesmas atualizações em busca desse mundo melhor. E conforme os anos se passam serão buscadas as melhores maneiras da fórmula 1 se torna um exemplo ao mundo, quanto à sustentabilidade. (ALÉXIS CERQUEIRA, 2023).

7 AERODINÂMICA

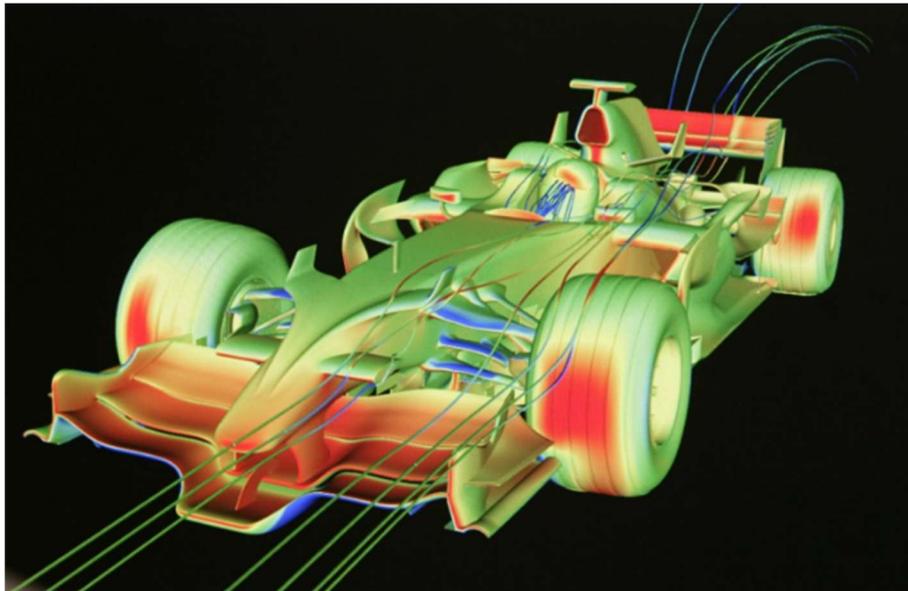
A aerodinâmica dos carros da fórmula 1 está sempre em uma constante evolução assim como outros componentes já mencionados e alguns que iremos comentar em breve. Assim sendo uma preocupação enorme para os engenheiros e os projetistas das equipes, pois qualquer melhoria realizada pode resultar na vitória da equipe em uma corrida, ou até no campeonato. Por exemplo, se você busca ampliar a resistência do ar, aumentar a aderência na pista buscando um melhor desempenho e estabilidade, este é o melhor caminho.

7.1 A aerodinâmica na fórmula 1

A aerodinâmica tem o princípio de trabalho com base em melhorar a relação do ar com objetos sólidos. Assim podemos concluir que qualquer objeto que se desloque pelo ar vai sofrer ação direta das forças aerodinâmicas. Na fórmula 1 os projetistas e os engenheiros desenvolvem essa carga aerodinâmica e a chamam de *downforce* ou sustentação negativa. Na Figura 7,

vemos o efeito do deslocamento do ar por causa das passagens de ar criadas no carro. Assim podemos entender como a aerodinâmica é tão necessária aos carros da fórmula 1 devido à alta velocidade que eles alcançam, passando dos 300km/h. (RUFF, 2023).

Figura 7 - Aerodinâmica de um carro fórmula 1



Fonte: <https://www.aerodinamicaf1.com>, (2023)

7.2 Aerofólios

O aerofólio é um dos principais motivos para a *downforce* ser criada e por aumentar a aderência do carro com relação ao solo. Para entendermos melhor, ele é um tipo de asa que foi instalada ao contrário, de cabeça pra baixo e tem como funcionamento: passar o ar pelos dois lados do aerofólio para ter uma diferença de pressão suficiente para surtir com efeito e ser benéfico ao carro, através de um processo conhecido como Princípio de Bernoulli.

Na parte inferior do aerofólio o ar circula em uma velocidade maior, assim tendo uma pressão menor. Já na parte superior da asa, o ar circula em uma velocidade menor, assim sendo criada uma pressão maior. Essa diferença de pressão faz com que o carro seja literalmente empurrado contra a pista. E só por existir essa diferença entre as asas, torna possível o carro ter a aderência necessária para se manter em perfeito contato com o solo. Na Figura

8 temos a imagem do aerofólio traseiro de um carro de corrida de fórmula 1 da Ferrari. (RUFF, 2023).

Figura 8 - Aerofólio da fórmula 1



Fonte: <https://www.ruff.com.br>, (2023)

Os aviões têm um princípio parecido para fazer o avião decolar e voar, porém o sistema é o inverso do utilizado nos aerofólios. Enquanto o avião utiliza deste sistema para voar, o carro da fórmula 1 o utiliza para permanecer no chão. Pois levando em consideração as velocidades atingidas por estes carros que passam dos 300km/h, eles poderiam facilmente decolar e causar graves acidentes. Acidentes estes evitados pelo *downforce* que é gerado pelo aerofólio.

Porém, conforme os anos foram passando as melhorias foram sendo cada vez mais necessárias e assim foram descobertos outros meios de aerodinâmica, como até mesmo o formato do capacete do piloto. (RUFF, 2023)

7.3 A competitividade

Os avanços tecnológicos foram responsáveis por um alto desempenho em aderência e velocidade, mas como nem tudo é perfeito, essa constante evolução resultou numa perda significativa das emoções das provas,

principalmente nas ultrapassagens. Isso ocorre devido à alta velocidade que os carros atingem na corrida e acabam gerando uma onda de turbulência que atrapalha os carros que vem atrás e dificulta ao máximo a chance de eles ultrapassarem.

Levando isso em consideração, a Fórmula 1, em 2011, buscou um meio de resolver esse problema, e assim então foi criado o sistema *Drag Reduction System (DRS)*, chamado aqui no Brasil de asa móvel ou Sistema de Arrasto. Esse elemento foi criado para ajudar os pilotos nas retas para realizar as ultrapassagens.

Para utilizar o DRS, o piloto abre a asa traseira através de um comando dentro do carro, e após acioná-lo a asa é aberta liberando a passagem para o ar correr livremente assim diminuindo a *downforce*. Assim o carro consegue aumentar a velocidade por alguns metros assim ajudando os pilotos a finalizarem a ultrapassagem. Quando o piloto pisa no freio, automaticamente o sistema DRS é desativado e o carro volta utilizar a asa para melhor aerodinâmica (RUFF, 2023).

7.4 Efeito ASA

Quando a saída do ar é direcionada para cima, o carro se agarra mais ao chão, porque se reduz a pressão na parte de baixo com o efeito solo. Enquanto isso, aumenta-se a pressão na parte de cima com o fluxo de ar gerado pelas asas dianteiras e traseiras (BRUNO FERREIRA, 2021).

7.5 Efeito Solo

O efeito solo foi uma solução utilizada décadas atrás na Fórmula 1, entre os anos 1970 e 1980. Ela foi retirada da Fórmula 1 devido a diversos acidentes e alguns fatais, e não foi reintroduzida durante todos esses anos por conta disso, a segurança. Porém, devido a diversos fatores, já mencionados acima, uma ultrapassagem na fórmula 1 não é mais uma tarefa tão fácil como antes. E levando isso em consideração a organização teve que reconsiderar o fato de permitir a volta do efeito solo, que aumenta a velocidade dos carros, as ultrapassagens e a competitividade. O conceito do efeito solo foi utilizado na

Fórmula 1 de 1978 a 1982, porém foi banido da liga por conta dos acidentes, como mencionado acima. E a partir da temporada de 2022 nós tivemos a reinserção da tecnologia (VITAL NETO, 2022).

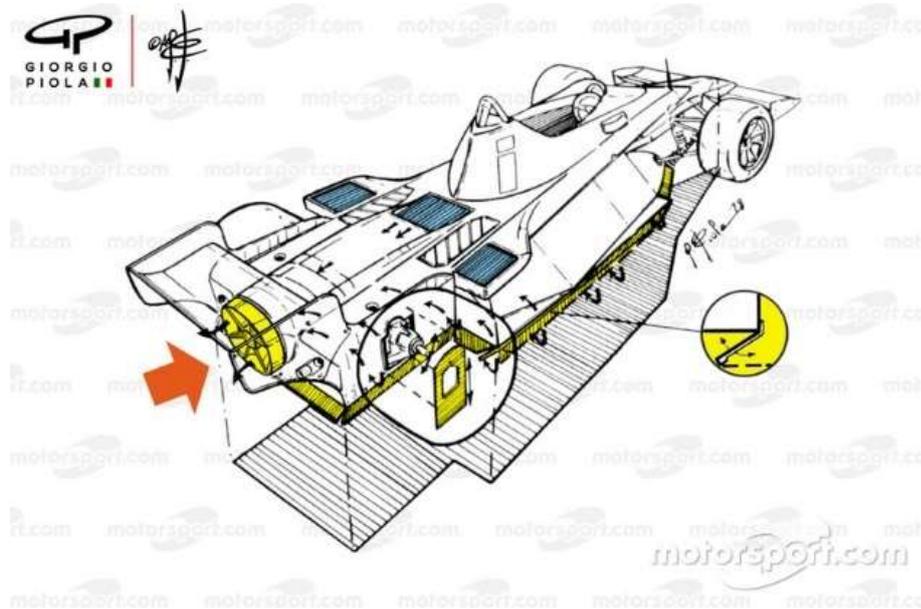
Esta tecnologia tem um funcionamento ligado ao “efeito de Venturi”, que tem como base o princípio de Bernoulli. Explicando, quando passamos um líquido constantemente num funil, a velocidade em que o fluído vai sair do funil na extremidade mais fina é maior do que na extremidade contrária, a mais larga.

Conforme a velocidade de saída é maior, a pressão é gradativamente reduzida. A explicação é simples, a quantidade de líquido é a mesma, nós apenas mudamos o caminho por onde ele vai passar. Enquanto o líquido estiver entrando no funil, a pressão de entrada será maior que a de saída e a vazão vai ser cada vez mais veloz no ponto de saída, onde é estrangulado.

Agora com um pouco mais de conhecimento sobre o conceito, podemos entender como o efeito solo funciona nos carros da Fórmula 1: O ar entra através de um caminho mais largo e fechado e saia por um caminho mais estreito. E para isso ser possível, as laterais dos veículos de F1 precisam ter saias que prendam o ar debaixo do carro, dando apenas uma saída estreita para o ar, modelo determinado pelos projetistas. (VITAL NETO, 2022)

A Figura 9 mostra o carro com saias laterais e um exaustor para forçar o efeito solo que melhora aerodinâmica do veículo conforme referência

Figura 9 - Carro com saias laterais 1



Fonte: <https://motorsport.uol.com.br>, (2023)

Quando a saída do ar é direcionada, o carro fica mais grudado com o chão, pois a pressão na parte de baixo dele é reduzida pelo efeito solo. E assim, conseqüentemente a pressão na parte de cima do carro é maior por causa das asas dianteiras e traseiras.

Levando isso em consideração nós temos carros mais velozes, favorecendo as perseguições dos oponentes, deixando as corridas cada vez mais acirradas e influenciando nas ultrapassagens (VITAL NETO, 2022).

7.6 Os riscos

O efeito solo foi banido do mundo da Fórmula 1 por ter uma reação não muito apropriada para as corridas da época, ele era muito sensível as oscilações do asfalto e a objetos que estejam como obstáculos no caminho do carro. Como mencionado algumas vezes acima, o tempo em que foi utilizado este sistema nos anos 70 e 80 foram marcados por acidentes, alguns deles que chegavam a serem fatais.

Estes acidentes ocorriam geralmente quando os assoalhos dos carros entravam em contato com o solo, assim impedindo que o ar flua por baixo do carro, situação que ocasiona o aumento excessivo da pressão. Com uma

situação dessas, o carro era empurrado para cima, assim ele perdendo a aderência com o asfalto, saindo do solo e, em algumas situações, decolando como um avião.

Esta situação traz uma sensação parecida à de aquaplanagem para os motoristas dos veículos comuns. Porém, no caso da Fórmula 1, os carros chegam a velocidades semelhantes às de um avião que está prestes a decolar, assim sendo muito mais perigoso.

Levando tudo isso em consideração, os organizadores tiveram que encontrar formas mais seguras de utilizar este sistema para proteger seus pilotos e ser eficiente no seu objetivo, evitando assim acidentes de nível elevado que possam trazer consequências graves aos pilotos (VITAL NETO, 2022).

8 SISTEMA DE FREIOS

O sistema de freios do carro é um dos sistemas mais importantes, se não for o mais. Ele é responsável por parar o veículo em diversas situações, inclusive de risco. Assim podemos perceber que é mais que essencial tê-lo em todos os veículos.

O sistema é composto por diversos componentes que trabalham juntos para desacelerar e parar totalmente um carro. Ele também atua para manter o carro parado quando é estacionado. Este sistema atua com duas formas de acionamento manual: o pedal e a alavanca de freio. O pedal é utilizado durante o uso do carro, após a aceleração, em descidas ou subidas em um farol, por exemplo, enquanto o motorista tem que ficar parado aguardando para poder seguir em frente. Já a alavanca é utilizada quando estacionamos o carro e não vamos mais utilizá-lo, ela é usada para manter o carro parado em qualquer situação como quando o condutor não está no veículo (FRAS-LE, 2019).

Este sistema trabalha através de seus atuadores para ter a melhor forma de utilização. Os atuadores são controlados e projetados de forma com que o fluido de freio seja distribuído da forma mais igualada possível, para que não haja diferença na frenagem das rodas.

Com o passar dos anos o sistema foi aperfeiçoado buscando o melhor desempenho de frenagem possível, Assim passamos a ter não apenas sistemas de freio a tambor, como também freios à disco, materiais mais eficientes em seus componentes como discos de cerâmica, e novos sistemas para trabalhar em parceria com o sistema de freios e serem ainda mais eficientes, como o sistema ABS, que atua controlando essa pressão em cada uma das rodas e a distribuindo de forma que uma roda não freie mais do que o necessário e evitando que ocorra o travamento da mesma (FRAS-LE, 2019).

