

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Mecânica Automobilística

Fellipe Cesar Campagna

Santo André
2018

**CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Mecânica Automobilística

Fellipe Cesar Campagna

**Estudo Comparativo das Regulamentações Ambientais do Brasil
com os Mercados Internacionais**

Trabalho de Conclusão de Curso entregue à Fatec Santo André como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecânica Automobilística.

Orientador: Prof. Orlando De Salvo Junior

Santo André – São Paulo
2018

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 27 DE JUNHO DE 2018

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA "ESTUDO
COMPARATIVO DAS REGULAMENTAÇÕES AMBIENTAIS DO
BRASIL COM OS MERCADOS INTERNACIONAIS" DO ALUNO
DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCAPRESIDENTE:
PROF. ORLANDO DE SALVO JUNIORMEMBROS:
PROF. FERNANDO GARUP DALBO

PROF. LUIS ROBERTO KANASHIRO

**ALUNO:**

FELLIPE CESAR CAMPAGNA



FICHA CATALOGRÁFICA

C186e

Campagna, Fellipe Cesar

Estudo comparativo das regulamentações ambientais do Brasil com os mercados internacionais / Fellipe Cesar Campagna. - Santo André, 2018.

– 56f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.

Curso de Tecnologia em Mecânica Automobilística, 2018.

AGRADECIMENTOS

Ao concluir este ciclo. Gostaria de agradecer a todos os professores e funcionários da Faculdade de Tecnologia de Santo André, que mantem a infraestrutura funcionando, sempre em ótimas condições, permitindo sua utilização. E agradecer especialmente o professor orientador Orlando de Salvo Jr, pela disponibilidade e atenção.

RESUMO

Este estudo tem como objetivo avaliar as atuais regulamentações internacionais, para controle de emissões de poluentes e gases de efeito estufa, quais efeitos dessas sobre o desenvolvimento tecnológico e como podem influenciar tanto a legislação brasileira quanto a indústria automotiva no setor dos veículos leves de passageiros. Assim, encontrar quais pontos podem ser melhorados, e ou, incorporados na legislação brasileira além das tecnologias que podem ganhar mercado no Brasil.

Os poluentes emitidos, afetam diretamente a população brasileira, especialmente a saúde, e com maior gravidade nos grandes centros urbanos, como a cidade de São Paulo. Os gases de efeito estufa, contribuem de forma negativa para o aumento das variações climáticas. E as tecnologias criadas e aplicadas nos veículos, trazem benefícios para contornar esses dois problemas. Por isso é importante compreender as legislações e métodos de testes em uso no mundo para que se possa atualizar a legislação brasileira tornando-a mais robusta e apropriada para a realidade e tecnologias atuais.

Palavras chaves: Emissões Veiculares, PROCONVE, Tier, EURO 6, injeção direta, Eficiência Energética

ABSTRACT

This study aims to assess current international regulations, to control emissions of pollutants and greenhouse gases, which effects on technological development and how they can influence both Brazilian legislation as the automotive industry in the lightweight passenger vehicle sector. Thus, find which points can be improved, and or, incorporated in Brazilian legislation beyond the technologies that can win market in Brazil.

The pollutants emitted, directly affect the Brazilian population, especially health, and with greater severity in the large urban centres, such as the City of São Paulo. Greenhouse gases contribute in a negative way to the increase in climatic variations. And the technologies created and applied in vehicles, bring benefits to circumvent these two problems. That is why it is important to understand the legislations and methods of testing in the world to be able to update Brazilian legislation making it more robust and appropriate for the current reality and technologies.

Key words: Vehicular Emission, PROCONVE, Tier, EURO 6, direct injection, vehicular emission trends

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE QUADROS	13
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	14
1 INTRODUÇÃO	15
1.1. Objetivo e Motivação	16
2 LEGISLAÇÕES E TECNOLOGIAS	17
2.1 Regulamentação de Poluentes (Estados Unidos).....	17
2.1.1 Eficiência Energética	20
2.1.2 Ciclos de Teste	22
2.1.3 On-Board Diagnostic (OBD).....	23
2.1.4 Inspeção e Manutenção.....	24
2.2 Regulamentação de Poluentes (União Europeia)	25
2.2.1 Eficiência Energética	26
2.2.2 Ciclos de Teste	27
2.2.3 OBD.....	28
2.2.4 Inspeção e Manutenção.....	29
2.3 Regulamentação de Poluentes (Japão)	29
2.3.1 Eficiência Energética	29
2.3.2 Ciclo de Teste	30
2.3.3 OBD.....	31

2.3.4	Inspeção e Manutenção.....	31
2.4	Regulamentação de Poluentes (Brasil).....	32
2.4.1	Eficiência Energética	33
2.4.2	Inspeção e Manutenção.....	33
2.5	Tecnologias	33
2.5.1	Catalisador	34
2.5.2	Recirculação de Gás de Escapamento (EGR).....	34
2.5.3	Injeção Eletrônica	35
2.5.4	Injeção Direta	36
2.5.5	Comando de Válvulas.....	36
2.5.6	Downsizing/Downspeed	37
2.5.7	Turbocompressor	37
2.5.8	Redução de massa	37
2.5.9	Transmissões Automático/ CVT	38
2.5.10	Veículo Elétrico	39
2.5.11	Híbrido	38
2.5.12	Veículo a Célula de Combustível	40
3	METODOLOGIA.....	40
4	RESULTADO E DISCUSSÃO	41
4.1	Poluentes Regulamentados.....	41
4.2	Ciclo de Testes	42
4.3	Vida Útil.....	43

4.4	Inspeção e manutenção	44
4.5	Eficiência Energética	44
4.6	Tecnologias	45
5.	DISCUSSÕES FINAIS E CONCLUSÃO.....	51
5.1	Propostas Futuras de Pesquisa	52
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

Lista de Figuras

Figura 1: Smog na cidade da Califórnia	15
Figura 2: Consequência da emissão de gases de efeito estufa.....	16
Figura 3: Comparação do tamanho do material particulado emitido com a espessura de um fio de cabelo.....	18
Figura 4: Footprint (área projetada do veículo).....	20
Figura 5: Etiqueta de eficiência energética (EPA/DOT) dada ao veículo após a homologação.	21
Figura 6: Componentes básicos de um laboratório de teste.....	22
Figura 7: Acelerações e desacelerações do ciclo FTP-75, usado para simular o uso médio dos veículos nos Estados Unidos.	22
Figura 8: Acelerações e desacelerações do ciclo US06, usado para simular a condução agressiva em rodovias estadunidenses.	23
Figura 9: Acelerações e desacelerações do ciclo SC03, usado para simular o uso urbano em condições de calor extremo com o ar condicionado ligado.....	23
Figura 10: Acelerações e desacelerações do ciclo HFET, usado para simular o uso em estradas rurais e rodovias estadunidenses.	23
Figura 11: Emissão de CO ₂ por massa do veículo União Europeia.	26
Figura 12: Acelerações e desacelerações do ciclo NEDC, usado para simular o uso médio dos veículos na União Europeia.	27
Figura 13: Acelerações e desacelerações do ciclo WLTP Class 3, usado para simular o uso médio dos veículos leve de passageiros no mundo.....	27
Figura 14: Veículo com equipamento de medição de poluentes portátil.	28
Figura 15: A ilustração representa as acelerações e desacelerações do ciclo JC08, usado para simular o uso médio dos veículos no Japão.	31
Figura 16: Centro de inspeção japonês.....	32
Figura 17: Sistema de Injeção Eletrônica de Combustível.	36

Figura 18: Fumaça emitida ao fim da vida útil dos sistemas de controles de poluentes.	43
Figura 19: A ilustração representa o nível de gramas de CO2 emitidos por quilometro.	45
Figura 20: Primeiros sensores para criação de uma ECU.	46
Figura 21: Apresenta as rotas do ar de admissão e exaustão através dos sistemas redutores de poluentes.	47
Figura 22: Saturação de mercado	48
Figura 23: Potencial de redução de consumo híbrido/motor a combustão interna.	49
Figura 24: Diferenças entre as tecnologias.	50
Figura 25: Veículo a Célula de Combustível Toyota Mirai.	50
Figura 26: Veículo Elétrico Tesla Model 3	50

Lista de Quadros

Quadro 1: TIER 3 FTP-75	18
Quadro 2: TIER 3 MP FTP75	19
Quadro 3: TIER 3 MP US06.....	19
Quadro 4: TIER3 SC03	19
Quadro 5: Comparação LEV e TIER 3	20
Quadro 6: Eficiência Energética EUA.....	21
Quadro 7: Sistemas Monitorados pelo OBD.....	24
Quadro 8: Euro 6 (gasolina)	25
Quadro 9: Sistemas Monitorados União Europeia.....	28
Quadro 10: PNLT Gasolina e Diesel	29
Quadro 11: Eficiência Energética Japão	30
Quadro 12: Proconve L-6.....	32
Quadro 13: Previsão de participação no mercado 2021/2025	48