O sistema de freios continua recebendo atualizações e melhorias em todos os anos, buscando cada vez mais segurança para o motorista e todos os passageiros do carro.

Podemos ver na Figura 10 um disco de freio do tipo ventilado e uma pinça de freio, conjunto destinado aos carros esportivos.

Figura 10 - Disco e Pinça de Freio



Fonte: <https://www.oklocadoradeveiculos.com>, (2023)

9 ESTUDO DE CONTROLE DE TRAÇÃO, FUNCIONAMENTO E APLICAÇÃO

Desde 1° de janeiro de 2020, todos os carros fabricados e lançados obrigatoriamente precisam ser equipados com o controle de tração, item inicialmente criado e usado na Fórmula 1.

O controle de tração é um equipamento de segurança que atua em conjunto com outro item obrigatório no Brasil, o controle de estabilidade. O controle de tração trabalha através do monitoramento da rotação de ambas as rodas responsáveis por tracionar o veículo, assim impedindo que elas girem em falso e façam o carro patinar, assim evitando que o motorista perca o controle do carro em situações atípicas.

Como mencionado acima, o sistema foi usado inicialmente na fórmula 1, que foi o carro chefe para trazer o sistema para às ruas. Foi introduzido na década de 1990 e foi desde então muito importante para manter a aderência do carro nas largadas e nas saídas de curva, onde é muito importante usar força total nos carros. Já nos carros, na mesma década a BMW viu a eficiência do sistema e passou a introduzi-lo nos seus modelos. (REDAÇÃO BIDU, 2020).

Na Figura 11, temos um exemplo do botão de controle de tração existente em diversos carros, onde há a possibilidade de desligar e ligar o sistema.

Figura 11 - Botão de controle de tração



Fonte: <https://www.jocar.com.br>, (2023)

9.1 Funcionamento

O controle de tração utiliza os sensores de velocidade do sistema ABS para operar. Estes sensores são responsáveis por detectar e identificar qual das rodas do veículo está perdendo tração e após isso enviam a informação para a ECU do carro, que reduz o torque enviado e pode até acionar o freio. Essa operação é realizada em milésimos de segundo e é quase imperceptível para o condutor do veículo. A única sinalização visual é a luz do sistema que pisca brevemente no painel informando que ele está sendo usado para ajudar o carro.

Além das situações corriqueiras do nosso dia a dia, o controle de tração também é utilizado em pisos de baixa aderência como a neve e grama molhada, e atua também nos ajudando em casos de aquaplanagem. Porém em alguns casos ele nos atrapalha como em situações com pedras soltas ou com muita lama, pois ele impede que o a roda do veículo gire até encontrar uma parte que seja capaz de tirar o carro da situação em que se encontra. E em carros esportivos, pois ele tira um pouco da emoção e adrenalina existente em situações criadas com estes tipos de veículos. Por estes motivos, em muitos carros este sistema pode ser desligado. (REDAÇÃO BIDU, 2020).

9.2 Aplicação

Antes este sistema era restrito apenas para carros de luxo e carros esportivos, porém nos dias de hoje está presente em praticamente todos os modelos que são vendidos. Na Europa, o sistema é obrigatório desde 2014, nos Estados Unidos e no Canadá, desde 2011 e, no Brasil, desde 2020 para projetos novos e de 2022 em diante para todos os modelos produzido. (REDAÇÃO BIDU, 2020).

10 EVOLUÇÃO DE PNEUS

O pneu é o único ponto de contato entre o veículo e o solo, e ele é formado por diversos componentes, que vão diferir de acordo com a

construção. Quando vemos o pneu pelo lado de fora, apenas enxergamos algumas de suas partes. Uma das principais funções do pneu é alternar e manter a direção do veículo, absorver impactos, transferir forças de tração e frenagem e suportar cargas, são algumas das inúmeras funções que o pneu garante ao condutor e é dentre esses benefícios que a fórmula 1 sempre focou no desenvolvimento dos pneus para garantir uma performance melhor nas corridas em várias condições tanto de clima quanto de ambientes e temperatura. (MANUAL DO PILOTO, 2020)

10.1 Uso dos pneus e compostos da categoria

Os pneus são essenciais nos desempenhos dos carros durante a temporada é através deles que muitas vezes se determinam as estratégias adotadas pelas equipes, além de definir o resultado final das provas, desde a temporada de 2011 os pneus utilizados na fórmula 1 são fornecidos exclusivamente pela Pirelli e desde 2006 que não há mais de duas empresas competindo pelo fornecimento de pneus para a corrida quando a Michelin e a Bridgestone eram responsáveis entre 2007 e 2010 a companhia japonesa obteve a sua exclusividade nos pneus dos carros antes de 2006 eram vários modelos até que em 2011 a Pirelli assumiu o posto, até porque um dos requisitos da fórmula 1 é sempre manter o padrão para não dar vantagem a nenhum piloto, pois os pneus diferentes em várias equipes podem gerar muitas diferenças no resultado final das corridas, pneus possuem uma grande importância pois são eles que carregam o veículo, eles que suportam toda a carga, temperatura e trafegam em vários tipos de superfície e na fórmula 1 são desenvolvidos para cada tipo de circunstância, tanto para chuva no tempo seco, úmido e em temperaturas diferentes (MANUAL DO PILOTO, 2020).

10.2 Tipos de compostos

Desde a temporada de 2019 a nomenclatura dos pneus utilizados exclusivamente na fórmula 1 foi extremamente simplificada para facilitar o entendimento do tipo de composto usado na categoria, atualmente são 5 tipos de pneus para pistas secas, mas com a divisão entre 3 categorias são elas

DUROS – MÉDIOS – MACIOS, a cada corrida são selecionados 3 tipos de compostos dentro do grau de durabilidade por fim de semana e corrida, os pilotos são obrigados a usar os 3 tipos de pneus disponíveis sendo dois deles na corrida, até 2018 eram 7 variedades de pneus para pistas secas que iam de Hyper-Soft que são Hiper Macios até *Super-Hard* que são os pneus super duros, era também usada a nomenclatura de ultra, agora com nomes mais simples a Pirelli usa os números para indicar quais são os 5 tipos de compostos, também há duas opções para pneus de chuvas (MANUAL DO PILOTO, 2020).

10.3 Pneus para pista seca

Vamos começar falando do pneu *slick* para pistas seca são classificados entre C1 A C5 o pneu *slick* se encaixa no fator C1, o nome se refere ao composto 1 que é o pneu mais duro do portfólio da Pirelli para a fórmula 1 ele é o projeto para o circuito que exige mais esforço no apoio sobre o pneu normalmente é o caso de pistas com curvas rápidas, superfícies abrasivas ou temperatura e ambientes altas, sendo mais duros que outros tipos, o C1 é o que leva mais tempo para aquecer mais, oferece maior durabilidade e menor degradação, o pneu C2 é o composto que equivale ao pneu médio considerando o mais versátil normalmente é utilizado em situações adversas, com circuitos que exigem altas temperaturas e maiores esforços, segundo a Pirelli o C2 é um pneu de ampla funcionalidade e que se adapta a diferentes circuitos, já o pneu C3 é o pneu equivalente a categoria macio, considerado por muitos o que mais oferece um equilíbrio entre desempenho e durabilidade esse tipo de pneu serve para pista de alta severidade e principalmente em circuito de rua, o pneu C4 é considerado como um composto similar ao ultra macio utilizado até a temporada de 2018 a Pirelli indica esse tipo de pneu para circuitos estreitos e sinuosos, segundo a fabricante italiana o pneu C4 é um composto que aquece rapidamente e que gera um alto pico de performance e a sua durabilidade é comprometida mais rápido comparado aos outros, já a última categoria que é o pneu C5 é o pneu mais macio disponibilizado pela Pirelli, é equivalente ao super macio de 2018 além de ser considerado o composto que gera mais velocidade ao carro pois esse pneu consegue gerar

mais aderência ao solo, esse pneu é indicado para circuitos que exigem os mais altos níveis de aderência, porém em razão desse grande ganho de performance faz com que a sua durabilidade seja mais curta e limitada (MANUAL DO PILOTO, 2020).

Na Figura 12 é apresentada a classificação dos pneus secos.

Figura 12 - Classificação de pneus secos



Fonte: <https://www.pirelli.com/> (2023)

10.4 Pneus de pista molhada

Os pneus de pista molhada possui uma grande evolução e foram nas pistas da fórmula 1 que foi desenvolvida as tecnologias que hoje são aplicadas nos veículos atuais, a banda de rodagem ganhou desenhos para a dispersão da água para ocasiões de chuvas, e são esses desenhos que desempenham a função de aquaplanagem evitando uma derrapagem do veículo a fórmula 1 utiliza dois tipos de pneus para chuvas o primeiro é chamado de pneu intermediário verde, em situações de ameaça de chuva ou quando a pista não está totalmente molhada as equipes tendem a optar por esse tipo de pneu, esse composto é indicado para uma pista molhada sem lençol d'água e também para uma superfície que está secando. Segundo a Pirelli esse tipo de pneu tem a capacidade de drenar 30 litros de água por segundo por pneu a uma velocidade de 300km/h além disso são projetados para garantir que possam ser usados tanto em situações indicadas tanto para pneus *Slick* tanto para compostos de pistas molhada, já a segunda tecnologia feita para pistas de

chuvas é o pneu intermediário azul, o mesmo são pneus de chuvas pesadas, são indicados para superfícies com alto nível de água na pista, esse tipo de pneu pode drenar 85 litros de água por segundo por pneu a uma velocidade de 300km/h, o mesmo são projetados para oferecer uma maior resistência a aquaplanagem oferecendo mais aderência ao pneu em caso de chuvas mais fortes o diâmetro do pneu também é 10mm mais largo que o pneu liso para pista seca (MANUAL DO PILOTO, 2020).

10.5 Cores de pneus

Em 2019 os pneus utilizados na fórmula 1 para pistas secas passaram a ter 3 cores, branco, vermelho, e amarelo a cada corrida são selecionados os três tipos, o branco será sempre o pneu mais duro e o amarelo é considerado sempre o médio e o vermelho será o macio (MANUAL DO PILOTO, 2020).

Na Figura 13 nós vamos ver as cores e para que serve cada uma delas durante uma corrida.

Figura 13 - Tipos de cores na competição



Fonte: <https://www.pirelli.com/> 2023

10.6 Medidas de pneus

Na atual temporada a categoria passou a ter rodas de 18 polegadas ao invés de rodas aro 13 como era antigamente, assim as medidas dos pneus dos

pneus dianteiros são mais estreitos e possuem 207mm enquanto os traseiros passam a ter 700mm, permitindo um maior controle na dirigibilidade do veículo e uma tração mais equilibrada para os pneus das equipes na introdução aos veículos de passeio existem diversas medidas para cumprir com o projeto de cada montadora, possuem diversos tipos hoje em dia, mais a fórmula 1 iniciou a evolução dos pneus com medidas performance desgaste, evolução da tecnologia com relação ao deslize sobre superfícies molhadas e aquaplanagem.

10.7 Tecnologia sobre pneus

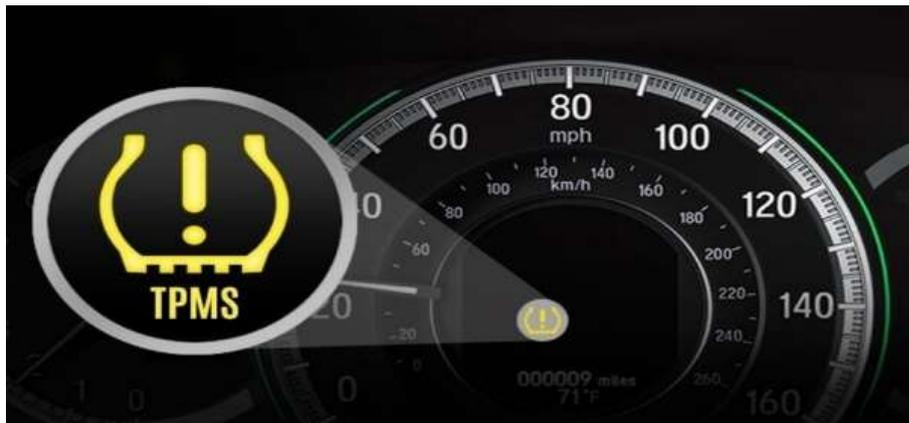
Vimos que antigamente a fórmula 1 não tinha sistemas de controle nos pneus que teria a funcionalidade de informar a central das equipes a condição dos pneus nas corridas vendo que com a temperatura do pneu existe uma tendencia do pneu manter a pressão e com o esfriamento do talão dos pneus consequentemente ele murchar assim ganhando mais aderência e aumentando o desgaste, sendo assim foi introduzido sistemas de controle nos pneus que funciona por rádio frequência esse sistema de monitoramento é identificado como TPMS (sistema de monitoramento de pressão dos pneus) é um sistema onde existe de fato um sensor individual dentro de cada pneu montado diretamente na roda na região da válvula serve para monitorar a pressão e manter sempre informado as equipes o estado dos pneus com relação a temperatura e pressão para melhorar o rendimento dos carros na competição. No ano de 2022 os regulamentos técnicos da competição foram recentemente atualizados para incluir o Artigo 10.7.3, que afirma que todos os carros devem ser equipados com sensores de monitoramento de pressão e temperatura dos pneus, que foram fabricados por um fornecedor designado pela FIA de acordo com uma especificação determinada pela FIA. Os aros das rodas e os sensores de pressão e temperatura dos pneus devem ser marcados de acordo com o esquema de coloração e rotulagem definidos no Apêndice dos regulamentos técnicos e desportivos. Atualmente, os sensores instalados nos pneus não são precisos o suficiente para que a FIA os use como evidência de violação das regras. (MANUAL DO PILOTO, 2020)

10.8 Aplicação do sistema de monitoramento aos veículos

O sistema TPMS nada mais é que um sistema responsável pelo monitoramento de pressão dos pneus, o objetivo desse sistema é manter o motorista avisado em tempo real do estado dos seus pneus, se estão com a manutenção em dia para rodar pelas ruas ou se precisam de uma atenção especial dos motoristas, caso a luz que representa o TPMS esteja acesa no painel do carro significa que um ou mais dos seus pneus está com a pressão abaixo do indicado, o TPMS é um símbolo amarelo com formato de uma seção de pneu, que lembra uma ferradura com um ponto de exclamação ao centro, existe dois tipos de sistema de monitoramento, o sistema direto possui um conceito de aplicar um sensor em cada roda do veículo monitorando cada pneu e os níveis de pressão específicos, podendo até mesmo fornecer leituras de temperatura dos pneus, ele funciona através de uma análise de dados enviados para um módulo de controle central, por radiofrequência, em cada pneu conta com um número de série diferente, isso faz com que a leitura seja feita para cada pneu individualmente, e ainda que conflite com os pneus de outros veículos uma das vantagens desse sistema é permitir uma leitura real de pressão dos pneus tornando mais precisa o monitoramento, baterias dos sensores com uma longevidade maior, porém o custo é mais elevado e pode ser danificado durante a troca dos pneus pois são muito sensíveis, e possui uma arquitetura mais complexa com relação a instalação do produto ao veículo, já no sistema tpms indireto o sistema depende dos sensores das rodas usados pelo sistema de freios e antibloqueio, isso ocorre pois o sistema não conta com sensores físicos, para determinar a pressão de ar nos pneus resultando na medição de forma indireta a partir da velocidade de cada roda, tem vantagem com relação ao baixo custo de implementação do sistema não necessita de programação e manutenção porém é impreciso nas leituras sobre pneus maiores que o especificado pois necessita dos sensor de antibloqueio para medir e necessita de parametrizações durante o tempo. (MANUAL DO PILOTO, 2020)

Na Figura 14 podemos ver qual a luz que acende no painel quando temos uma baixa pressão nos pneus do veículo.