Lista de Abreviaturas e Siglas

CARB – California Air Resources Board

CO – Monóxido de Carbono

CO₂ – Dióxido de Carbono

CVT – Transmissão Continuamente Variável

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito

ECU – Electronic Control Unit

EGR – Exhaust Gas Recirculation

EPA – Environment Protection Agency

GDI – Injeção Direta de Combustível

GPF – Filtro de Particulados Gasolina

H₂O – Água

HC – Hidrocarboneto

HCHO – Formaldeído

HFET – Highway Fuel Economy Test

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos

IPI – Imposto sobre produto industrializado

LIM – Lâmpada Indicadora de Mal Funcionamento

MP – Material Particulado

N₂ – Nitrogênio

NEDC – New European Drive Cycle

NMHC – Não Metano Hidrocarboneto

NMOG – Não Metano Gases Orgânicos

NOx – Óxidos de Nitrogênio

O2 – Oxigênio

OBD – On Board Diagnostic

PEMFC – Proton Exchange Membrane Fuel Cell

PFI – Injeção Indireta de Combustível

PN – Número de Partículas

PNLT – Post New Long Term

PROCONVE – Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores

Naturais Renováveis

RDE – Real Driving Emissions

RPM – Rotações por Minuto

WLTP – Worldwide harmonized Light Vehicle Test Procedure

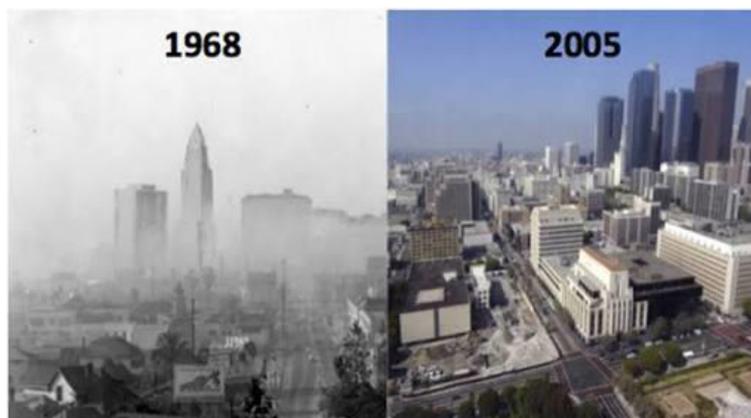
TBR – Turbo

1 Introdução

No início do séc. 20 os motores de combustão interna se popularizaram nos veículos automotores. Devido ao baixo custo de operação e manutenção dos motores, além da alta densidade energética dos hidrocarbonetos e facilidade de transporte e armazenamento do combustível (SPLITTER; PAWLOWSKI; WAGNER, 2016).

E esta popularização, levou algumas cidades dos Estados Unidos, principalmente no estado da Califórnia, a sofrer com poluição, nos anos 50, devido as emissões de Hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NOx). Gases nocivos à saúde humana e que contribuem para formação da chuva ácida, smog e ozônio troposférico forçando as autoridades a tomarem alguma ação para conter esses problemas. Após pesquisas e um melhor entendimento do funcionamento das emissões automotivas, foi introduzida a primeira legislação com a intenção de reduzir as emissões de gases poluentes. Essas restrições foram seguidas pelo Japão e após um tempo pela Europa (IGUCHI, 2015). A figura 1 compara a smog na cidade da Califórnia em 1968 e 2005.

Figura 1: Smog na cidade da Califórnia



Fonte: (Geo Projectgrp7, 2010)

Mesmo com legislações cada vez mais restritivas, a poluição do ar, ainda é a maior responsável por mortes prematuras na Europa, devido à concentração de partículas finas e a concentração do Ozônio Troposférico (CRIPPA; GUIZZARDI; GALLMARINI, 2016). Por isso a redução das emissões dos poluentes ainda é um dos principais desafios para indústria automobilística (PISCHINGER, 2016). Junto com a

redução das emissões do dióxido de carbono (CO₂), um dos principais gases do efeito estufa, que pode agravar seriamente as variações climáticas. As principais motivações para se reduzir o CO₂, são, à preocupação com planeta, cumprir as ações voluntárias, como protocolo de Kyoto e a redução da dependência econômica dos países produtores de petróleo (ICCT, 2016). A figura 2 ilustra a desertificação uma das consequências da variação climática.

Figura 2: Consequência da emissão de gases de efeito estufa



Fonte: (WSJ, 2017)

1.1. **Objetivo e Motivação**

Este estudo tem como objetivo avaliar as atuais regulamentações internacionais, para controle de emissões de poluentes e gases de efeito estufa, quais efeitos dessas sobre o desenvolvimento tecnológico e como podem influenciar tanto a legislação brasileira quanto a indústria automotiva no setor dos veículos leves de passageiros. Assim, encontrar quais pontos podem ser melhorados, e ou, incorporados na legislação brasileira além das tecnologias que podem ganhar mercado no Brasil.

Os poluentes emitidos, afetam diretamente a população brasileira, especialmente a saúde, e com maior gravidade nos grandes centros urbanos, como a cidade de São Paulo. Os gases de efeito estufa, contribuem de forma negativa para o aumento das variações climáticas. E as tecnologias criadas e aplicadas nos veículos, trazem benefícios para contornar esses dois problemas. Por isso é importante compreender as legislações e métodos de testes em uso no mundo para que se possa atualizar a legislação brasileira tornando-a mais robusta e apropriada para a realidade e tecnologias atuais.

2 Legislações e Tecnologias

As seções seguintes abordam as legislações em vigor nos Estados Unidos, União Europeia, Japão e Brasil, os limites para emissões de gases poluentes e de efeito estufa. Os ciclos de testes usados na homologação e o controle e inspeção dos veículos leves. Apresenta-se também o funcionamento das tecnologias que foram desenvolvidas para atender os requisitos dessas legislações.

2.1 Regulamentação de Poluentes (Estados Unidos)

Nos Estados Unidos existem duas legislações em vigor que visam controlar as emissões veiculares. Uma regulamentada pela agencia federal *Environmental Protection Agency* (EPA) chamada TIER e outra pela agencia estadual californiana a *California Air Resources Board* (CARB) chamada LEV. A Califórnia, historicamente, sempre propôs limites de emissões mais ambiciosos que os federais, até recentemente, quando a EPA buscou um alinhamento das duas legislações para haver uma conformidade maior entre os 50 estados (MARK E.; TOMAZIC, 2014).

Antes de chegar na legislação atual, houve três marcos nas regulamentações de poluentes: o *Clean Air Act* (1970) que introduziu os primeiros limites sobre os poluentes, Tier 1 (1990) trouxe o sistema de certificações Bin e os limites para frota, e o Tier 2 (1999) com valores mais restritos que o Tier 1. O Tier 3, em vigor atualmente, é o aprimoramento e continuação dessas legislações anteriores (KLIER; LINN, 2016).

No Tier 3 os limites de emissões são os mesmo para todos os veículos leves, separando esses veículos por peso, tamanho e uso. E não há distinção entre os combustíveis utilizados, os limites são os mesmo para Diesel e Gasolina. Atualmente estão em vigor as terceiras gerações de cada legislação o TIER 3 e a LEV 3. Os valores do TIER 3, rodado no ciclo de teste FTP-75, descrito no capítulo 2.1.2. A medição engloba os seguintes poluentes: gases orgânicos não voláteis(NMOG), material particulado(MP), monóxido de carbono(CO) e formaldeído(HCHO) conforme os valores no Quadro 1.

Quadro 1: TIER 3 FTP-75

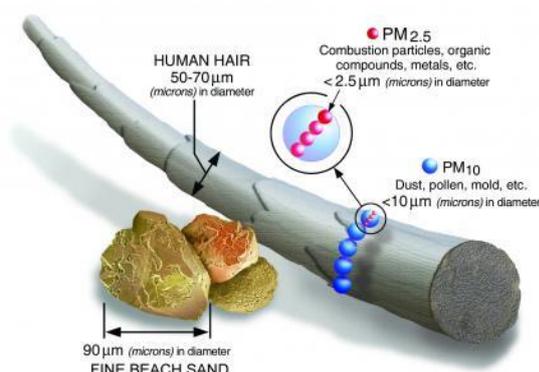
Tier 3 (FTP-75, 150.000 mi)				
Bin	NMOG+Nox (mg/mi)	MP (mg/mi)	CO (mg/mi)	HCHO (mg/mi)
Bin 160	160	3	4,2	4
Bin 125	125	3	2,1	4
Bin 70	70	3	1,7	4
Bin 50	50	3	1,7	4
Bin 30	30	3	1,0	4
Bin 20	20	3	1,0	4
Bin 0	0	0	0	0

Fonte: (Delphi, 2016)

Os “Bins” são certificações as quais as montadoras devem escolher um entre sete para cada modelo de veículo e, devem atingir a média da frota para aquele ano/modelo. A vida útil dos sistemas de controle de emissão deve assegurar no mínimo 150 mil milhas (240 mil Km) ou 15 anos o que acontecer primeiro (Delphi, 2016).

Além das certificações Bins, há também, metas para redução de material particulado (MP) que são implantadas a cada ano para cobrir uma porcentagem maior da frota vendida (Phase-in), exemplo em 2017 ao menos 20% da frota da montadora deverá atender os requisitos e deverá chegar a 100% em 2022. O “Certificado Padrão”, representa valor esperado de MP emitido, porém enquanto o Phasi-in não chegar a 100%, o valor mais relaxado “Padrão em Uso” é aceito. Os Quadros 2 e 3 representam os valores esperados de MP, nos ciclos de teste FTP-75 e US06, SC03 descritos no capítulo 2.1.2 (Delphi, 2016).

Figura 3: Comparação do tamanho do material particulado emitido com a espessura de um fio de cabelo



Fonte: (EPA, 2017)

Quadro 2: TIER 3 MP FTP75

Phase-in TIER 3 MP – FTP-75						
Phase-in	2017	2018	2019	2020	2021	2022
% de vendas	20	20	40	70	100	100
Certificado Padrão (mg/mi)	3	3	3	3	3	3
Padrão em uso (mg/mi)	6	6	6	6	6	3

Fonte: (Delphi, 2016)

Quadro 3: TIER 3 MP US06

Phase-in TIER 3 MP - US06						
Phase-in	2017	2018	2019	2020	2021	2022
% de vendas	20	20	40	70	100	100
Certificado Padrão (mg/mi)	10	10	6	6	6	6
Padrão em uso (mg/mi)	10	10	10	10	10	6

Fonte: (Delphi, 2016)

Há também uma meta para redução de gases orgânicos não metano(NMOG)+NO_x, os valores do Quadro 4 representa a média da frota, realizada no ciclo de teste SC03 descrito no capítulo 2.1.2.

Quadro 4: TIER3 SC03

TIER 3 média da frota NMOG+NO _x – SC03									
Emissão	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
NMOG+No (mg/mi)	103	97	90	83	77	70	63	57	50
CO (g/mi)	4,2								

Fonte: (Delphi, 2016)

O Quadro 5 apresenta as principais semelhanças e diferenças entre o Tier 3 e LEV 3:

Quadro 5: Comparação LEV e TIER 3

Semelhanças	Diferenças
<p>NMOG+NOx idênticos entre 2017-2025</p> <p>Certificados Bins idênticos</p> <p>Carros a gasolina são certificados usando gasolina E10, com 10% de etanol</p>	<p>Califórnia tem um programa de emissão zero</p> <p>LEV 3 começou em 2015</p> <p>O LEV 3 propõe redução para 1mg/mi do MP começando em 2025, enquanto o Tier 3 permanece em 3 mg/mi</p>

Fonte: (JOHNSON, 2015)

2.1.1 Eficiência Energética

Os limites de economia de combustível e CO₂, são definidos de forma harmonizada por duas entidades, a *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA), responsável pela economia de combustível e pela EPA responsável pelos limites de CO₂ (MARK E.; TOMAZIC, 2014).

Cada veículo deve cumprir um limite diferente de CO₂ e de economia de combustível, de acordo com seu *footprint* (área projetada pelo retângulo das rodas). Este é um grande desafio para montadoras, pois carros pesados como SUV's, por exemplo, tem que enfrentar a mesma restrição que compactos e sedãs. Porém esse tipo de aproximação permite as montadoras aplicar novos materiais para redução de massa do veículo (IGUCHI, 2015). A Figura 4 ilustra como é definido o *footprint* do veículo.

Figura 4: Footprint (área projetada do veículo)



Fonte: (UCSUSA, 2015)

As montadoras devem garantir uma redução na média da frota. No Quadro 6, a seguir, estão os valores dos veículos de passageiros referente aos anos de 2017 até 2025.

Quadro 6: Eficiência Energética EUA

Limites	Ano Modelo								
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
CO ₂ , g/mi	212	202	191	182	172	164	157	150	143
CO ₂ , equivalente mpg	41,9	44	46,5	48,8	51,7	54,2	56,6	59,3	62,2
CAFE mpg*	39,4	41,3	43,5	45,5	47,5	48,6	49,8	51,4	52,5

* valor médio estimado considerando as flexibilidades, créditos e multas pagas

Fonte: (Delphi, 2016)

As flexibilidades incluem um sistema de créditos baseado na performance da montadora em atingir a média da frota. Créditos por melhorias, como por exemplo, nos sistemas de ar condicionado e por tecnologias com potencial de redução no mundo real para redução dos gases de efeito estufa e economia de combustível que não são capturados pelos testes.

São usados 5 ciclos de testes para se calcular a economia de combustível, para uma melhor aproximação com o mundo real. Sendo eles o FTP-75, HFET, US06, SC03 e uma rodagem do FTP-75 a temperatura de -7 C° (GIAKOUKIS, 2016).

Após os testes os valores obtidos são ponderados e os veículos recebem uma etiqueta com os resultados, ilustrado na Figura 5.

Figura 5: Etiqueta de eficiência energética (EPA/DOT) dada ao veículo após a homologação.

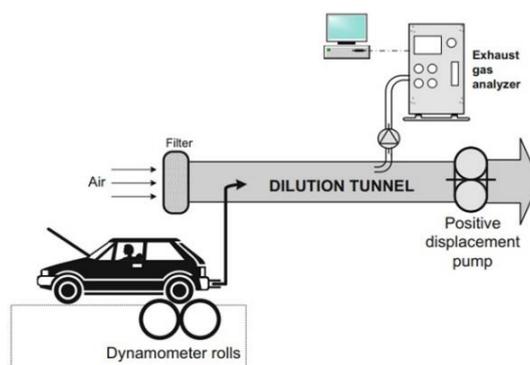


Fonte: (GIAKOUKIS, 2016, p.107)

2.1.2 Ciclos de Teste

Para que as medições de poluentes e gases de efeito estufa, sejam realizadas com repetibilidade, são feitos testes em laboratório visando simular em um dinamômetro os padrões de condução encontrados no trânsito urbano, rural e rodoviário.

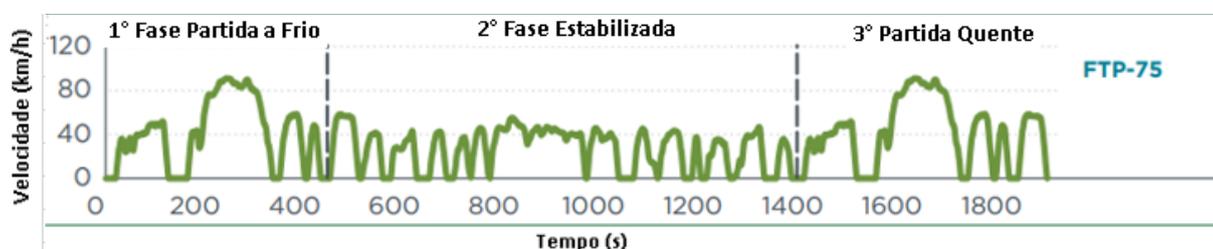
Figura 6: Componentes básicos de um laboratório de teste



Fonte: (GIAKOUMIS, 2016, p.22)

Na medição dos poluentes são utilizados 3 ciclos, sendo 1 principal e 2 suplementares. O ciclo principal é o FTP-75, apresenta condições de partida a frio e quente. Representando o uso diário do veículo em uma rota urbana em horário de rush, por exemplo, uma ida e volta do trabalho. A Figura 7 mostra as características do ciclo (GIAKOUMIS, 2016).

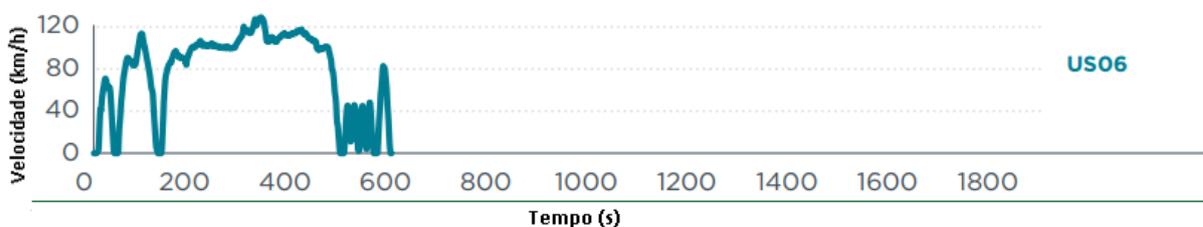
Figura 7: Acelerações e desacelerações do ciclo FTP-75, usado para simular o uso médio dos veículos nos Estados Unidos.



Fonte: (DALLMANN; FAÇANHA, 2017, p.22)

Os ciclos suplementares são o US06 que representa uma condução agressiva em alta velocidade e com acelerações severas, representando motoristas em situações de ultrapassagens e pressa. O SC03 simulando uso urbano parecido com o FTP-75, porém, com ar condicionado ligado e a temperatura do laboratório em 35° C. Representados nas Figuras 7 e 8 (GIAKOUMIS, 2016).

Figura 8: Acelerações e desacelerações do ciclo US06, usado para simular a condução agressiva em rodovias estadunidenses.



Fonte: (DALLMANN; FAÇANHA, 2017, p.22)

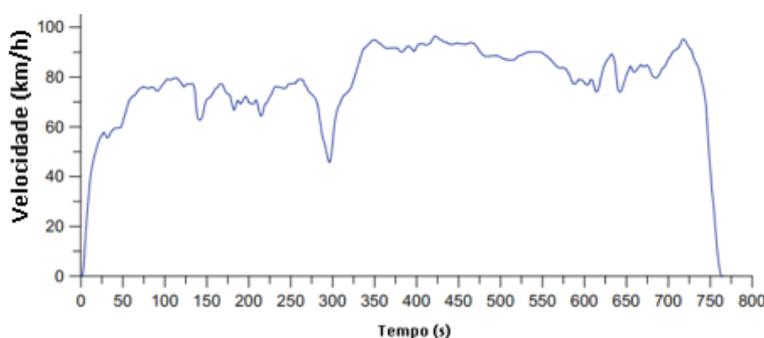
Figura 9: Acelerações e desacelerações do ciclo SC03, usado para simular o uso urbano em condições de calor extremo com o ar condicionado ligado.