Figura 14 - Sistema no veículo



Fonte: <https://drscar.com.br/> (2023)

Hoje em dia diversos veículos de entrada já estão sendo equipados com esse sistema é o caso do chevrolet Onix e fiat Argo, um sistema com uma funcionalidade importante pois auxilia o motorista a manter a pressão dos pneus sempre adequada e consequentemente aumentando a vida útil dos pneus. Na Figura 15 temos a imagem dos veículos mencionados acima, que possuem este sistema.

Figura 15- Onix e Argo



Fonte: <https://www.terra.com.br/> (2023)

Alguns veículos de categoria premium contam com um sistema sempre mais refinado oferecendo mais conforto e maior durabilidade e controle, vale ressaltar que nos estados unidos todos os veículos são obrigados a possuir esse sistema nos veículos, aqui no Brasil ainda não se tornou obrigatório mais esse sistema assim como outros estão sempre sendo verificados em testes de validação para ajudar em sistemas de segurança para que num futuro próximo possa ser equipado em todos os veículos nacionais.

11 ESTUDO SOBRE O SISTEMA DE FRENAGEM REGENERATIVA (KERS)

O Sistema de Recuperação de Energia Cinética (KERS) se trata de um sistema criado para aproveitar a energia gerada nas rodas durante a frenagem, benéficamente ao veículo. Assim possibilitando uma melhor autonomia.

11.1 Frenagem regenerativa

Frenagem regenerativa é o processo no qual se transfere energia do motor elétrico para a bateria durante a frenagem do veículo, quando a inércia do veículo combinada com o controle do modo de operação do motor, forçam o motor a operar como gerador.

11.2 O conceito da energia cinética

A energia cinética é a energia que um objeto possui devido ao seu movimento. Se quisermos acelerar um objeto, devemos aplicar uma força que exige que façamos um trabalho. Depois que o trabalho foi feito, a energia foi transferida para o objeto, que irá se mover com uma certa velocidade. Essa energia transferida para o objeto é conhecida como energia cinética e depende da massa e da velocidade alcançada.

O sistema KERS, que foi sugerido pela primeira vez pelo físico Richard Feynman na década de 50, tem sido utilizado nos carros de Fórmula 1 desde 2009. Esse sistema permite converter parte da energia cinética que seria dissipada devido ao atrito durante a frenagem em alguma outra forma de

energia que possa ser armazenada para uso posterior (MANUAL DO PILOTO, 2020).

Os testes na fórmula 1 começam em meados de 2008 feitos pela RBR e BMW, porém devido a dois acidentes envolvendo mecânicos de ambas as equipes em menos de uma semana, faz com que as equipes adiem seu lançamento por tempo indeterminado. Que só volta em 2009, agora pelas equipes McLaren, Ferrari, Renault e a própria BMW.

Uma das características importantes da energia cinética é que ela aumenta com a velocidade ao quadrado. Isso significa que, se duplicarmos a velocidade de um objeto, a energia cinética se tornará quatro vezes maior. Se triplicarmos a velocidade, a energia cinética será nove vezes maior, e assim por diante.

A fórmula para calcular a energia cinética de um objeto é conforme a equação 1 (MANUAL DO PILOTO, 2020)

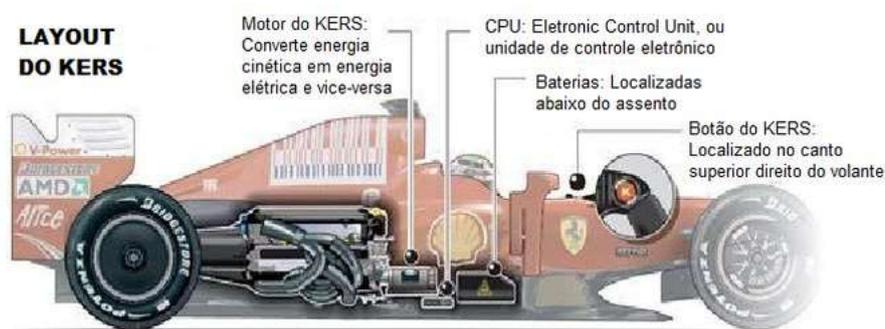
$$\text{Energia Cinética} = (1/2) * \text{massa} * \text{velocidade}^2$$

O termo "velocidade²" na fórmula indica que a energia cinética aumenta de forma exponencial com o aumento da velocidade. Isso significa que mesmo pequenos aumentos na velocidade podem resultar em grandes aumentos na energia cinética.

Quando um veículo freia, a energia cinética acumulada durante o movimento é convertida em calor e dissipada. Com o KERS, parte dessa energia dissipada é recuperada e armazenada para uso posterior. Isso é possível graças a um sistema que captura a energia durante a frenagem e a converte em uma forma armazenável, como energia elétrica.

Essa energia armazenada pode ser então utilizada para fornecer um impulso adicional ao carro, aumentando sua potência em momentos estratégicos, como nas acelerações após as curvas. Essa recuperação de energia contribui para um melhor desempenho do veículo, já que parte da energia que seria desperdiçada é reaproveitada de forma eficiente. Na Figura 16 veremos como é a construção desse sistema em um veículo de fórmula 1

Figura 16 - Componentes do sistema (KERS) em um Fórmula 1



Fonte: médium.com (2016)

É importante destacar que a energia cinética e a energia potencial são conceitos distintos. A energia cinética está relacionada ao movimento de um objeto, enquanto a energia potencial está associada à posição do objeto em relação a uma referência. Ambas as formas de energia são importantes e estão presentes em diferentes situações físicas. (MANUAL DO PILOTO, 2020)

11.3 Vantagens e desvantagens do sistema de freios KERS

As vantagens do sistema de frenagem KERS em veículos elétricos e híbridos são diversas. Listamos aqui algumas delas, já mencionadas no texto (MANUAL DO PILOTO, 2020):

O KERS conserva a energia do carro elétrico e permite que ela seja reaproveitada, além de tornar o veículo elétrico mais eficiente (por aumentar a eficiência do carro);

No caso dos veículos híbridos, o KERS ajuda a reduzir o consumo de combustível, otimizando o uso da energia elétrica;

O KERS preserva as pastilhas e outros componentes de freio, lembrando que os carros elétricos com frenagem regenerativa possuem também freios tradicionais, mas não precisam utilizá-los com frequência e proporcionam uma maior durabilidade e menor manutenção;

Por conservar a energia e o sistema de freios do carro elétrico, o Sistema de Recuperação de Energia Cinética traz grande economia e custo-benefício a longo prazo;

O sistema de frenagem regenerativa melhora a autonomia dos carros elétricos e o rendimento das baterias por quilômetro;

O KERS também traz diversos benefícios ambientais, já que é muito mais sustentável que os freios tradicionais, por gerar menos trocas e descartes de peças.

Além disso, o freio regenerativo é um componente básico dos veículos elétricos (que são menos poluentes que os carros a combustão);

Geralmente os carros que contam com KERS também contam com a tecnologia *One Pedal Only*, que traz maior praticidade ao motorista (que pode dirigir apenas com o pedal acelerador) e gera menos desgaste nos pedais de forma geral.

Como principal desvantagem do KERS podemos citar o custo ainda alto dos veículos elétricos com essa tecnologia em comparação aos carros a combustão. Porém, há um rápido declínio no preço desses automóveis por conta de incentivos fiscais, avanços na linha de produção e o barateamento das tecnologias utilizadas nos chamados *Battery Electric Vehicle (BEVs)*, o carro 100% elétrico ou híbridos.

Podem ocorrer oscilações ao longo dos anos (por fatores como a variação do câmbio), mas, em uma perspectiva histórica, o preço de todos os componentes dos carros elétricos está em queda — tanto as tecnologias de baterias quanto os custos do sistema de frenagem e das peças em geral.

Outra desvantagem pode ser o conforto do pedal. Especialmente os primeiros veículos elétricos fabricados com KERS (com o recurso atrelado ao pedal de freio) podem trazer uma sensação diferente na pisada. Há relatos de motorista que tiveram dificuldade para realizar paradas suaves com os primeiros freios regenerativos disponibilizados, porém o aprimoramento da tecnologia, de forma geral, solucionou esse problema.

Atualmente, em muitos carros elétricos é inclusive possível personalizar a sensação de uso do KERS de acordo com sua preferência. Se quiser captar o máximo possível de energia perdida, o motorista pode configurá-lo para o ajuste máximo. Por outro lado, se o condutor odeia a sensação do carro freando, pode desligá-lo.

Na maioria dos casos, as luzes de freio do carro acenderão se o carro estiver desacelerando rapidamente, mesmo se o motorista nem mesmo estiver

tocando no pedal do freio. Alguns veículos têm até um sistema de controle de cruzeiro automático que usa a regeneração do freio — ou seja, o carro da frente é monitorado por sensores e a regeneração do freio é usada para corresponder à velocidade do carro na estrada.

No caso dos carros com a tecnologia *one pedal driving* também é possível que o motorista sinta alguma estranheza se não estiver acostumado a dirigir com apenas um pedal. No entanto, com pouco tempo de utilização a tendência é que esse tipo de sistema passe a ser considerado mais confortável e prático. (MANUAL DO PILOTO, 2020).

12 HIBRIDIZAÇÃO

De acordo com HOYER (2008) em 1903 há registro da produção em de um automóvel que apresentava características de um híbrido em serie: equipado com um motor de Combustão interna acoplado a um gerador elétrico e uma bateria que por sua vez alimentava dois pequenos motores elétricos acoplados junto as rodas dianteiras. Outro modelo produzido podia ser caracterizado por híbrido paralelo e isso ocorreu em meados de 1901 e 1906 ele possuía um motor de combustão interna que poderia tanto fornecer tração quanto carregar as baterias nessa época o híbrido vem com o objetivo de compensar a baixa eficiência das baterias e a estrutura precária de distribuição de energia elétrica das cidades do século XX.

Porém alguns anos mais tarde, devido essa infraestrutura precária tanto de distribuição de energia quanto de mão de obra. Já que os primeiros automóveis a combustão na época ofereciam uma performance maior em relação ao km/litro, a facilidade na distribuição de combustível se comparada a rede elétrica um crescimento exponencial de poços de petróleo pelo mundo que foi fator determinante para um baixo custo dessa energia e além de que a manutenção dos primeiros automóveis era realizada por profissionais especializados em conserto de bicicletas. Por outro lado, poucos mecânicos compreendiam os funcionamentos dos motores elétricos e das baterias de esses foram fatores determinantes para a grande expansão dos motores a combustão e conseqüentemente a queda de interesse e investimento nos veículos híbridos e elétricos.

12.1 O declínio

Em pouco menos de 10 anos a frota de veículos a combustão já superava a de veículos elétricos significativamente, já que em 1903, havia cerca de 4.000 automóveis registrados em Nova York sendo 53% a vapor 27% a gasolina e 20% elétricos. 9 anos depois em 1912 quando a frota de veículos elétricos chegava a cerca de 30.000 a de veículos a combustão superava em 30 vezes esse número. Entre 1899 e 1909, enquanto as vendas de automóveis a gasolina crescem mais de 120 vezes as de elétricos somente dobram (COWAN E HULTÉN,1996)

Com isso o declínio dos veículos elétricos a essa altura já era inevitável os motivos eram diversos mais os principais fatores seriam (EIA DOE,2009):

I) Nos anos de 1920 as rodovias dos E.U.A já interconectavam diversas cidades, o que demandavam veículos capazes de percorrer longas distancias;

II) As descobertas de petróleo no Texas reduziram o preço da gasolina;

III) Em 1912 foi criado um dispositivo que eliminou a manivela, até então utilizada para dar a partida nos veículos a gasolina;

IV) O sistema de produção em série de automóveis desenvolvido por Henry Ford, permitiu que o preço final dos carros a gasolina ficasse entre USD\$ 500 e \$1000, a metade dos preços dos elétricos.