Fonte: (DALLMANN; FAÇANHA, 2017, p.22)

Utilizado apenas na medição de eficiência energética, o ciclo HFET foi estabelecido para criar as condições do tráfego saindo de uma zona rural e entrando numa rodovia, mostrados na Figura 10.

Figura 10: Acelerações e desacelerações do ciclo HFET, usado para simular o uso em estradas rurais e rodovias estadunidenses.



Fonte: (GIAKOUMIS, 2016, p.96)

2.1.3 On-Board Diagnostic (OBD)

Para garantir que os veículos continuassem atendendo os limites exigidos por legislação, a CARB introduziu o sistema OBD, padronizando o monitoramento de sistemas do veículo, que realizam o auto diagnóstico. E em caso de falha o motorista é

alertado com uma luz indicadora de mal funcionamento (LIM), facilitando a manutenção (HALDERMAN; LINDER, 2011).

Atualmente o Tier 3 está alinhado com o LEVII e as montadoras devem garantir que não haja falsas indicações de mal funcionamento, que o monitoramento esteja sempre ativo em condições normais de uso e durante o ciclo FTP-75. O Quadro 7, mostra os componentes monitorados (POSADA; GERMAN, 2016).

Quadro 7: Sistemas Monitorados pelo OBD

Sistema
Catalisador
Catalisador Aquecido
Misfire
Evaporativo
Ar secundário
Sistema de Combustível
Sistema de gases do escapamento
EGR
Respiro do Carter
Sistema de arrefecimento
Estratégia de redução de emissões partida a frio
Ar Condicionado
Comando de Válvulas Variável
Redutor direto de ozônio
Outros controles de emissões ou sistemas de monitoramento ¹
1- Controle de emissões adicionais aos exigidos que a montadora opta por implementar

Fonte: (Delphi, 2016)

2.1.4 Inspeção e Manutenção

Para garantir que a frota de veículos continue atendendo os limites que foram certificados, existe um programa de inspeção e manutenção. Mas cada estado pode

propor um programa de inspeção e manutenção, escolhendo quais cidades e municípios terão que fazer. Com base na qualidade do ar da região, se precisam melhorar para atender o padrão nacional de qualidade do ar.

As inspeções podem ser uma checagem do OBD apenas, testes em marcha lenta, inspeção visual. Mas a inspeção mais severa é a IM 240, onde o veículo é testado em um dinamômetro de chassi e os primeiros 240 segundos do ciclo de teste FTP 75 é realizado (MARK E.; TOMAZIC, 2014).

Esses tipos de inspeção normalmente são realizados a cada 2 anos e em áreas urbanas que tem qualidade do ar considerada ruim pela EPA (MARK E.; TOMAZIC, 2014).

2.2 Regulamentação de Poluentes (União Europeia)

Na União Europeia os limites das emissões veiculares são especificados pela regulamentação 715/2007, que substituiu as diretivas anteriores. Diferentemente dos Estados Unidos existe uma separação, os motores diesel têm limites de emissões diferentes dos motores a gasolina. Atualmente a legislação de veículos leves movidos a gasolina é a Euro 6, que cobre veículos de passageiros, comerciais para transporte de carga e de passageiros, onde a massa seja menor que 2160kg. Os valores dos veículos de passageiros a gasolina estão apresentados no Quadro 8 (KLIER; LINN, 2016).

Quadro 8: Euro 6 (gasolina)

Estágio	Data	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	MP	PN
		g/km					#/km
Euro 1*	07/1992	2,72(3,16)	-	0,97(1,13)	-	-	-
Euro 2	01/1996	2,2	-	0,5	-	-	-
Euro 3	01/2000	2,3	0,20	-	0,15	-	-
Euro 4	01/2005	1,0	0,10	-	0,08	-	-
Euro 5	09/2009	1,0	0,10 ^d	-	0,06	0,005 ^{a,b}	-
Euro 6	09/2014	1,0	0,10 ^d	-	0,06	0,005 ^{a,b}	6,0*10 ¹¹ ^{a,c}

* - Valores entre parênteses representa os limites da conformidade de produção
a - Aplicável somente em veículos com Injeção direta
b - 0,0045 g/km usando somente o procedimento de medição PMP
c - 6,0*10¹² 1/km dentro dos 3 primeiros anos a partir da data efetiva do Euro 6
d - NMHC = 0,068 g/km

Fonte: (Delphi, 2016)

Os sistemas de controle de emissão no Euro 5-6 devem assegurar no mínimo 160 mil Km ou 15 anos (JOHNSON, 2015).

Até setembro de 2017, havia somente um ciclo de teste para certificação Euro 6, o New European Driving Cycle (NEDC), mas por ser considerado inadequado em simular o comportamento dos motoristas será introduzido um novo ciclo, The Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure (WLTP), que substituirá gradualmente o NEDC. E a partir de setembro de 2018 todos veículos deverão ser certificados com o WLTP. Mostrados em detalhes no capítulo 2.2.2. Testes em condições reais de uso, o Real Driving Emissions (RDE), para complementar os testes em laboratório, começaram a ser praticados em setembro de 2017 (JOHNSON, 2015).

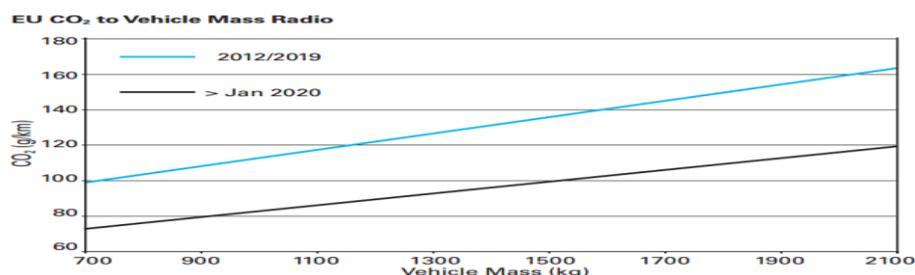
2.2.1 Eficiência Energética

O regulamento EC 443/2009 define a média de CO₂ de cada montadora, com base na massa do veículo. Com o objetivo de reduzir a média da frota europeia de 130 g/km para 95 g/km de CO₂ em 2020 (KLIER; LINN, 2016).

Como no limite de poluentes, está em andamento a introdução do WLTP como ciclo de teste. A partir de janeiro de 2019, os carros a venda deverão ter os valores de CO₂ obtidos no WLTP (GIAKOUMIS, 2016).

Semelhante aos Estados Unidos, as montadoras recebem créditos pelo implementação de tecnologias que reduzem a emissão de CO₂, que não são incluídas nos testes. No caso de descumprimento são aplicadas multas (KLIER; LINN, 2016).

Figura 11: Emissão de CO₂ por massa do veículo União Europeia.

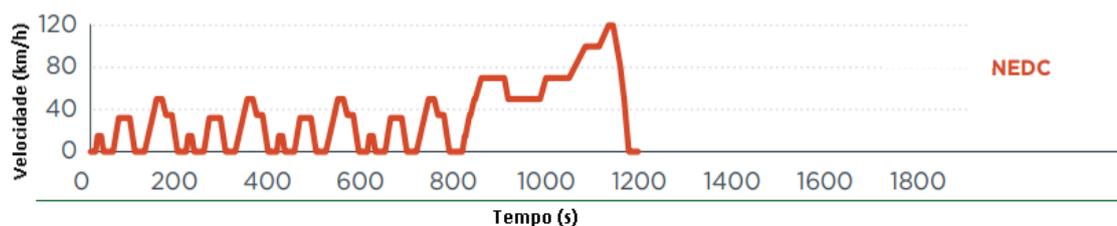


Fonte: (Dephi, 2016)

2.2.2 Ciclos de Teste

O ciclo NEDC é dividido em duas partes, a primeira representando o uso urbano em horário de rush, uma segunda que representa uma entrada em rodovia com uma forte aceleração e permanência em alta velocidade e foi construído com base em dados nos países da União Europeia. Mostrado na Figura 12 (GIAKOUMIS, 2016).

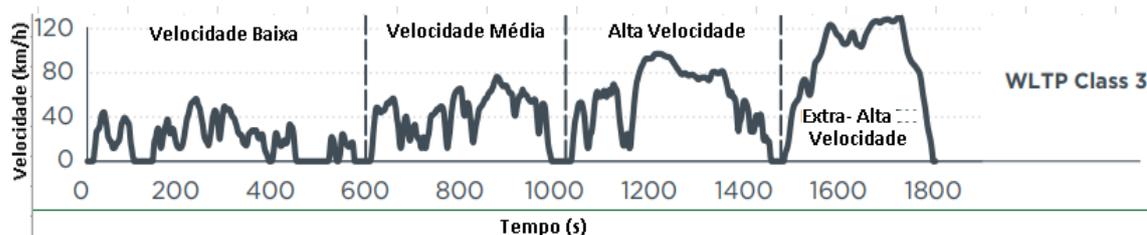
Figura 12: Acelerações e desacelerações do ciclo NEDC, usado para simular o uso médio dos veículos na União Europeia.



Fonte: (DALLMANN; FAÇANHA, 2017, p.22)

Recentemente introduzido, o WLTP reproduz quatro tipos de condição de tráfego em apenas uma rodagem, simulando o uso urbano, rural e rodoviário. A Figura 13 mostra os padrões de velocidade usados para veículos leves (GIAKOUMIS, 2016).

Figura 13: Acelerações e desacelerações do ciclo WLTP Class 3, usado para simular o uso médio dos veículos leve de passageiros no mundo.



Fonte: (DALLMANN; FAÇANHA, 2017, p.22)

2.2.3 Real Driving Emission

Para complementar os testes de laboratório e trazer uma melhor representatividade das emissões em uso nas vias públicas, foram desenvolvidas unidades de medição portáteis que permitem o monitoramento dos gases emitidos em tempo real. O teste é realizado esperando encontrar as condições de tráfego normais, passando por áreas urbanas, rurais, rodovia e caso a condução seja muito suave ou muito agressiva, o teste é invalidado (ICCT, 2017). A Figura 14 mostra um veículo com o equipamento instalado.

Figura 14: Veículo com equipamento de medição de poluentes portátil.



Fonte: (Autozeitung, 2017)

O teste ainda é limitado para apenas os veículos de passageiros leves e são medidos os gases NO_x , MP e CO_2 , as outras categorias de veículos serão incluídas a partir de 2018 (ICCT, 2017).

2.2.4 OBD

Inspirada na legislação estadunidense, a união europeia adaptou o sistema OBD para sua frota, com os mesmos objetivos garantir que os veículos continuem com os limites de emissões dentro dos limites exigidos pela legislação (POSADA; GERMAN, 2016).

Os sistemas onde são exigidos monitoramento estão no Quadro 9 a seguir.

Quadro 9: Sistemas Monitorados União Europeia

Sistema
Catalisador
Catalisador Aquecido
Misfire
Sistema Evaporativo
Ar Secundário
Sistema de Combustível
Sistema de gases do escapamento
EGR
Sistema de arrefecimento
Comando de Válvulas Variável
Outros controles de emissões ou sistemas de monitoramento ¹
1- Requer diagnostico se qualquer falha aumentar os limites de emissões e monitore a continuidade do circuito

Fonte: (POSADA; GERMAN, 2016)

2.2.5 Inspeção e Manutenção

A Diretiva 2014/45/EU define as normas para inspeção veicular nos países membros. Porém cada país membro tem a autonomia de definir como irá implantar e monitorar o sistema de inspeção, podendo seguir estritamente a norma ou implantar uma inspeção mais severa.

São obrigatórias inspeções de segurança e de emissões de escapamento. Onde na verificação de emissões se realiza, inspeção visual, verificação da LIM e medição com analisador de gases (MARK E.; TOMAZIC, 2014).

2.3 Regulamentação de Poluentes (Japão)

No Japão está em vigor atualmente o Post New Long Term (PNLT), o concelho central de meio ambiente (*ministry of environment*) define os limites e recomendam ao ministério de meio ambiente para que sejam implementados. Como na Europa existe a distinção entre veículos a gasolina e diesel e, um limite específico para MP em veículos com injeção direta, como mostrado no Quadro 10 (DieselNet, 2018).

Quadro 10: PNLT Gasolina e Diesel

Data	Ciclo	CO	NMHC	NOx	MP
		g/km			
2009	JC08	1,15	0,5	0,05	0,005
2018	WLTP	1,15	0,10	0,05	0,005
2009 ^a	JC08	0,63	0,024	0,08	0,005
2018 ^a	WLTP	0,063	0,024	0,15	0,005
2009 ^b	JC08	0,063	0,024	0,08	0,005
2018 ^b	WLTP	0,63	0,024	0,15	0,005
a - Veículos diesel com a massa < 1250 Kg					
b - Veículos diesel com massa >1250 kg					

Fonte: (Delphi, 2016)

Os valores representam tanto os limites para homologação e a média da frota e a vida útil dos componentes deve ser de 80.000 Km.

2.3.1 Eficiência Energética

O Japão define as metas de eficiência energética separando os veículos em categorias pelo seu peso bruto total, sem distinção de combustível. As montadoras devem garantir que seus veículos estejam dentro dos limites de cada categoria.

Diferentemente dos outros países o Japão identifica o veículo com maior eficiência e torna essa medida a média para os próximos anos, essa aproximação é chamada *Top Runner* (ECCJ, 2007).

Até 2020 a média da frota deve atingir 20,3 km/l. que exigirá uma melhora de 19,6%, se comparado com a meta de 17,0 km/l atingida em 2015. O quadro 11, apresenta a média da frota por categoria (DieselNet, 2018).

Quadro 11: Eficiência Energética Japão

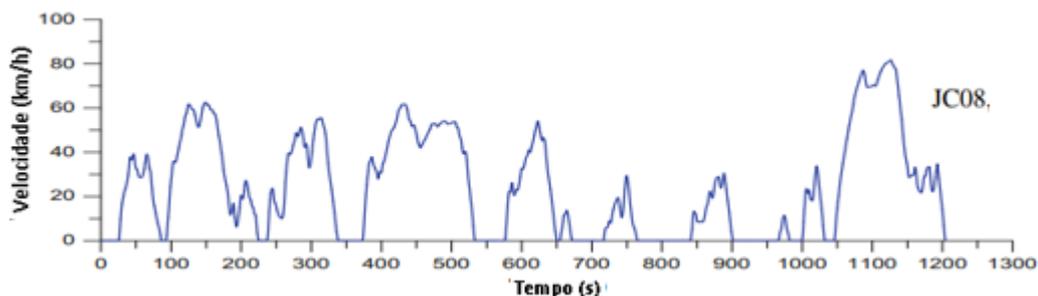
Peso inercial equivalente (kg)	Peso do veículo (kg)	Meta (km/l)
800	≥ 740	24,6
910	741 – 855	24,5
1020	856 – 970	23,7
1130	971 – 1080	23,4
1250	1081 – 1195	21,8
1360	1196 – 1310	20,3
1470	1311 – 1420	19,0
1590	1421 – 1530	17,6
1700	1531 – 1650	16,5
1810	1651 – 1760	15,4
193b0	1761 – 1870	14,4
2040	1871 – 1990	13,5
2150	1991 – 2100	12,7
2270	2101 – 2270	11,9
2500	2271 ou maior	10,6

Fonte: (ECCJ, 2017)

2.3.2 Ciclo de Teste

O ciclo JC08 foi desenvolvido para reproduzir as condições reais de trânsito nas regiões metropolitanas da cidade de Tokyo, tem longos períodos em marcha lenta e velocidades baixas na maior parte de sua duração, com exceção do último trecho que representa o uso em uma rodovia. O JC08 é usado tanto para medição de poluentes quanto para medição de eficiência energética. Mostrado na Figura 15.

Figura 15: A ilustração representa as acelerações e desacelerações do ciclo JC08, usado para simular o uso médio dos veículos no Japão.



Adaptada de: (GIAKOUMIS, 2016, p.134)

Mas há planos para substituí-lo pelo WLTP em janeiro de 2019, mostrado no capítulo 2.2.2.

2.3.3 OBD

O Japão adota os mesmos procedimentos da legislação estadunidense (BASTOS, 2012).

2.3.4 Inspeção e Manutenção

No Japão o programa de inspeção veicular é conhecido como *Shaken*. Que é obrigatório em todo país, a primeira inspeção ocorre 3 anos após o registro do veículo e depois a cada 2 anos (MARK E.; TOMAZIC, 2014).

É realizado tanto uma inspeção de segurança quanto de emissões. São medidos somente os gases HC e CO em marcha lenta (MARK E.; TOMAZIC, 2014).

Figura 16: Centro de inspeção japonês.



Fonte:(Kintarou,2016)

2.4 Regulamentação de Poluentes no Brasil

O Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), é a atual legislação em vigor tem os limites desenvolvidos e adotados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente(CONAMA). Está em sua sexta fase chamada de PROCONVE L-6 (para veículos leves), abrange todos os combustíveis, gasolina, álcool, flex e diesel. Os sistemas de controle de emissão devem durar 80.000 km ou 5 anos (DIESELNET, 2018).

As emissões são medidas em dinamômetro de chassi seguindo o ciclo de teste NBR6601, que é idêntico ao FTP-75, mostrado no capítulo 2.1.1. Com os valores no Quadro 12:

Quadro 12: Proconve L-6

Ano/Modelo		NMHC	CO	NO _x (l)	HC	PM*
2009	PROCONVE L-5	0,05	2,00	0,12	0,020	
2014	PROCONVE L-6	0,05	1,30	0,08	0,020	0,025
2020	PROCONVE L-7(esperado)	0,05	1,30	0,03	0,010	0,005

* somente Diesel

Fonte: (DieselNet, 2018)

2.4.1 Eficiência Energética

O programa Inovar-Auto, foi estabelecido por meio de um decreto presidencial em 2012, visando melhorar a média de eficiência energética da frota nacional, em 12% até 2017. Porém, não foi pensado, levando em consideração as emissões de gases de efeito estufa. Visava proteger as montadoras, já instaladas no Brasil, de uma concorrência com veículos importados, e, estimular a produção de tecnologia, investimentos em pesquisa, além de veículos mais eficientes (DE MELO; JANNUZZI; SANTANA, 2018).