Após esse período só a produção de veículos elétricos passou a ser pontual em alguns locais e épocas como primeira e segunda guerras devido à escassez de combustíveis. No Japão no pós-guerra, o carro elétrico tornou-se bastante popular devido ao racionamento de combustíveis, mas sua produção parou na década de 1950 assim que a escassez cessou. (BARAN,2012)

Somente na década de 1960 com a ampla divulgação de estudos sobre mudanças climáticas e o início dessa consciência coletiva sobre se proteger o meio ambiente e com isso reduzir a emissão de gases na atmosfera que os veículos elétricos voltaram para o radar das montadoras. Naquela época o chumbo ainda era utilizado como aditivo na gasolina e os veículos não possuíam nenhum tipo de controle de emissões. (BARAN,2012)

Com isso nas décadas seguintes impulsionado por novas legislações cada vez mais duras contra a emissão de gases na atmosfera os veículos híbridos e elétricos foram ganhando novamente destaque no cenário automotivo já que sua matriz energética é considerada renovável e o consumo dessa energia pelos veículos não estão relacionadas a gases nocivos ao meio ambiente.

Uma delas ocorreu no estado da Califórnia na década de 1990 quando a CARB (*California Air Resources Board*), órgão do governo responsável por monitorar a qualidade do ar do estado da Califórnia definiu uma cota de vendas de veículos com emissão zero, incentivando as montadoras daquele estado a oferecerem veículos elétricos aos seus consumidores. Cada montadora receberia um incentivo de 5.000 dólares para carro ZEV (*zero-emmission-vehicle*) vendido dentro da cota. (BARAN,2012)

Ainda nos anos 1990 as ações para o retorno dos veículos elétricos e híbridos não agradou a todos, muitas empresas ficaram contra a essa volta e fizeram lobby

12.2 A ascensão

O relatório da *Bloomberg New Energy Finance* (BNEF) mostra que em 2020 os carros elétricos devem ultrapassar de 2 milhões para uma frota de 56 milhões de unidades até 2040, o que corresponde a mais da metade dos veículos do mundo. O motivo é que a produção desses carros elétricos custará menos, e a previsão é que tenham cada vez mais espaço no mercado automotivo mundial. Já, a venda dos carros “convencionais”, que são abastecidos com combustível cairá de 85 milhões para 42 milhões.

O meio ambiente é beneficiado, pois apesar do crescimento do número de carros em circulação, não haverá tanta emissão dos gases tóxicos que contribuem para o aquecimento global. Segundo o relatório da BNEF, os níveis de emissões irão cair, porém, apenas voltarão aos níveis de 2018.

13 SISTEMA DE INJEÇÃO DIRETA

A fórmula 1 tem desempenhado um importante papel no desenvolvimento de diversas tecnologias automobilísticas uma delas e a injeção direta. De acordo com (H. Zhao, 2009) a injeção direta tem seu início nos anos de 1930 nos motores diesel. A ideia inicial desses motores era o uso de pistão de aeronaves para aplicações militares na forma de um motor de injeção direta de dois tempos o Rolls-Royce Crecy como uma forma de aumentar sua eficiência volumétrica.

Já em 1952, a injeção direta foi adaptada para motores a gasolina. Com testes liderados por Goliath e Gutbrod. Tanto o Goliath GP700 E quanto o Gutbrod Superior 600 foram impulsionados por motores a gasolina de dois cilindros e dois tempos equipados com o sistema de injeção direta de combustível fabricado pela Bosch. Eles foram alguns anos antes do conhecido Mercedes-Benz 300SL, embora o motor Benz tenha sido o primeiro motor a gasolina de injeção direta de quatro tempos em produção. (H. Zhao, 2009).

Os injetores de combustível da Bosch foram colocados nos orifícios da parede do cilindro usados pelas velas de ignição originais, que foram realocadas na cabeça do cilindro. O uso de injeção direta nesta época visava principalmente aumentar o desempenho do veículo através do efeito de resfriamento de carga da injeção direta de combustível. (H. Zhao, 2009)

A natureza altamente competitiva da Fórmula 1 também acelera o ciclo de desenvolvimento e teste de novas tecnologias. As equipes de F1 trabalham em estreita colaboração com fabricantes de componentes e fornecedores de sistemas de injeção para otimizar a eficiência e o desempenho do motor. Essas inovações tecnológicas desenvolvidas na Fórmula 1 são posteriormente trazidas para a indústria automotiva em geral e beneficiavam os veículos rodoviários.

13.1 Visão geral da tecnologia de injeção direta

De acordo com (KALWAR&AGARWAL, 2020) a tecnologia *Direct Fuel Injection* (DFI) permite que o desempenho do motor varie de acordo com a demanda do motorista. Sua capacidade de operar de diferentes modos de

acordo com as necessidades do usuário torna os motores a combustão muito mais eficientes. De modo geral existem dois modos de operação dos motores DFI com três configurações de sistema de combustão.

13.2 Modos de Operação (DFI)

O modo de operação é escolhido pelo gerenciamento do motor que são divididos em categorias de acordo com a relação estequiométrica de ar e combustível (14,7:1) para gasolina essa seria a relação ar-combustível ideal já no caso do sistema (DFI) essa relação pode chegar a (65:1) com isso o motor consegue trabalhar com uma mistura de ar-combustível mais pobre o que reduz drasticamente o consumo de combustível.

Modo Estratificado: Nesse modo em geral usa uma mistura de combustível mais pobre em condições de baixa carga do motor. Ele também é responsável por uma distribuição de proporções diferentes de ar-combustível na câmara, onde próximo a vela ignição temos uma mistura mais rica e nas extremidades do embolo uma mistura mais pobre. Esse modo possui também diferenças na confecção do pistão onde ele pode ter uma cavidade toroidal ou ovoidal em sua parte superior. Essa cavidade tem a finalidade de auxiliar na exata distribuição da mistura proporcionando mais eficiência na combustão consequentemente mais economia de combustível. Em grande parte, o ar e os gases residuais envolvem as camadas estratificadas de carga, minimizando assim a perda de calor durante a combustão, mantendo as chamas afastadas das paredes e reduzindo as emissões devido à menor temperatura de combustão (KALWAR&AGARWAL, 2020)

Na Figura 17 identificamos a cavidade sobre o pistão devido a temperatura.

Figura 17 – (DFI) Cavidade sobre o pistão

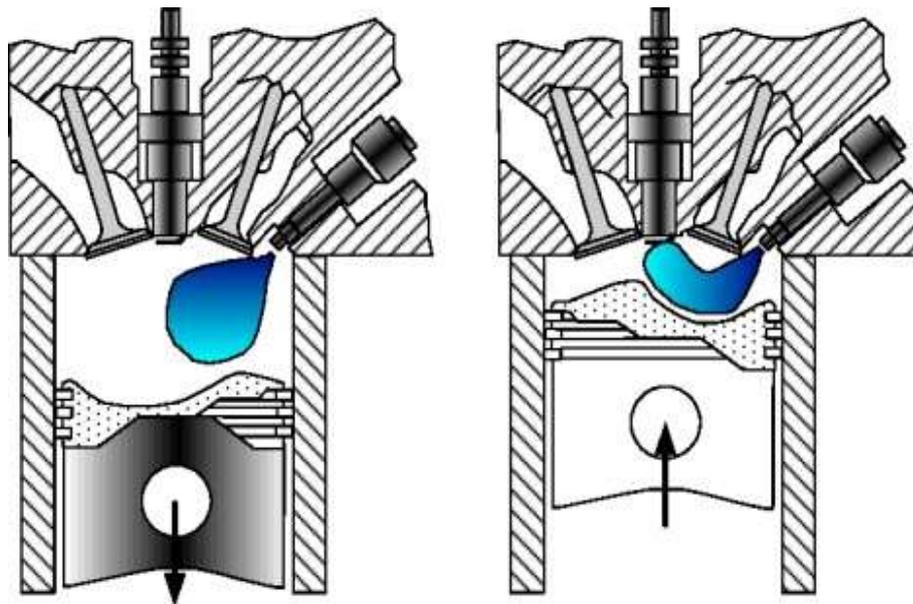


Fonte: (KALWAR&AGARWAL, 2020)

Modo Homogêneo: Nesse modo de operação o motor opera na forma mais estequiométrica possível para que possa atender a todos os regimes de carga e velocidade do motor. Diferentemente do modo estratificado, no modo homogêneo a injeção de combustível é feita no regime de admissão de ar do motor obtendo assim tempo suficiente para formação de uma mistura mais homogênea o que resulta em uma combustão completa e menores emissões. Com essa injeção antecipada de combustível, ele também auxilia no resfriamento do ar presente na câmara de combustão com isso aumenta a eficiência volumétrica do motor. O resfriamento da câmara permite que o motor trabalhe com uma maior taxa de compressão com maior tolerância a detonação.

A figura 18 o modo Homogêneo a injeção ocorre no momento de admissão de ar do motor, enquanto a direita o estratificado o corre no momento de compressão do motor. (KALWAR&AGARWAL, 2020)

Figura 18 - Injeção homogênea e estratificada



Fonte: (KALWAR&AGARWAL, 2020)

13.3 Sistemas de Combustão injeção direta

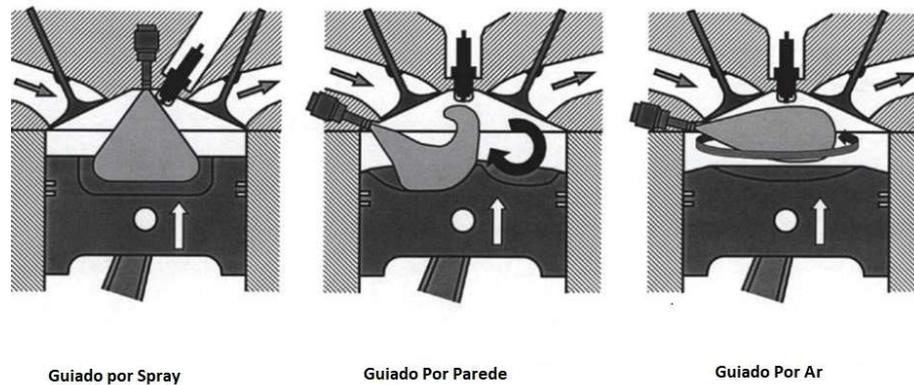
São três as classificações dos sistemas de Combustão: guiados por ar, guiados por paredes e guiados por spray. Essas configurações são utilizadas para operar no modo homogêneo e estratificado. Estes são diferenciados com base na posição do injetor e na cavidade do pistão para movimento no cilindro. Em sistemas guiados por ar e guiados pela parede, a posição do injetor está distante da vela de ignição e a formação da mistura ar-combustível é feita pelo movimento bem definido no cilindro ou pela interação do spray com a cavidade do pistão. No sistema de pulverização guiada, o injetor é colocado próximo da vela de ignição para que uma mistura de combustível rica possa ser formada nas perto da vela de ignição (KALWAR&AGARWAL, 2020)

O sistema guiado por spray é de segunda geração e oferece vantagens como maior eficiência de combustão, o que leva a uma maior economia de combustível. As configurações guiadas por parede e guiadas por spray são usadas para uma formação de mistura de modo estratificado. O sistema guiado pela parede faz uso do reservatório do pistão para guiar o combustível injetado para se concentrar ao redor da vela de ignição no momento da ignição,

enquanto o sistema guiado por spray faz uso da localização do injetor para concentrar o spray próximo à vela de ignição. (KALWAR&AGARWAL, 2020)

Na Figura 19, observa-se que ocorre o momento da injeção de combustível

Figura 19 – Sistemas de combustão DFI



Fonte: (KALWAR&AGARWAL, 2020)

13.4 O progresso da tecnologia de injeção direta

Com auxílio das competições automobilísticas a tecnologia de injeção direta deu um salto nas últimas duas décadas. Os engenheiros e pesquisadores automotivos têm aprimorado continuamente áreas críticas de desenvolvimento, como otimização do sistema de injeção de combustível, preparação da mistura, sistema de combustão etc., a fim de buscar sempre um melhor desempenho e menores níveis de emissões. Ao longo dessa trajetória o ambiente altamente competitivo da formula1 e das competições automobilísticas em geral tem trazidos inúmeros avanços para o setor automobilístico como veremos ao longo desse trabalho de conclusão de curso.

14 SISTEMAS DE TRANSMISSÕES

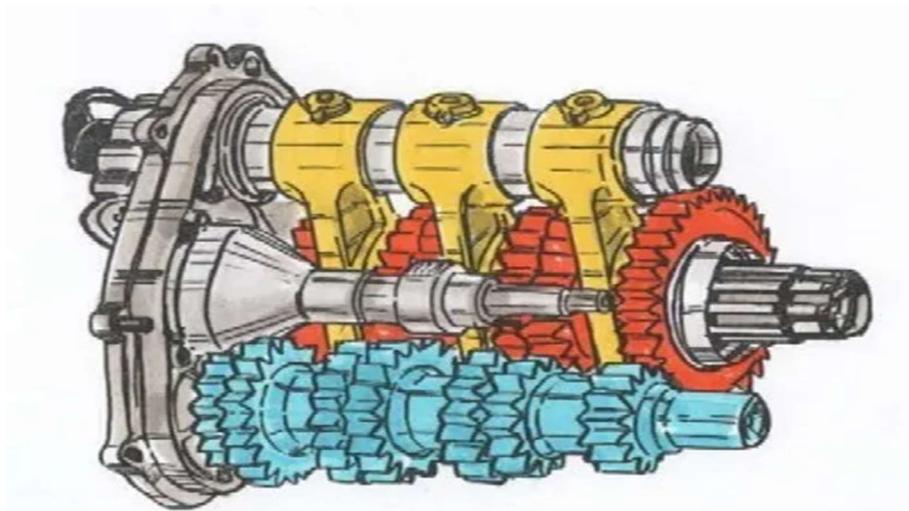
O sistema de transmissão tanto do carro de fórmula 1 quanto do carro de rua, é uma parte essencial para o funcionamento do veículo. Trata-se do componente responsável por transmitir a força do motor para as rodas do veículo.