A participação das montadoras era opcional, para participar parte da produção deveria ser nacional, e, existiam metas para conseguir o desconto de 30% no Imposto sobre Produto Industrializado (IPI), o mesmo foi aumentado em 30% em 2013 (DE MELO; JANNUZZI; SANTANA, 2018)

A criação de um novo programa de eficiência energética, chamado rota 2030, está em andamento, porém, sem prazo definido de implantação (Jornal do Carro, 2018).

2.4.2 Inspeção e Manutenção

No Brasil houve somente uma tentativa de implementar a inspeção e manutenção veicular por parte da cidade de São Paulo e na região metropolitana do Rio de Janeiro, onde se fazia uma inspeção visual e medição dos gases CO e HC com o motor à 2500 rpm. Na cidade de São Paulo a inspeção foi descontinuada em 2013 (FERREIRA, 2012).

Na região metropolitana do Rio de Janeiro a inspeção é realizada anualmente, mas obrigatória para veículos com mais de 5 anos de fabricação (CONEMA, 2014).

2.5 Tecnologias

As legislações pressionam para que os limites sejam atendidos, o que fomenta o desenvolvimento de tecnologias, mas além de atender a legislação os veículos devem manter o desempenho e consumo dentro das expectativas dos consumidores.

2.5.1 Catalisador

Para diminuir os poluentes que não são possíveis controlar somente com os recursos de melhoria de combustão foi introduzido o catalisador de três vias (LEMAN et al., 2017). O catalisador acelera a oxidação e redução dos seguintes poluentes HC, CO e NO_x. E atualmente também reduz o MP (LEMAN et al., 2017).

O catalisador possui uma liga metais nobres, platina, ródio e paládio como elemento ativo, uma estrutura de alumina para suporte estrutural aos metais nobres e óxidos de metal como material reagente (LEMAN et al., 2017).

Funcionando em *loop* fechado com os sensores lambda para informar o sistema de injeção a mistura ar/combustível, o catalisador é mais eficiente quando a mistura está próxima da estequiométrica e com a temperatura acima de 150 C°. Os poluentes são convertidos em água (H₂O), dióxido de carbono (CO₂) e Nitrogênio(N₂) (LEMAN et al., 2017).

2.5.2 Recirculação de Gás de Escapamento (EGR)

O sistema EGR visa evitar a geração de NO_x reduzindo a temperatura da câmara de combustão, diluindo o O₂ da admissão, por meio da recirculação dos gases do escapamento de volta para a câmara de combustão (SOONHO, 2014).

O EGR pode ser implementado de duas maneiras:

- Interno: Os gases de exaustão são retidos no cilindro, por meio da atuação do comando de válvula variável. Fazendo com que os gases residuais da combustão diluam o produto da admissão.
- Externo: Uma linha adicional e um controle com válvulas que atuam para recircular os gases da exaustão de volta para a câmara de combustão, tendo uma via de alta pressão e outra de baixa pressão.

Em ambas soluções o desempenho do motor é afetado pela queda na temperatura da câmara de combustão (SOONHO, 2014).

2.5.3 Injeção Eletrônica de Combustível

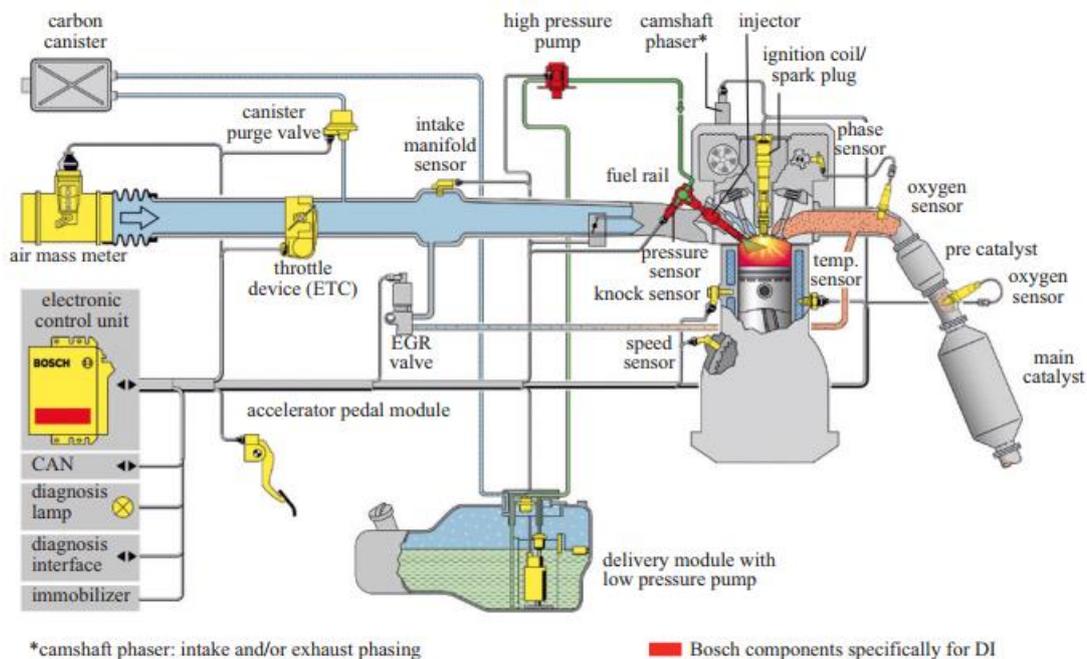
A injeção eletrônica tem o objetivo de controlar a proporção da mistura ar combustível que será admitida pelo motor e o avanço de ignição, com o objetivo de garantir o torque, consumo de combustível e emissões estejam dentro dos limites.

O controle é feito eletronicamente, através de mapas de programação, com o recebimento de informações de sensores sobre as condições de operação, isto é, analisar as variáveis do regime de operação do motor, coletando dados dos sensores. E com base nesses dados a *Electronic Control Unit* (ECU) decide quais ações os atuadores como, injetores, bomba de combustível, motor de passo, vão realizar para que a operação do motor esteja dentro dos parâmetros esperados (ISERMANN, 2014).

As estratégias de controle do motor adotadas pela ECU, ocorrem de duas maneiras, modificando os parâmetros antecipando o resultado (*feedforward loop*) e modificando os parâmetros com os resultados fornecidos (*feedback loop*). No *feedforward loop*, as entradas como posição do acelerador, rotação, fluxo de massa de ar, temperatura do ar, pressão do óleo, são calculadas para que os atuadores operem com antecedência facilitando a operação do motor em situações de transição. E no *feedback loop* o controle de lambda e pé-ignição (*knock*) são usados para remoção de erros na operação. As duas estratégias trabalham juntas para que haja respostas dos atuadores em qualquer regime de operação do motor. E em caso de falha a ECU deve informar ao motorista por meio do sistema OBD (ISERMANN, 2014).

A Figura 17 mostra os sensores e atuadores controlados pela Injeção Eletrônica.

Figura 17: Sistema de Injeção Eletrônica de Combustível.



Fonte:(ISERMANN, 2014, p.14)

2.5.4 Injeção Direta de Combustível

Nos sistemas de injeção direta a gasolina é pressurizada e injetada via sistema *common rail*, dentro da câmara de combustão. São usadas duas bombas, uma de baixa pressão no tanque de combustível que transporta o combustível para a bomba de alta pressão que supre a linha de combustível a uma pressão entre 100 e 200 bars (Zhao, 2010).

Reduzindo a possibilidade de *knock*, pois o ciclo de compressão começa somente com o ar admitido, permitindo o aumento na taxa de compressão aumentando a eficiência dos motores. “O aumento da taxa de compressão de 10 para 14 pode reduzir o consumo de combustível em cerca de 10%” (Zhao, 2010, p.6).

2.5.5 Comando de Válvulas Variável

A variação da fase e abertura das válvulas permitem a redução de emissões de poluentes, consumo do combustível, *knock*, e o aumento do torque e potência. Devido ao melhor controle da mistura, recirculação de gases, diminuição da pressão dentro do cilindro. As melhoras em relação ao consumo de combustível e emissões dependem do grau de variação utilizado. Essa variação ocorre mudando a posição da

arvore de cames em relação a arvore de manivelas, trocando o perfil do came, ou ambos. Por meio de um atuador eletro-hidráulico, que leva em conta a carga do motor (BOSCH, 2004).

2.5.6 Downsizing/Downspeed

O termo “*Downsizing*” se refere quando há uma substituição de um motor por outro de menor deslocamento, ou redução no número de cilindros, mas sem prejudicar a dirigibilidade ou a potência.

Aumentando a eficiência do motor e reduzindo o consumo de combustível, proporciona esta performance devido à redução de massa do motor, diminuindo a carga do motor, redução das partes móveis e diminuição da fricção entre os pistões e o cilindro. Conseqüentemente trazendo o torque e a potência em RPM mais baixa (*downspeed*) (PATIL; VARADE; WADKAR, 2017).

2.5.7 Turbocompressor

Os turbocompressores consistem em dois rotores conectados por um só eixo. A turbina fica ligada a saída dos gases de escapamento a energia cinética gerada pelas passagens dos gases, é então transferida, pelo eixo comum ao outro rotor, que trabalha como um compressor aumentando a pressão/densidade do ar admitido pelo motor. O que ocasiona o aumento de temperatura da massa de ar, por isso, antes de ir para a câmara de combustão o ar é resfriado, o que faz que a pressão e massa de ar admitidas pelo motor sejam constantes. A possibilidade de *knock* e a proporção da mistura ar/combustível definem o quanto de pressão o compressor produzirá em cada motor. A calibração do motor deve também limitar a velocidade e temperatura do turbocompressor para que não haja falhas por fadiga (NGUYEN-SCHÄFER, 2015).