Para começarmos a entender, vou explicar: a transmissão fica localizada entre o motor e o eixo de transmissão, e assim ela controla a velocidade e o torque que vão para as rodas que são responsáveis por tracionar o carro. Na Fórmula 1, é permitido que apenas o eixo traseiro seja de tração desde a década de 70, assim tirando qualquer possibilidade de termos carros 4x4 (tração nas quatro rodas) na F1.

O mecanismo de transmissão de um carro é responsável por multiplicar o torque nas primeiras marchas, isso através de um sistema de engrenagens: nas primeiras marchas nós temos uma engrenagem menor como a primária e uma engrenagem maior como secundária, assim tendo uma diminuição na rotação da transmissão, mas tendo um aumento no torque da engrenagem secundária, responsável por transmitir sua força às rodas. E nas marchas finais o processo é invertido; temos engrenagens maiores como primárias e menores como secundárias, assim priorizando mais a velocidade do que o torque, (FRAS-LE, 2023).

A figura 20 mostra a configuração de uma caixa de transmissão dos veículos da fórmula 1

Figura 20 - Caixa de Transmissão de um F1



Fonte: <https://www.taringa.net>, (2023)

14.1 Embreagem

Para que o processo acima possa ser feito corretamente, é necessário que o fluxo de potência do motor seja interrompido. E para isso, foi preciso criar a embreagem. A embreagem tem como função, quando acionada, cortar a ligação da força do motor com a transmissão, assim a transmissão perdendo sua força enquanto a embreagem é acionada. Ela deve ser utilizada para a saída do veículo e para as trocas de marcha.

Começou a ser utilizado em 1975 pela Lotus, tendo dois pedais de embreagem: um para a elevação das marchas e um para a redução das marchas. Porém não obtiveram muito sucesso. Alguns anos depois as montadoras como a Ferrari começaram a desenvolver sistemas parecidos, mas não existiam tecnologias suficientes para dar continuidade neste projeto, então ele foi arquivado. Quase uma década depois, em 1986, o projetista da McLaren, John Barnard, pensou em um sistema que já era possível à sua época e com parceria com a Bosch, foram em busca de desenvolver um sistema do tipo mencionado acima, só que agora voltado a otimizar a aceleração do carro. (FRAS-LE, 2023).

Porém foi demitido e contratado pela Ferrari, assim tendo aquele projeto que não foi possível ser feito naquela época por falta de recursos. E assim ressuscitou o projeto e foi mais além: Teve uma ideia sobre um sistema onde o piloto só precisaria usar a embreagem para as situações em que o carro estaria parado e precisasse sair do repouso. Daí em diante as marchas seriam trocadas sozinhas pelo sistema. O objetivo era reduzir o tempo perdido pelo piloto pois ele poderia focar somente na pilotagem. E essa inovação foi implementada na temporada de 1989 juntamente com a era dos motores aspirados.

Durante 1 ano, o engenheiro desenvolveu este sistema e pensava em como melhorar a aerodinâmica do carro, se livrando do câmbio que ocupava bastante espaço no cockpit. Foi assim que chegamos ao sistema de alavancas atrás do volante. Foi uma tacada de sorte, pois cumpria com o objetivo do engenheiro, se tornaria um sistema mais ágil e o piloto não precisaria mais tirar as mãos do volante. Na época, eram três alavancas: uma para subir as

machas, uma para descer e uma para a embreagem, utilizada somente para sair com o carro.

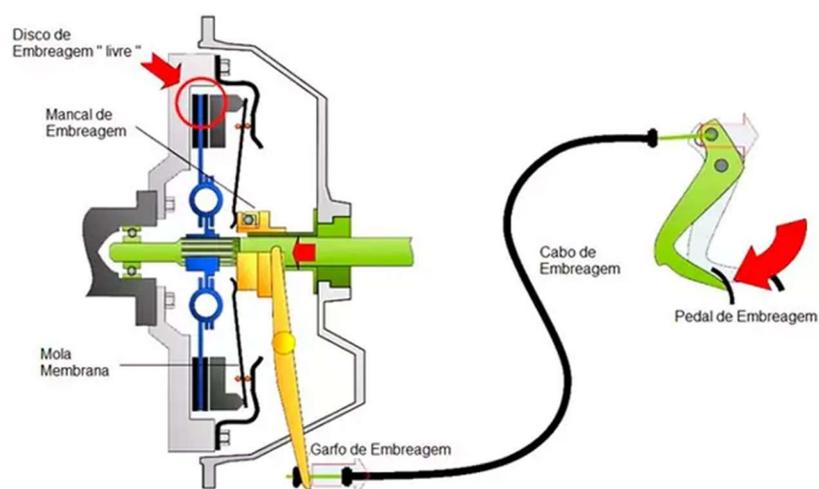
Em seguida foram realizados testes em um carro híbrido que estava de acordo com as regras da próxima temporada, e houve diversas quebras do sistema durante o teste, o que apenas desanimava a equipe. Mas para a surpresa de todos, na primeira corrida em que foi utilizada, no GP do Brasil, a Ferrari largou em sexto e no final obteve a vitória.

Iniciou bem, mas nas corridas seguintes tiveram 19 abandonos entre os dois pilotos da equipe em 16 etapas, a maioria por conta do câmbio semiautomático. A Ferrari conseguiu, no meio da temporada, identificar e corrigir o problema do sistema, que eram as baterias responsáveis por alimentar o sistema.

Daí em diante as outras equipes começaram a usar o mesmo sistema e fora o melhorando. A Williams por exemplo, em 1991 utilizou um sistema parecido, porém mais compacto, mais parecido com o de hoje. E a partir de 1996, todas as equipes utilizavam este sistema de troca de marchas. (FRAS-LE, 2023).

A Figura 21 podemos ver o desenho de alguns componentes que fazem parte do sistema de embreagem automotiva

Figura 21- Funcionamento da embreagem automotiva



Fonte: <https://www.mixauto.com.br>, (2023)

14.2 Câmbio Semiautomático

Foi pelo sistema mencionado anteriormente, que chegamos ao câmbio semiautomático. Estas mudanças foram capazes de melhorar a agilidade nas trocas de marcha, agora não sendo necessário que os pilotos tirem a mão do volante para realizarem a troca das marchas, e sendo mais eficientes nas trocas, pois quando a troca era totalmente manual, muitas vezes os pilotos acabavam errando a marcha podendo ocasionar até a quebra do câmbio. Agora a troca é realizada por duas alavancas localizadas na parte de trás do volante.

E com o passar dos anos o sistema foi melhorado, buscando uma troca mais suave das marchas, assim como no câmbio automático. Para isso, começaram a utilizar um sistema de duas embreagens que suaviza a troca das marchas, eliminando os trancos existentes anteriormente. (FELIPE MEIRA, 2022).

Na Figura 22 podemos ver como é aplicado e utilizado os engates de marchas no veículo.

Figura 22 - Câmbio Semiautomático



Fonte: <https://www.portalautomoveis.com.br>, (2023)

14.3 Transmissão Automática nos veículos de rua

A transmissão automática hoje deixou de ser um item de luxo e se tornou um item essencial para milhares de pessoas por todo o mundo. Hoje ela é encontrada em todos os tipos de veículos, desde carros esportivos e de luxo até carros de passeio comuns, se tornou uma opção para todas as classes.

Explicaremos um pouco sobre este tipo de transmissão tão eficiente que é usado por nós. A transmissão automática realiza o processo de troca de marcha de forma independente, onde não é necessária a troca de marcha por alavanca ou borboletas. A transmissão automática funciona com componentes específicos como: o módulo eletrônico, os dispositivos hidráulicos e um conversor de torque que é responsável por substituir a embreagem que é utilizada na transmissão manual.

Nesta transmissão, o conversor de torque faz com que a troca de marcha seja praticamente impecável, assim sendo quase imperceptível sentir a troca de marcha. Além de ser responsável por interligar o motor e o câmbio, assim o torque sendo transmitido por meio de um óleo específico que o transfere da bomba para a turbina até chegar na caixa de marchas. Tudo isso sendo realizado pelos atuadores hidráulicos, que são comandados pela ECU específica deste sistema. (LARISSA RAMOS, 2020)

Por isso, na rotação mínima do motor, a pressão do óleo é reduzida e o carro é capaz de ficar parado devido a uma leve pressão no freio. Todos esses componentes citados acima sendo responsáveis por trocas mais suaves, que proporcionam um maior conforto e liberdade para o condutor do carro.

A figura 23 nos retrata uma transmissão automática em corte

Figura 23 - Transmissão Automática em corte



Fonte: <http://blogdomoquenco.blogspot.com>, (2023)

15 SISTEMA DE TELEMETRIA

Antes de falarmos sobre a telemetria na fórmula 1 precisamos entender o que é telemetria e sua importância para os sistemas embarcados em geral.

De acordo com (MATTOS,2004) palavra telemetria é a união de duas palavras gregas. Tele significa longe e meter significa medir. Por isso telemetria (TM) significa realizar medições à distância, ou em local remoto. A telemetria se inicia devido a necessidade de realizar medições em locais inacessíveis, como por exemplo dentro de um forno e evoluiu em uma ciência complexa capaz de realizar medições dentro de um míssil guiado, aviões a jato ou em um veículo em alta velocidade. Através de sensores e uma central de gerenciamento esses dados podem ser enviados em tempo real para uma análise, seja para correção de possíveis falhas ou melhoria de desempenho. No caso da fórmula 1 onde um milésimo de segundo pode significar um ano inteiro de trabalho a análise desses dados em tempo real é indispensável. (MATTOS,2004)

De acordo com (T. DEBICKI,2008) telemetria, é um campo complexo e fascinante que é composta por diversos componentes essenciais que

trabalham em conjunto para fornecer medições precisas à distância. Esses elementos são indispensáveis em qualquer sistema de telemetria.

Primeiramente, temos os sensores responsáveis por capturar os dados que desejamos como aceleração, temperatura, força G em 3 eixos exercida na frenagem e em curvas, desgaste de Pneus etc. Na fórmula 1 também são registrados dados de condução para que a equipe possa avaliar desempenhos dos pilotos e em caso de acidente a Federação Internacional de Automobilismo (FIA) pode determinar ou descartar erro do piloto como possível causa. Os sensores registram essas informações que é processada pelo centro de gerenciamento embarcado. Em seguida, temos a antena transmissora de baixo ganho, que permite enviar os dados coletados para o local de destino.

No início, foi usado um sistema telemétrico “bidirecional” que hoje está completamente proibido na Fórmula 1 desde a temporada de 2003. Isso significa que a transferência de dados só é possível do carro para a box. A telemetria bidirecional significa que os engenheiros têm a capacidade de atualizar as calibrações do carro em tempo real, enquanto ele ainda está na pista. Em 2002, David Coulthard não teria vencido o Grande Prêmio de Mônaco se os engenheiros não usassem o sistema telemétrico para alterar alguns parâmetros do motor. Porque na metade da corrida, uma pequena fumaça começou a aparecer acima de seu carro. No entanto, a telemetria bidirecional não está mais em uso na Fórmula 1, a tecnologia existe e é usada em diferentes aplicações como por exemplo em automóveis (T. DEBICKI,2008)

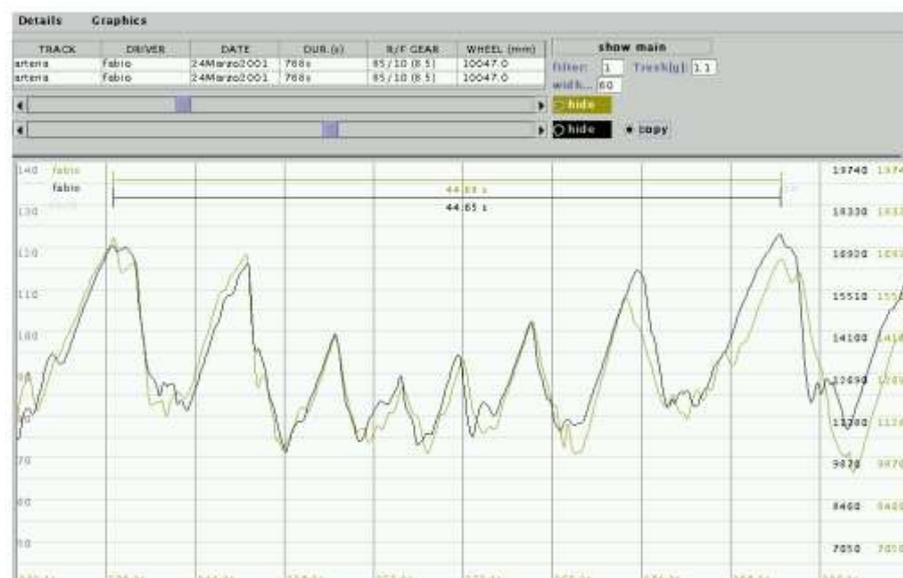
Segundo (T. DEBICKI,2008) a telemetria ainda tem um grande impacto no desenvolvimento do carro ou na preparação para a corrida, mesmo que seja apenas um sistema unidirecional. Agora, os pilotos têm muitos botões e controles no volante para que possam alterar os parâmetros do carro (principalmente o motor) por conta própria. Os engenheiros olham a telemetria o tempo todo durante a corrida, testes e qualificações, eles podem sugerir ao piloto a alteração de um dos parâmetros; eles também costumam sugerir em quais curvas os motoristas podem ir mais rápido. Durante a corrida, os dados telemétricos não são apenas transmitidos para os boxes, mas também para a sede da equipe, onde a equipe de engenheiros pode resolver alguns problemas.

De acordo com (MATTOS,2004) devido ao grande número de dados compartilhados no início não havia sistema sem fio que pudesse suportar esses altos requisitos. A única solução foi desenvolver um novo sistema de rádio para suportar as taxas de dados necessárias. Os requisitos não eram apenas sobre taxas de dados, mas também latência aceitável, qualidade de serviço, países de operação, tamanho do hardware, custo, consumo de energia e muito mais. Os dados telemétricos também são muito exigidos para a infraestrutura de TI das equipes de F1. Os dados de cerca de 250 sensores do carro estão sendo enviados em tempo real para a garagem, as equipes coletam 800 GB de dados durante um fim de semana de corrida, a mesma quantidade de dados também é enviada para a sede da equipe, então o crucial é ter um alto link de largura de banda através do satélite das pistas para a fábrica. (T. DEBICKI,2008)

De acordo com (T. DEBICKI,2008) Uma análise de dados detalhada só pode ser alcançada na fábrica e, em seguida, são tomadas decisões quanto a realização de modificações; todos os dados para configuração do carro e melhoria no desempenho são enviados de volta para a pista.

A Figura 24 nos mostra um gráfico comparativo sobre o desempenho de dois pilotos.

Figura 24 - Análise de Comparativa do desempenho de dois pilotos



Fonte: (MATTOS,2004)

15.1 Composição do sistema de Telemetria

De acordo com (MATTOS,2004) no veículo tem os sensores que são responsáveis pela coleta de informações esses dados são tratados pelo sistema de gerenciamento instalado no veículo e enviados através de uma antena de baixo ganho. A antena receptora e chamada de antena alto ganho, ela é responsável por receber os sinais transmitidos pela antena de baixo ganho. Ela deve garantir uma recepção eficiente e confiável dos dados.

Além disso, temos o receptor que atua como o cérebro do sistema de telemetria. Ele é responsável por processar os sinais recebidos e transformá-los em dados compreensíveis. É nesse estágio que ocorrem os métodos de compactar e descompactar os dados, permitindo que sejam transmitidos e interpretados corretamente.

Outro aspecto importante é a etiquetagem do tempo (*time tagging*), um método essencial para análises pós-operacionais. Ele garante que cada dado seja marcado com o momento exato em que foi capturado, facilitando a correlação e interpretação dos eventos (MATTOS,2004)

Para garantir que os dados sejam armazenados de forma adequada, é necessário contar com métodos de arquivamento. Esses métodos permitem que os dados sejam armazenados para análises subsequentes, possibilitando uma análise mais aprofundada do desempenho do sistema.

Por fim, vale ressaltar os métodos sofisticados de processamento de dados, que ocorrem antes da exibição dos resultados. Esses métodos envolvem análises avançadas e algoritmos complexos, que permitem extrair insights valiosos dos dados coletados. (MATTOS,2004)

Em suma, a telemetria é uma ciência complexa que requer a integração de diversos componentes para o seu funcionamento adequado. A combinação dos sensores, antenas, receptor, etiquetagem de tempo, métodos de arquivamento e processamento de dados resulta em um sistema completo e eficiente, capaz de realizar medições à distância e fornecer informações valiosas para análises e tomadas de decisão (MATTOS,2004)

15.2 Utilização da Telemetria pela fórmula 1

A telemetria desempenha um papel fundamental na Fórmula 1, permitindo que as equipes obtenham dados em tempo real dos seus carros e os analisem meticulosamente visando aprimorar o desempenho. Essa tecnologia sofisticada possibilita a coleta de informações valiosas provenientes dos diversos sensores instalados nos veículos, transmitindo-as de forma wireless para a equipe de engenharia.

Por meio dessa comunicação instantânea, os engenheiros têm acesso imediato a uma série de informações cruciais, como velocidade, rotação do motor, consumo de combustível, pressão dos pneus e temperatura. Esses dados detalhados fornecem uma base sólida para que a equipe tome decisões precisas relacionadas à estratégia de corrida, explorando ao máximo o potencial dos carros (T. DEBICKI,2008)

Além disso, a telemetria desempenha um papel vital ao fornecer *feedback* em tempo real aos pilotos. Os engenheiros podem transmitir informações importantes diretamente para o *cockpit*, oferecendo conselhos valiosos e ajustes necessários para otimizar o desempenho nas pistas. Dessa forma, a comunicação bidirecional entre a equipe e o piloto é aprimorada, permitindo que ajustes sejam feitos de forma instantânea para maximizar a performance durante a competição (T. DEBICKI,2008)

Outro benefício significativo da telemetria é a capacidade de identificar possíveis problemas mecânicos no carro. Através da análise dos dados coletados, os engenheiros podem detectar anomalias e tomar medidas corretivas imediatas. Isso é de extrema importância para garantir a confiabilidade dos veículos, além de evitar possíveis falhas que poderiam comprometer o desempenho durante as corridas.

Em resumo, a telemetria desempenha um papel essencial na Fórmula 1, permitindo que as equipes coletem dados em tempo real e os utilizem para aprimorar a performance dos carros. Com acesso a informações detalhadas, os engenheiros podem tomar decisões estratégicas fundamentadas, fornecer *feedback* aos pilotos e identificar possíveis problemas mecânicos. Essa tecnologia avançada representa um elemento crucial na busca pelo máximo desempenho

15.3 Telemetria auxilia no desempenho de pilotos

De acordo com (M. REHMAN, 2023) telemetria não apenas auxilia equipes e engenheiros na análise de dados para aprimorar o desempenho de seus carros, mas também proporciona aos pilotos informações valiosas sobre como dirigir com mais velocidade, inteligência e segurança.

Os dados de telemetria oferecem de informações detalhadas que podem beneficiar tanto os pilotos quanto as equipes de Fórmula 1. Com o auxílio desses dados, os engenheiros podem avaliar o desempenho de diversos componentes do carro e auxiliar os pilotos a aperfeiçoar seu estilo de condução, visando obter tempos de volta ainda melhores.

O *feedback* em tempo real também permite que os pilotos se adaptem às variações nas condições da pista e gerenciem aspectos como o desgaste dos pneus, o consumo de combustível e possíveis problemas técnicos. Além disso, esses dados podem ser utilizados para desenvolver e ajustar estratégias de corrida, como determinar o momento ideal para realizar uma parada nos boxes ou buscar uma volta mais rápida (M. REHMAN, 2023)

A telemetria também desempenha um papel crucial no monitoramento do estado do veículo, alertando as equipes sobre possíveis perigos. Isso contribui para aumentar a segurança dos pilotos, prevenindo acidentes ou falhas técnicas antes que se tornem críticos. (M. REHMAN, 2023)

Por fim, os dados coletados de diferentes pilotos e sessões podem ser comparados, a fim de identificar padrões que auxiliem os pilotos a aprender com o desempenho uns dos outros e a realizar melhorias contínuas em sua performance.

15.4 Evolução da telemetria na Fórmula 1

A evolução da telemetria na F1 foi marcada por um progresso veloz. Inicialmente, a interação entre o piloto e os engenheiros era limitada e as equipes contavam principalmente com o *feedback* fornecido pelo piloto e não com os dados coletados, que até meados dos anos 90 não havia comunicação direta entre piloto e equipe.

As melhores equipes só podiam até então controlar os tempos das voltas. Mas hoje, a telemetria permite um ajuste mais refinado e em tempo real das configurações do veículo. E até mensagens podem ser enviadas diretamente para o painel durante a competição

Segundo (M. REHMAN,2023) Inicialmente, os dados foram usados principalmente para verificar se os motores estavam funcionando corretamente e se outras partes cruciais do carro estavam funcionando corretamente. No entanto, a equipe agora está usando dados de desempenho para tornar seus carros mais rápidos. Isso inclui informações sobre a temperatura dos freios e dos pneus, como o motorista controla o acelerador e os freios, bem como o equilíbrio do chassi e os controles do volante. Todos esses fatores são otimizados de diferentes formas, contribuindo para um melhor desempenho operacional.

A telemetria percorreu um longo caminho, mas um dos maiores desafios continua sendo obter as informações certas no momento certo. Isso requer respostas rápidas com dados precisos, tornando recursos como o *NetApp* (A *NetApp* é uma empresa global de software orientado para a nuvem e centrado em dados que capacita organizações para liderarem com dados na era da transformação digital acelerada) (usado principalmente pela Aston Martin). Como resultado, essa tecnologia dá aos pilotos acesso a carros mais rápidos, o que melhora seu desempenho durante as corridas. (M. REHMAN, 2023).

Dessa forma, podemos perceber que o esporte automobilístico atual não se resume apenas ao motor mais potente ou ao piloto mais habilidoso. A equipe que se destaca é aquela que sabe quais dados coletar em determinado momento e como analisá-los corretamente. Através do uso da telemetria, é possível extrair o máximo desempenho tanto do carro quanto do piloto.

15.5 Questões sobre sua utilização.

Embora a telemetria seja amplamente utilizada na Fórmula 1, ainda há controvérsias sobre sua utilização.

Veremos alguns argumentos a favor e contra a utilização da telemetria pela fórmula 1 (M. REHMAN, 2023)

Para quem defende a utilização da telemetria na Fórmula 1 um dos argumentos utilizados é que ela adiciona uma camada de segurança e melhoria de desempenho. Os pilotos recebem feedback em tempo real enquanto estão na pista, permitindo que tomem decisões baseadas em dados e se preparem melhor para possíveis problemas. Isso os ajuda a se tornarem mais eficientes e eficazes durante as corridas.

Além disso, as equipes podem utilizar os dados coletados pela telemetria para analisar o desempenho do carro e realizar ajustes em tempo real. Os engenheiros podem identificar possíveis pontos de atenção com os componentes antes que eles levem a reparos caros ou acidentes. Por fim, a telemetria contribui para a segurança dos pilotos e aprimora o nível técnico das corridas.

Já para quem é contra a telemetria na Fórmula 1 poderia reduzir as habilidades naturais dos pilotos. Ao depender dos dados para tomar decisões, os pilotos podem se tornar excessivamente dependentes da tecnologia, perdendo a confiança em seus próprios instintos ao dirigir. Isso pode levar a uma diminuição da criatividade, já que os pilotos podem ficar muito dependentes da telemetria em relação à estratégia de corrida.

Outra questão contra a telemetria é que ela pode proporcionar uma vantagem às equipes com maiores recursos financeiros em relação às equipes menores. Devido aos custos associados ao desenvolvimento e utilização dessas tecnologias, as equipes maiores têm mais recursos para adquirir e utilizar os melhores sistemas de coleta de dados. Isso pode criar um ambiente de competição desigual, onde as equipes menores estão em desvantagem (M. REHMAN, 2023)

É importante encontrar um equilíbrio adequado na utilização da telemetria na Fórmula 1. Garantir a segurança dos pilotos e promover um campo de jogo justo são aspectos essenciais para o futuro do esporte.

16 TECNOLOGIAS SOBRE CARROCERIAS

Muitas forças atuam na carroceria de um veículo de fórmula 1, seja positivamente sob a influência do motor, seja negativamente durante a frenagem. Uma menor massa permite que engenheiros alterem a posição do centro de gravidade do automóvel, influenciando de forma significativa em suas características de manobrabilidade. A procura de um peso mais baixo e de um melhor desempenho estimularam a introdução de novas tecnologias, tanto a nível da concepção como da construção. Os componentes estruturais do automóvel devem ser rígidos e suficientemente fortes para satisfazer os requisitos de carga, tolerar e resistir aos danos causados pelo impacto e ter o menor peso possível. A solução para este problema é alcançada através da optimização da geometria, da qualidade de construção e da utilização dos materiais mais adequados. A procura da máxima eficiência estrutural resultou numa progressão de diferentes tecnologias ao longo da história das corridas de Grande Prémio. Grande parte do desenvolvimento na Fórmula 1 tem sido uma sombra do que está a acontecer na indústria aeroespacial. Isto não é surpreendente quando se considera a semelhança dos seus objetivos.

16.1 Materiais Compósitos

Segundo (GAY, 1991) Compósito é definido como sendo uma material formado por dois ou mais matérias com características e aspectos diferentes, no entanto quando analisado macroscopicamente o mesmo é homogêneo podendo possuir fibras longas ou curtas.

De acordo com (G. SAVAGE,2008) Uma descrição mais abrangente também requer que os componentes estejam presentes em proporções razoáveis, sendo que um mínimo de 5% em peso é arbitrariamente considerado. Além disso, o material deve ser considerado como produzido pelo homem. Isso significa que deve ser deliberadamente produzido através da mistura íntima dos componentes. Uma liga que forme uma microestrutura bifásica distinta como resultado da solidificação ou tratamento térmico não seria considerada um compósito. Por outro lado, se fibras ou partículas

cerâmicas forem misturadas com um metal para produzir um material composto por uma dispersão da cerâmica no metal, isso seria considerado um compósito.

Como demonstrado por (G. SAVAGE,2008) Em uma escala microscópica, os compósitos são compostos por duas ou mais fases quimicamente distintas separadas por uma interface claramente definida. Essa interface exerce uma grande influência nas propriedades do compósito. A fase contínua é conhecida como matriz. Geralmente, as propriedades da matriz são significativamente melhoradas pela incorporação de outro componente para formar o compósito. O compósito pode ter uma matriz cerâmica, metálica ou polimérica. A segunda fase é denominada reforço, uma vez que aprimora as propriedades da matriz. Na maioria dos casos, o reforço é mais duro, mais resistente e mais rígido do que a matriz. A tensão na qual espécimes nominalmente idênticos falham está sujeita a uma considerável variabilidade. Acredita-se que esse fato seja devido à presença de defeitos inerentes ao material. Sempre há uma distribuição no tamanho das falhas e a falha sob carga ocorre na maior delas. Griffith derivou uma expressão que relaciona a tensão de ruptura com o tamanho da falha. (G. SAVAGE,2008. pag,7)

A Figura 25 nos mostra a expressão de um cálculo sobre tensão de ruptura.