2.5.8 Redução de massa

A redução de massa busca manter o tamanho do veículo, suas funcionalidades, performance, segurança e preço ao consumidor. Diminuindo a massa do veículo as forças inerciais que o motor tem que superar para acelerar é reduzida assim como o trabalho para manter o veículo em movimento (PERVAIZ, 2016).

A redução pode ser realizada com o uso de matérias mais leves, por exemplo substituindo, aço e ferro por alumínio, magnésio, compósitos, etc. Otimizando o projeto veículo para que contenha menos material (PERVAIZ, 2016).

2.5.9 Transmissões Automático/ CVT

Transmissão automática troca as marchas, sem a interação do condutor, durante a condução do veículo. O torque do motor é transmitido para o conversor de torque, por um sistema hidráulico, que aciona as embreagens e o conjunto de engrenagens planetárias. Conectando os elementos de entrada, saída ou estacionário, as engrenagens planetárias fazem o aumento das marchas, redução das marchas ou marcha ré (LECHNER; NAUNHEIMER, 1999).

Nas transmissões continuamente variáveis (CVT) o motor é mantido em uma rotação constante e o câmbio varia as relações de transmissão para que o veículo acelere, continuamente sem trancos. A variação da relação de transmissão ocorre com o uso de polias, corrente ou com discos e rodas (toroidal) (R. BASTIEN, C. BEIDL; H. KOHLER, J. LI, 2015).

As transmissões CVT, assim como as automáticas contém um conversor de torque e engrenagens planetárias (para fornecer a marcha ré) (R. BASTIEN, C. BEIDL; H. KOHLER, J. LI, 2015).

As transmissões automáticas com 6 marchas ou mais e os CVTs oferecem uma redução de consumo de combustível, pois diminuem a velocidade de operação do motor. Especialmente a CVT devido o motor trabalhar a maior parte do tempo em uma rotação fixa, facilitando a otimização do mapeamento do motor (SPLITTER; PAWLOWSKI; WAGNER, 2016).

2.5.10 Veículo Híbrido

Os veículos híbridos combinam as tecnologias do motor a combustão interna, motores elétricos e baterias para melhorar a eficiência energética e diminuir os poluentes emitidos, sem comprometer a autonomia ou potência (DAS; TAN; YATIM, 2017).

Há três formas que as montadoras costumam usar para os veículos híbridos, série, paralelo, série-paralelo. Explicadas a seguir.

- Série: Usa o motor a combustão interna somente como gerador para carregar a bateria, permitindo que o motor opere sempre no ponto ótimo. Admite o uso de uma bateria com menos massa. Adequado para centros urbanos.
- Paralelo: O motor elétrico e de combustão interna são conectados na mesma transmissão e podem trabalhar simultaneamente ou separadas, porém sempre a mesma velocidade. Melhorando o desempenho quando necessário manter velocidades de rodovia.
- Série-Paralelo: As ligações mecânicas permitem que o veículo opere como série ou paralelo, elevando os custos de fabricação. É a configuração que melhor gerencia a energia usada, sendo mais cara e complexa.

A construção é mais cara do que o veículo com motor a combustão interna. E a manutenção dos veículos híbridos é mais complexa, devido à variedade de tecnologia presente e perigosa alguns sistemas operam a mais de 600 DC (DAS; TAN; YATIM, 2017).

2.5.11 Veículo Elétrico

Veículos elétricos utilizam energia química armazenada em baterias, normalmente baterias íon-lítio, para propulsionar um ou mais motores elétricos e os acessórios do veículo. A capacidade de armazenamento de energia(kWh) e o consumo de energia do veículo(Wh/km) definem a autonomia do veículo (CHAU, 2014).

Os motores elétricos têm uma eficiência, entre 85% e 95%, na conversão da energia, não ficam ociosos, podem recuperar parte da energia durante a frenagem do veículo, fazendo com que o motor elétrico funcione como um gerador e recarregue a bateria. As ligações mecânicas como correias, sistemas hidráulicos ou pneumáticos para funcionar os outros componentes do carro são diminuídas, pois, a energia é fornecida diretamente pela bateria aos componentes (CHAU, 2014).

A recarga da bateria é feita rede elétrica em casa ou em postos de recarga. E que dependendo da matriz de energia utilizada no país, pode ser energia limpa ou renovável e não emitem poluentes durante a condução. Porém sua autonomia ainda é limitada, se comparada com aos veículos movidos a motores de combustão interna, e seu tempo de recarga pode levar de 4h até 8h dependendo da rede elétrica e do tipo de bateria (CHAU, 2014).

A reciclagem da bateria usada é limitada, pois o lítio após a vida útil da bateria, não tem a mesma composição química e ainda não existem meios de recupera-lo impedindo de ser usado novamente para outra bateria (PISTOIA; LIAW, 2018).

2.5.12 Veículo a Célula de Combustível

Utilizando uma célula de combustível converte a energia química do hidrogênio e do oxigênio em energia elétrica, emitindo apenas água e calor, por isso, é considerado um veículo de emissão zero. Principalmente se a fonte de energia usada para produzir o hidrogênio for limpa (CORBO; MIGLIARDINI; VENERI, 2011).

O tipo de célula usado para veículos de passageiros é a *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC), devido sua baixa temperatura de operação e alta eficiência. A energia gerada é armazenada em uma bateria e fornecida para um motor elétrico, permitindo uma autonomia similar aos veículos a combustão interna (CORBO; MIGLIARDINI; VENERI, 2011).

A infraestrutura global de distribuição do hidrogênio é limitada, devido seu transporte e armazenamento requererem alta pressão ou resfriamento a -253 C° , caso não exista tubulação para transporte em sua forma gasosa. Contudo sua produção pode ser descentralizada, com produções em pequenas escalas, vindo da reforma do gás natural, etanol, biodiesel ou da eletrolise da água (FOLKSON, 2014).

3 Metodologia

A pesquisa foi conduzida por um método qualitativo, observando-se pesquisas, legislações, livros, documentos, dados governamentais e de institutos internacionais pesquisados na internet. Interpretando e analisando as correlações entre legislação, meio ambiente, saúde e as tecnologias.

A pesquisa foi realizada com buscas de palavras chaves como: *vehicular emissions trends, automotive air pollution, vehicular efficiency, environmental effects of vehicle exhausts, emissions standards*. Permitiu encontrar artigos publicados em editoras de publicações científicas, relatórios de organizações sem fins lucrativos como a

International Council on Clean Transportation (ICCT), empresas privadas como a Delphi e dados governamentais.

Na comparação entre as legislações e ciclo de testes, os dados das legislações e pesquisas públicas serviram como base para realizar uma análise dos pontos que o Brasil deveria fazer mudanças. E na discussão sobre tecnologias foram utilizados os dados de pesquisas junto com os dados de mercado, durante a análise.

Assim, estruturando de maneira lógica, uma comparação entre a legislação atual do Brasil com as principais legislações em vigor no mundo e as tecnologias utilizadas. Cruzando os dados encontrados nas legislações e artigos publicados, é possível identificar pontos para aprimoramento para a próxima regulamentação brasileira. E das tecnologias para atender essas legislações quais poderão ganhar mais espaço conforme as restrições aumentam (CRESWELL, 2007).

4 Resultado e discussão

A legislação brasileira, tem como base as legislações europeias e estadunidense, estabelecendo limites de emissões para cada poluente, separam os veículos por categoria. Os veículos fabricados são então homologados em laboratório, com ciclos de testes em dinamômetros. Por meio de uma comparação, entre os pontos de cada legislação e de artigos publicados, algumas oportunidades de melhoria na regulamentação brasileira serão apresentadas. Junto com as possíveis tecnologias que poderão vir ao mercado brasileiro.

4.1 Poluentes Regulamentados

O Japão e Europa tratam de forma separada os Ciclos Ottos e Diesel, assim como o Brasil, porém impõem limites mais restritivos à certas tecnologias do Ciclo Otto para evitar principalmente o aumento do MP, como limites diferenciados para veículos equipados com injeção direta de combustível, isso não acontece no Brasil e não é necessário na legislação estadunidense com limites independente do combustível usado.

A falta de uma regulamentação específica para motores Ciclo Otto com injeção direta e com o aumento do uso da tecnologia em carros nacionais, traz preocupações

sobre o possível aumento de MP e seus impactos na qualidade do ar e saúde humana (DALLMANN; FAÇANHA, 2017).

Para minimizar esses problemas do MP, o PROCONVE L7 poderia adotar limites específicos para veículos Ciclo Otto com injeção direta, ou tornar a legislação neutra em relação ao combustível como acontece nos Estados Unidos. Existem pontos não atendidos sobre a medição de gases orgânicos, como na medição de motores Ciclo Otto quando abastecidos com etanol gases orgânicos. O etanol é usado apenas como um opcional, para as montadoras subtraírem a contribuição do etanol do NMHC, tornando difícil precisar a contribuição dos álcool e aldeídos na qualidade do ar (DALLMANN; FAÇANHA, 2017).