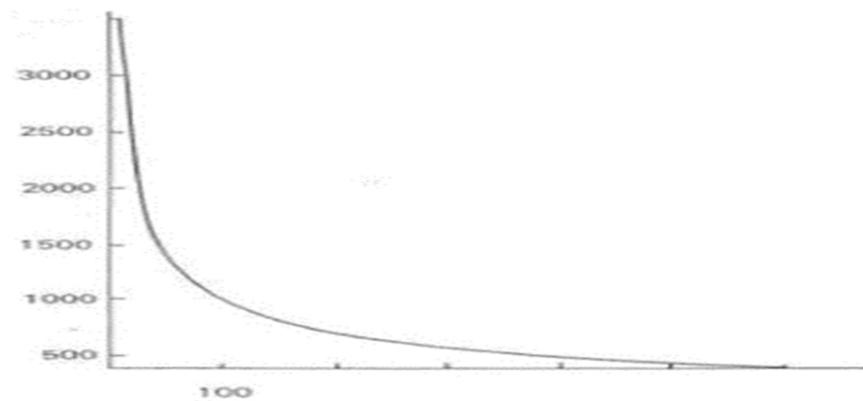
Figura 25 - Expressão de tensão de ruptura

$$\frac{K_{IC}}{ya'^2}$$

Fonte: (G. SAVAGE,2008) tecnologia de materiais compósitos na fórmula 1

Onde nt= tensão de ruptura, KIC é a tenacidade à fratura do material e y uma constante geométrica. Como mostra Figura 26, quanto maior for a dimensão da falha, menor será a tensão de rotura.

Figura 26 - Relação tamanho da falha X tensão de rotura de um material



Fonte: (G. SAVAGE,2008) tecnologia de materiais compósitos na fórmula 1

Portanto, segundo (G. SAVAGE,2008) a resistência de um material pode ser melhorada eliminando ou minimizando essas imperfeições. As fissuras perpendiculares às cargas aplicadas são as mais prejudiciais para a resistência. Assim, os materiais fibrosos ou filamentosos apresentam alta resistência e rigidez ao longo de seus comprimentos, pois nessa direção as principais falhas presentes no material em massa são minimizadas. As fibras facilmente suportam cargas de tração, mas oferecem pouca resistência e deformam-se sob compressão. Para serem diretamente utilizadas em aplicações de engenharia, as fibras devem ser incorporadas em materiais de matriz para formar compósitos fibrosos. A matriz tem a função de ligar as fibras entre si, transferir cargas para as fibras e protegê-las contra danos causados pela manipulação e ataques ambientais

Conforme (G. SAVAGE,2008) os compósitos podem ser divididos em duas classes: aqueles com fibras longas (compósitos reforçados com fibras contínuas) e aqueles com fibras curtas (compósitos reforçados com fibras descontínuas). Em um compósito de fibras descontínuas, as propriedades do material são afetadas pelo comprimento das fibras, enquanto em um compósito de fibras contínuas, assume-se que a carga é transferida diretamente para as fibras e que as fibras na direção da carga aplicada são o principal componente carregador de carga. Os materiais poliméricos são as matrizes mais comuns para compósitos reforçados com fibras. Eles podem ser subdivididos em dois tipos distintos: termorrígidos e termoplásticos. Os polímeros termorrígidos são

resinas que se reticulam durante a cura, formando um sólido vítreo e quebradiço, como poliésteres e epóxis. Os polímeros termoplásticos são moléculas de alto peso molecular e cadeia longa que podem ser emaranhadas (amorfas), como policarbonato, ou parcialmente cristalinas, como nylon, em temperatura ambiente, proporcionando resistência e forma. Em comum com todas as aplicações estruturais de compósitos de matriz polimérica, a Fórmula I é dominada por aqueles baseados em resinas termorrígidas, especialmente epóxis (G. SAVAGE,2008).

A motivação para a substituição de ligas metálicas é demonstrada na Figura 27.

Figura 27 - Comparação das propriedades mecânicas de materiais metálicos

Material	Densidade (gcm ³)	Resistência à tração, σ (MPa)	Módulo de tração, E (GPa)	Força específica (ilp)	Específico Módulo
Aço	7.8	1300	200	167	26
Alumínio	2.81	350	73	124	26
Titânio	4	900	108	204	25
Magnésio	1.8	270	45	150	25
E vidro	2.10	1100	75	524	21.5
Aramida	1.32	1400	45	1060	57
Carbono IM	1.51	2500	151	1656	100
Carbono HM	1.54	1550	212	1006	138

Fonte: (G. SAVAGE,2008) tecnologia de materiais compósitos na fórmula 1

Porém segundo (G. SAVAGE,2008) quando se trata de extensão do material até a ruptura, os materiais compósitos possuem um desempenho inferior ao dos seus concorrentes metálicos. No entanto, o que é importante é o fato de possuírem densidades significativamente mais baixas. Os compósitos reforçados com fibras, portanto, exibem propriedades específicas muito melhores, como resistência e rigidez por unidade de peso. Essas propriedades específicas mais altas permitem a fabricação de componentes mais leves. No entanto, as economias de peso obtidas na prática não são tão grandes como indicado na Tabela 1, devido à extrema anisotropia das fibras, que deve ser considerada em quaisquer cálculos de projeto. Além disso, o módulo específico (E/p) e a resistência (n/p) só são capazes de especificar o desempenho em

determinados regimes de carga. O módulo específico é útil ao considerar materiais para componentes sujeitos a cargas de tração, como os pilares de suporte das asas. (G. SAVAGE,2008). Na Figura 28 veremos o suporte da asa dianteira produzido em materiais compostos.

Figura 28- Pilares do guarda - lamas dianteiros, carregados em tensão



Fonte: (G. SAVAGE,2008) tecnologia de materiais compósitos na fórmula 1

O componente mais leve que suportará uma carga de tração sem exceder uma deflexão pré-determinada é definido pelo valor mais elevado de E/p . Por outro lado, um elemento de compressão, como uma barra de suspensão Figura 29, é limitado pela curvatura, portanto, o melhor material é aquele que apresenta o valor mais elevado de E/p (G. SAVAGE,2008)

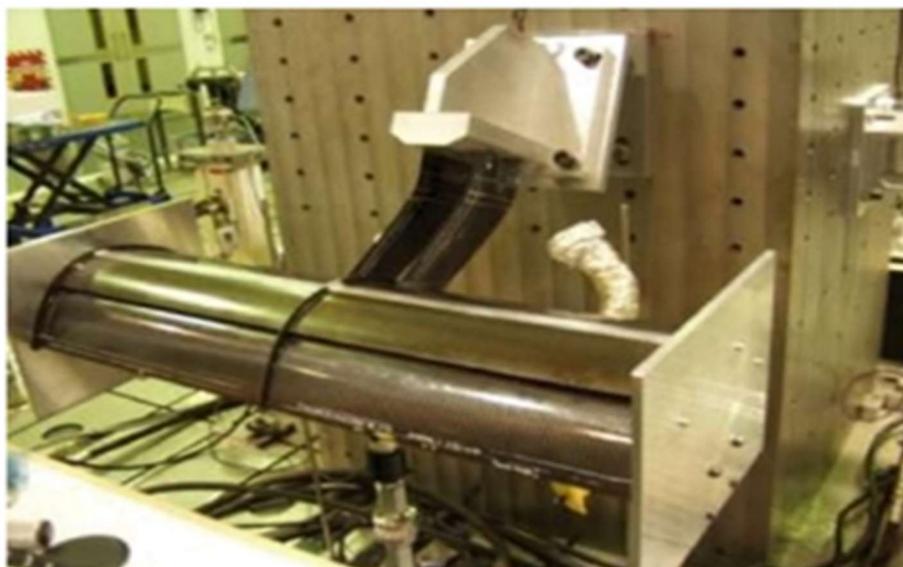
Figura 29 - Tirante traseiro - barra de compressão



Fonte: (G. SAVAGE,2008) tecnologia de materiais compósitos na fórmula 1

Do mesmo modo, um painel carregado em flexão, como uma asa traseira Figura 30, produzirá uma deflexão mínima otimizando E/ρ , no entanto, são facilmente obtidas reduções de peso de 30 a 50% em relação a componentes metálicos equivalentes. (G. SAVAGE,2008)

Figura 30 - Tirante traseiro - barra de compressão



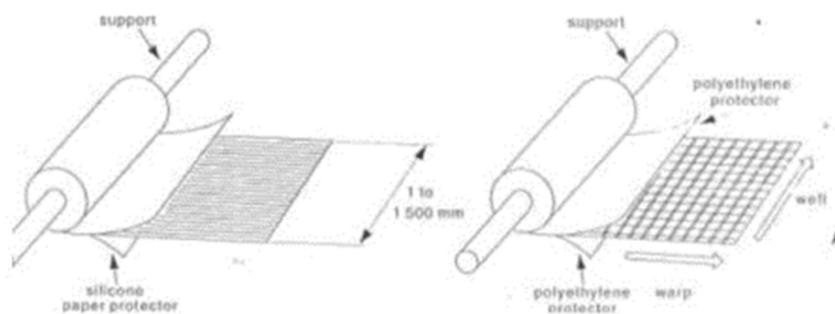
Fonte: (G. SAVAGE,2008) tecnologia de materiais compósitos na fórmula 1

Os projetos de estruturas sensíveis ao peso, como aviões e carros de corrida, exigem materiais que combinem boas propriedades mecânicas com

baixo peso. Inicialmente, as aeronaves utilizavam madeira e tecido na sua construção, mas desde o final dos anos 30 que as ligas de alumínio têm sido os materiais dominantes. Durante as duas últimas décadas, os materiais compósitos têm sido cada vez mais utilizados nos elementos de tensão das aeronaves. As estruturas compósitas são concebidas para terem uma quantidade precisamente definida de fibras na localização e orientação corretas, com um mínimo de polímero para fornecer o suporte. A indústria dos materiais compósitos consegue esta precisão utilizando o pré-impregnado como produto intermediário. (G. SAVAGE,2008).

Na Figura 31 vemos uma ilustração de como é confeccionado o material pre-impregnado.

Figura 31 - "Pré-impregnado"



Fonte: (G. SAVAGE,2008) tecnologia de materiais compósitos na fórmula 1

O pré-impregnado é uma fita larga de fibras alinhadas ou tecidas, impregnada com resina de polímero. Uma estrutura compósita é fabricada empilhando camadas sucessivas de pré-impregnado e curando-as sob temperatura e pressão. Muitos componentes consistem numa "construção em sanduíche"; peles compósitas finas e de elevada resistência são separadas por, e ligadas a, núcleos alveolares espessos e leves. Quanto mais espesso for o núcleo, maior será a rigidez e a resistência do componente, com um aumento mínimo de peso (G. SAVAGE,2008)

16.2 Início do desenvolvimento dos materiais compósitos na Fórmula 1.

De acordo com (G. SAVAGE,2008) Ao longo dos anos, um dos componentes que mais passou por mudanças na Fórmula 1 foi a carroceria dos carros. Essa transformação foi impulsionada por diversos motivos, disponibilidade de matérias, busca por desempenho e segurança. Os primeiros documentos que relatam a construção de carros de competição remontam do final da década de 1920 e mostram o uso de matérias como madeira e aço na sua confecção. Porém existe muito poucos dados sobre seu desempenho. Em meados da década de 1930 à início de 1950 o que predominava na construção de chassi de fórmula 1 consistia numa estrutura tubular de alumínio rodeados por painéis também de alumínio soldados a mão. Logo após herdando pesquisas feitas em tempos de guerra viria para substituir os painéis de alumínio a manta de vidro com uma resina de poliéster popularmente chamada de fibra de vidro que àquela altura seria um material mais barato mais leve e estava amplamente disponível. A utilização desse material continuou até o final da década de 1980.

Nos anos 1960 a Coopers Cars inova com seu chassi feito inteiramente de material compósito. A estrutura era constituída por um revestimento externo de alumínio feito a mão um núcleo também de alumínio e seu interior revestido de material feito a partir de uma mistura de fibra de vidro com plástico tipo poliéster na forma líquida (PRFV). Foi produzido um revestimento exterior de peça única a partir de vários painéis para formar a superfície aerodinâmica final do automóvel. O núcleo alveolar de alumínio foi então colado ao interior do revestimento exterior usando uma película adesiva de resina fenólica. O revestimento interior de poliéster reforçado com fibra de vidro (GRP) também foi colado à estrutura em uma operação separada. Embora o carro nunca tenha sido levado à pista, ele se tornou a base do design de chassis da Fórmula 1 nas duas décadas seguintes (G. SAVAGE,2008).

Na década de 1970, o método preferido de construção de chassis compósitos era usando material alveolar de alumínio com revestimento de alumínio fabricado através do método "cortar e dobrar" como veremos na figura 32. Os tubos eram formados a partir de folhas pré-coladas que eram cortadas, dobradas e rebitadas na forma adequada. As várias equipes envolvidas pré-formavam as peças antes de colá-las ao núcleo usando um adesivo de película epóxi (G. SAVAGE,2008).

Figura 32 - Chassis alveolar de alumínio "corta e dobra" (final da década de 1970).



Fonte: (G. SAVAGE,2008)

Os chassis compósitos de fibra de carbono foram introduzidos pela primeira vez pela equipe McLaren em 1980. Eles consistiam em um arranjo pseudo-monolítico colocado sobre um molde “macho” ou mandril, usando fita pré-impregnada de fibra de carbono unidirecional (UD). O mandril, feito de liga de alumínio fundido e usinado, era desmontado e removido através da abertura do cockpit após a cura do compósito em autoclave. O processo de cura envolvia três fases: uma para a pele interior do compósito, uma segunda para curar a película adesiva epóxi que fixava o núcleo alveolar e uma terceira para outra camada adesiva e a pele exterior da estrutura. O design básico e o processo de fabricação permaneceram essencialmente inalterados por vários anos e continuaram a ser a base da construção do chassi na McLaren até 1992 (G. SAVAGE,2008). Há alguma controvérsia sobre qual equipe foi a primeira a produzir um chassi composto reforçado com fibra, pois a equipe Lotus estava realizando uma pesquisa semelhante em paralelo com a McLaren. No entanto, ao contrário da McLaren, o chassi da Lotus seguiu a metodologia anterior de “cortar e dobrar”, substituindo simplesmente as partes de alumínio pré-ligadas por um compósito híbrido de epóxi reforçado com carbono e poliarilamida mais conhecido como (Kevlar). Portanto, pode-se considerar que eles seguiram um caminho tecnológico diferente e o chassi da McLaren deve ser reconhecido como o precursor dos chassis atualmente utilizados. Segundo (G.

SAVAGE,2008) Nos anos de 1980 a reputação desses compósitos estava em xeque já que muitos engenheiros expressavam muitas dúvidas quanto ao uso de matérias tão frágeis para uma aplicação sujeita a grandes tensões. Apesar das desconfianças de muitos dos seus concorrentes, o McLaren MP4/1, o primeiro carro de corrida monobloco em fibra de carbono.

Figura 33, revelou-se tão bem-sucedido que rapidamente foi copiado, por todas as outras equipas.

Figura 33 - O primeiro McLaren MP4/1 monocoque de carbono (1980).



Fonte: (G. SAVAGE,2008)

De acordo com (G. SAVAGE,2008) o ano de 1981 foi marcado por uma espécie de "guerra de desgaste" para a McLaren, com vários carros sofrendo repetidos acidentes tanto nos testes quanto nas corridas. Tornou-se evidente que, além das melhorias nas propriedades mecânicas e da redução de peso do chassi devido à utilização de materiais compósitos, os danos causados pelos acidentes se limitavam a área de impacto. As reparações podiam ser realizadas de forma rápida, sem comprometer o desempenho. Portanto, já tinha ficado provado que esses novos compósitos tinham capacidade de

suportar danos menores e facilitavam o reparo, porém, os projetistas ainda não estavam convencidos quanto a sua capacidade de resistir a colisões de maior magnitude. Conforme descrito por (G. SAVAGE,2008) no Grande Prêmio da Itália de 1981, John Watson perdeu o controle de seu McLaren e colidiu violentamente com as barreiras. Surpreendentemente, ele saiu ileso dos destroços. Esse incidente desempenhou um papel significativo em tirar qualquer dúvida quanto a segurança dos compósitos de fibra de carbono sob cargas de alta taxa de deformação. Conforme será mostrado na Figura 34, as propriedades de absorção de energia dos compósitos tiveram uma parcela de responsabilidade no salto de segurança que o esporte deu a partir da década 1980(G. SAVAGE,2008).

Figura 34 - 1º acidente grave envolvendo compósitos de fibra de carbono McLaren MP4/1

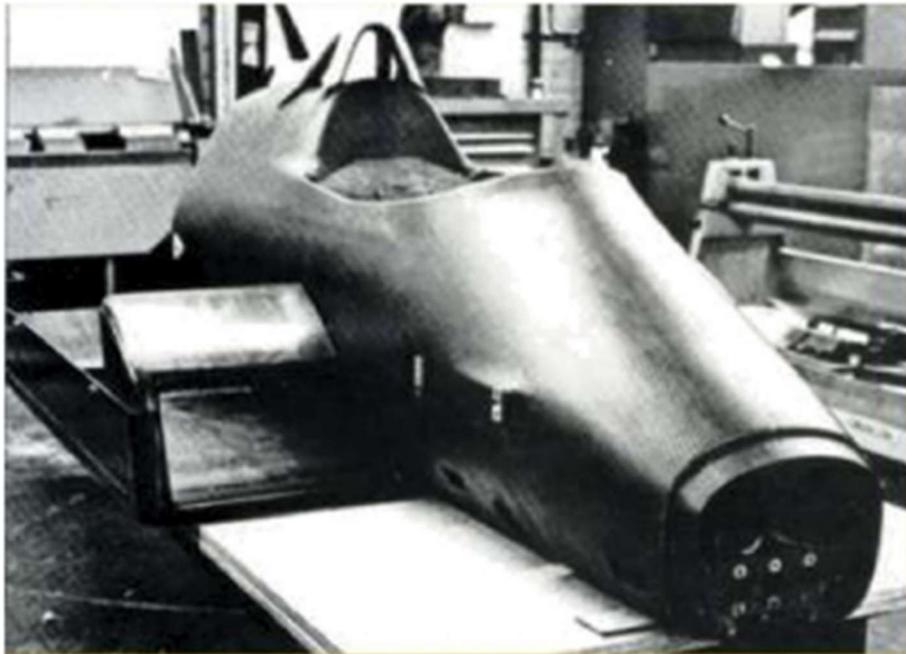


Fonte: (G. SAVAGE,2008)

O próximo grande avanço na construção de chassis ocorreu em 1983 por uma das equipes menores. A equipe alemã ATS desenvolveu um tubo fabricado utilizando ferramentas compostas. As duas metades da estrutura foram fabricadas com pré-impregnado reforçado com tecido e unidas na linha central Figura 35. A moldagem permite uma utilização muito mais eficiente e torna o projeto muito mais aerodinâmico, uma vez que apenas necessário o

mínimo de carroçaria secundária para cobri-lo. Além disso, oferece a oportunidade de otimizar a geometria e, assim, melhorar sua eficiência estrutural. O ATS Figura 35, com motor BMW, nunca foi um dos principais concorrentes, mas é geralmente considerado como um dos chassis mais robustos e rígidos do circuito. No entanto, esse método de fabricação requer uma junção na estrutura principal e um alto nível de habilidade do laminador para produzir um componente consistente e repetível (G. SAVAGE,2008). Os avanços na modelagem aerodinâmica, análise estrutural e técnicas de laminação têm garantido o contínuo desenvolvimento do chassi e de outras peças compostas.

Figura 35 - Cockpit moldado ATS D6 (1983).



Fonte: (G. SAVAGE,2008)

De acordo com (G. SAVAGE,2008) durante o processo de concepção do MP4/1, a McLaren optou por utilizar compósitos de carbono sempre que apresentavam vantagens em termos de propriedades mecânicas ou simplificação do projeto. Desde então, tem havido um contínuo processo de substituição de metais no esporte. No início dos anos 90, Savage e Leaper, da McLaren, desenvolveram elementos de suspensão compósitos Figura 36.

Atualmente, os componentes compósitos da suspensão são amplamente utilizados por todas as equipes

Figura 36 - Suspensão produzida com materiais compósitos



Fonte: (G. SAVAGE,2008)

Segundo (G. SAVAGE,2008) Além da evidente redução de peso, as barras de tração, triângulos e outras peças compostas possuem uma durabilidade praticamente infinita em relação à fadiga, tornando-as muito mais rentáveis do que as peças de aço que substituíram. A introdução mais recente de uma caixa de câmbio em materiais compósitos ocorreu em 1998 pelas equipes Arrows e Stewart, no entanto, o verdadeiro potencial dessas estruturas só foi plenamente realizado a partir de 2004 pela equipe BAR-Honda. As caixas de câmbio em materiais compósitos Figura 37 são significativamente mais leves do que as caixas tradicionais em liga leve, até 25% mais rígidas, podem operar em temperaturas mais elevadas e são facilmente modificáveis e reparáveis. No entanto, os desafios relacionados ao projeto, logística, entre outros, não podem ser negligenciados, o que explica por que ainda não são universalmente utilizadas em todos os carros da F1 atualmente. (G. SAVAGE,2008)

Figura 37 - Caixa de velocidades em material compósito



Fonte: (G. SAVAGE,2008)

Conforme descrito por (G. SAVAGE,2008) compósitos de fibra de carbono representam quase 85% do volume dos materiais utilizados na construção de uma fórmula 1, embora correspondam a menos de 25% da massa total. Além do chassis e a carroceria, outros componentes como dutos do sistema de arrefecimento, os freios, as estruturas de colisão frontal, traseira e lateral, a suspensão, a caixa de velocidades e o volante. Além de peças estruturais, também são utilizados diversos compósitos especiais. Isso inclui embreagens de carbono e partes do sistema de escape.

17 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O nosso projeto consiste em realizar um estudo de pesquisa sobre tecnologias desenvolvidas na Fórmula 1 e aplicadas nos veículos de passeios visando realizar um estudo com base em dados e pesquisas reais tratando de diversos sistemas eletrônico simples, e complexo abordando pontos de tópicos importantes de funcionamento de vários tipos de sistemas desenvolvidos na categoria que beneficia muito a indústria automobilística vale lembrar que esse estudo será um conteúdo em base de dados reais e já feitos falaremos de pontos importantes e que fazem parte de uma cadeia de construção de um veículo automotor das categorias da fórmula 1.

18 CONCLUSÃO

A ideia do nosso TCC é estudar e explicar os diversos tipos de sistemas integrados e desenvolvidos na fórmula 1. Vimos o quanto é valioso a competição que visa sempre trazer evoluções tecnológicas e fazer testes de validações em alguns veículos, sistemas que acompanham a evolução mundial que, atualmente, vem com os veículos equipados com motores de injeção direta e até híbridos. Sabemos a importância de cada sistema e concluímos que fizemos um estudo bibliográfico explicando grande parte de cada tecnologia desenvolvida pelas escuderias.

REFERÊNCIAS

ANTIGO PPE, Produção de veículos F1, Disponível em: <http://antigo.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/baran.pdf>,

Ankur Kalwar ; Avinash Kumar Agarwal. 2020; Overview, Advancements and Challenges in Gasoline Direct Injection Engine Technology

ARCHIVE, Telemetria e conceitos relacionados, Disponível em : <https://ia802309.us.archive.org/35/items/TelemetriaEConceitosRelacionados/MattosAlessandroNicoli-TelemetriaEConceitosRelacionados-Web.pdf>,

Baran, Renato, 2012 “a introdução de veículos elétricos no brasil: avaliação do impacto no consumo de gasolina e eletricidade”;

blog.fras-le.com/sistema-de-transmissao/.

CEBDS. ORG, Carros elétricos. Disponível em: https://cebds.org/carros-eltricos-serao-maioria-ate-2040-apontaestudo/?gclid=EAlaIQobChMIterKi9mAIVROZcCh12rAwMEAAAYASAAEgLzfPD_BwE#.YqU_NVXMLIU,

Cowan, R., 1990, “Nuclear Power Reactors: A Study in Technological Lock-in”, The Journal of Economic History;

Cowan, R., Hultén, S., 1996, “Escaping Lock-in: The Case of Electric Vehicle”. Technological Forecasting and Social Change;

EIA DOE. Annual Energy Review, 2009. Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/contents.html>>

ESCHOLARSHIP, Análise de dados para fórmula 1, Disponível em: <https://escholarship.org/content/qt1514g4p5/qt1514g4p5.pdf>

GRANDE PRÊMIO, Fia revisa diretiva para impedir que equipes da fórmula 1 burlem teto de gasto, Disponível em: <https://www.grandepremio.com.br/f1/>,

Hoyer, K.G. (2008) The History of Alternative Fuels in Transportation: The Case of Electric and Hybrid Cars;

Hua Zhao, 2009 Advanced Direct Injection Combustion Engine Technologies and Development: Gasoline and Gas Engines:

MATTOS (2004), Alessandro Nicoli - Telemetria e conceitos relacionados

MEDIUM, *Study of the aerodynamics of the Fórmula 1 rear Wheels*, Disponível em: <https://medium.com/@thedailyapex/the-past-present-and-future-of-formula-1-5e08b2370c6a>,

MEDIUM, Kinetic Energy Recovery System (KERS) 2016 Disponível em: <https://medium.com/@sakshibose1/kinetic-energy-recovery-system-kers-b5fdac0e76>

MOTOR SPORT, Efeito solo solução empolgante ou risco a segurança dos pilotos, Disponível em: [Shttps://motorsport.uol.com.br/f1/news/efeito-solo-solucao-empolgante-ou-risco-a-seguranca-dos-pilotos/7304044/](https://motorsport.uol.com.br/f1/news/efeito-solo-solucao-empolgante-ou-risco-a-seguranca-dos-pilotos/7304044/),

(M. REHMAN, 2023) Muneeb ur Rehman <https://formulapedia.com/telemetry-in-f1/#how-telemetry-helps-drivers>

NEOCHARGE, Freio regenerativo de veículo elétrico, Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/freio-regenerativokers-veiculo-eletrico>, Acesso 17/12/2022 22:00;

OFICINA BRASIL, Frenagem regenerativa tecnologia dos carros da F1, Disponível em: <https://www.oficinabrasil.com.br/noticia/tecnicas/frenagem-regenerativa-tecnologia-doscarros-da-f1-para-os-carros-de-rua-a-historia-e-outra>,

PIRELLI, Catalogo de pneus, Disponível em: https://www.pirelli.com/tyres/pt-br/carro/catalogo-pneus/por-modelo-carro?utm_source=googlesearch&utm_medium=cpc&utm_campaign=br_202206_marketplace&utm_content=202206_pirelli_2022,

PROJETO MOTOR, Combustível: a grande mudança nos motores da F1 em 2022, Disponível em:

PROJETO MOTOR, Reforça caminho para um futuro mais sustentável com medidas para neutralizar emissões de carbono, Disponível em: <https://projetomotor.com.br/drs-asa-movel-f1/>,

GARY SAVAGE;G.SAVAGE;Honda *Racing F1 (Composite Materials Technology in Formula 1* (Julho,2008)

GAY, D., (1991) Matériaux Composites, Editions Hermes Paris, France

UPOCOMMONS, *Study of the aerodynamics of the formula 1*, Disponível em: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/114088/study-of-the-aerodynamics-of-the-formula-1-rear-wheels.pdf?sequence=1&isAllowed=y>,

TOMASZ Dębicki (2008) Challenges for logistics in the pinnacle of motorsports - Fórmula 1

YOUTUBE DOUGLAS, Atrito estático e aerodinâmica na Fórmula 1, Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=MrjYGjWw7TA>,

YOUTUBE, 6 tecnologias da Fórmula 1 que fazem parte da nossa vida, Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=aetbsvJm_PY, Acesso: 12/01/2023.

YOUTUBE, tecnologias aplicadas e desenvolvidas na fórmula 1, Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Vt0xgvf-VbE>, Acesso: 21/03/2023.