Uma mudança de abordagem no próximo PROCONVE, o poluente NMHC deveria ser substituído pelo NMOG, assim os resíduos da combustão do etanol seriam inclusos, além de controlar melhor as emissões do diesel, caso seja adotado junto com a neutralidade de combustível (DALLMANN; FAÇANHA, 2017).

4.2 Ciclo de Testes

A Europa e o Japão utilizam apenas um ciclo de teste, o NEDC e JC08, respectivamente. Porém não são satisfatórios em representar os estilos de direção atuais, por isso, está em andamento a adoção do WLTP. Ciclo de teste criado a partir da coleta de dados de condução obtidos no Japão, Índia, Coréia do Sul, Estados Unidos e em países da Europa. Combina diferentes estilos de direção e transito, visando uma maior representatividade dos testes de laboratório com o mundo real (GIAKOUMIS, 2016).

Além dos testes em laboratório, a União Europeia visa incluir dados coletados com equipamentos portáteis em condições reais de uso. Esse tipo de coleta chama-se *Real-Driving Emissions* e visa reduzir a disparidade entre testes realizados em dinamômetro e em vias públicas. Para garantir que seja coberto uma ampla faixa de condições de uso, metade dos testes serão realizados pelas montadoras, sendo realizados novamente pelas autoridades locais. Trazendo mais resiliência e diminuindo os riscos de fraudes como os descobertos pela EPA em alguns veículos da Volkswagen (ICCT, 2017).

No próximo PROCONVE e legislação de eficiência energética, o Brasil poderia fortalecer a fiscalização e evitar fraudes com a adoção do ciclo WLTP, ou dos ciclos suplementares estadunidenses e planejamento do uso dos equipamentos de testes portáteis para testes em vias públicas. Para cobrir mais padrões de condução e velocidade, conseqüentemente faixas de rotação maiores e mais críticas em relação emissões de poluentes e CO₂ que o atual ciclo FTP-75 não cobre (ICCT, 2017).

4.3 Vida Útil

Os requisitos de durabilidade são para garantir que os veículos mantenham um nível de emissões de poluentes dentro do esperado, durante uma vida útil pré-determinada em quilômetros acumulados ou na idade do veículo. Cada legislação define procedimentos de teste para verificar se a vida útil será mantida (NESBIT, 2016).

O Brasil exige testes em laboratório de deterioração, se as vendas anuais da família do motor sejam menores que 15 mil unidades. Caso contrário a montadora deve fazer testes de acúmulo de quilometragem (Delphi, 2016) (NESBIT, 2016). Os testes de deterioração e acúmulo de quilometragem, são realizados por montadoras e fornecedoras simulando a perda de eficiência dos sistemas de controle de poluentes. (PARKS, 2014) A figura 18 ilustra um dos problemas causados pelo fim da vida útil e ou aviso de manutenção do veículo.

Figura 18: Fumaça emitida ao fim da vida útil dos sistemas de controles de poluentes.



Adaptada de: (Portal a Verdade, 2015)

Diferente dos Estados Unidos e da Europa, que aumentam o tempo esperado da vida útil conforme uma nova legislação é adotada. O Brasil mantém a mesma vida

útil de 80.000 km, desde o primeiro PROCONVE que é equivalente ao PNLT, o Euro 6 e Tier 3 exigem 160.000 e 241.400 km respectivamente. Essas medidas são importantes, pois incentivam a criação de sistemas mais duráveis (NESBIT, 2016).

Para o próximo PROCONVE se deve revisar e aumentar a vida útil proposta na legislação, pois atualmente, os veículos de passageiro são usados por mais de 5 anos e 80.000 quilômetros. Isto torna os o limite atual defasado e possivelmente ineficiente. Igualando o PROCONVE ao Euro 6, neste caso, tornaria a legislação mais adequada ao uso médio atual da frota (DALLMANN; FAÇANHA, 2017).

4.4 Inspeção e manutenção

O Brasil ao contrário dos outros países citados não possuiu um programa de inspeção que abrange todo o território nacional em vigor, o que faz com que a detecção de possíveis alterações feitas pelos proprietários seja dificultada e diminui o incentivo a renovação da frota.

Porém, está em andamento a implantação da norma nº716/207 definida pelo Conselho Nacional de Trânsito(Contran) que exigirá a inspeção técnica veicular em todo território nacional para renovar o licenciamento do veículo. Os veículos de passageiros até 7 lugares, terão que realizar a inspeção a partir do terceiro ano do primeiro licenciamento. Está prevista para começar no final do ano de 2019 (MARIA CLARA DIAS, 2018).

Serão vistoriados os itens de segurança, emissões e ruído (CONTRAN, 2017).

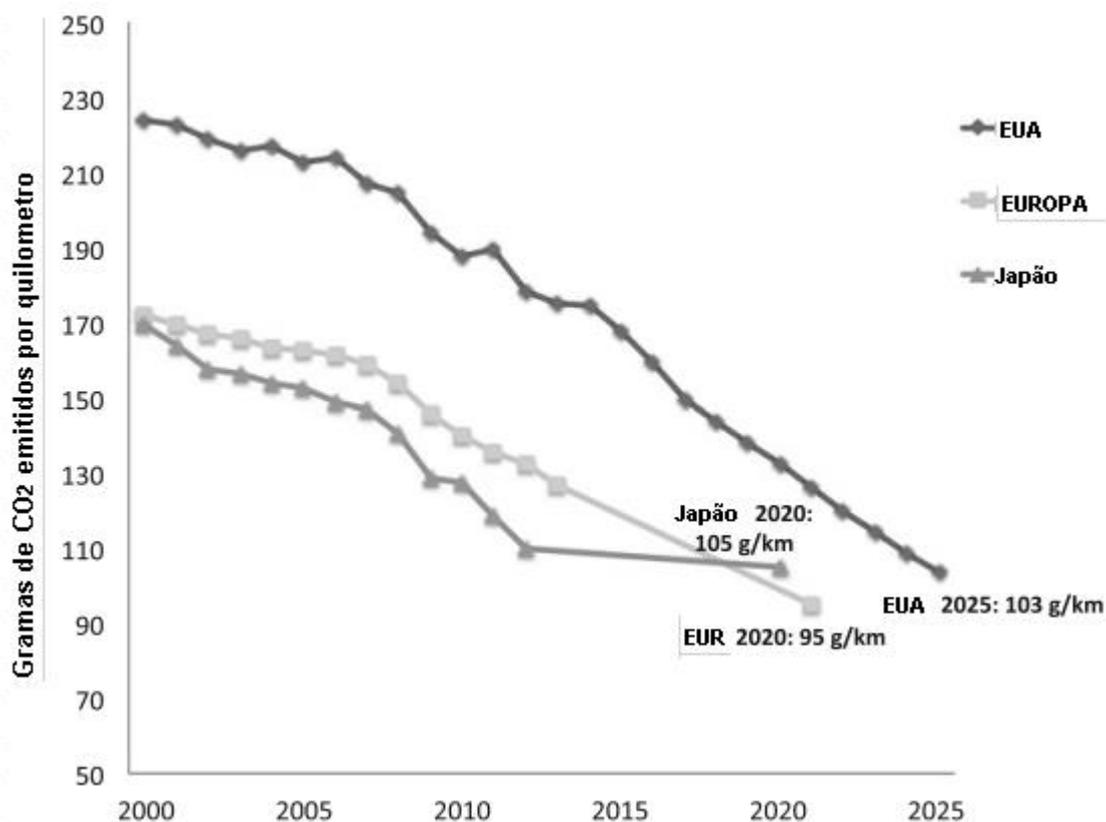
4.5 Eficiência Energética

Japão, Estados Unidos e Europa possuem legislações específicas para o aumento da eficiência energética da sua frota. Com o objetivo de reduzir sua dependência dos países exportadores de petróleo e mais recentemente a preocupação com as variações climáticas (IGUCHI, 2015).

Todos têm um projeto de longo prazo, com metas definidas e embora tenham sido motivados por fatores regionais, não necessariamente correlacionados, atualmente há uma tendência de convergência, como mostrado na Figura 19 abaixo. A convergência se deve ao fato, que quando um país desenvolve uma regulamentação

mais restrita, as montadoras locais melhoram as tecnologias, reduzindo o consumo e aumentando o desempenho, assim pressionam que os outros mercados façam o mesmo (IGUCHI, 2015).

Figura 19: A ilustração representa o nível de gramas de CO₂ emitidos por quilometro.



Fonte: (IGUCHI, 2015, p.8)

No Brasil está em discussão um plano nacional chamado ROTA 2030, que visa voltar com as metas de eficiência energética, devido a pressões das montadoras. A implantação desta legislação se faz necessária, para uma modernização da frota e redução dos gases de efeito estufa. Deverá focar principalmente na fiscalização, garantindo que os veículos fiquem dentro das normas (DE MELO; JANNUZZI; SANTANA, 2018).

4.6 Tecnologias

Quando os governos adotam legislações para combater a poluição do ar e a emissão de gases de efeito estufa, por exemplo, a adoção do *Clean Air Act*, fez com

que as montadoras aumentassem, por meio de controles eletrônicos, o controle da combustão, ou seja, melhor controle dos gases de exaustão. A Figura 20 mostra a introdução e evolução dos sensores que foram os primeiros passos para a Injeção Eletrônica, introduzida em veículos de produção em massa em 1973 (ISERMANN, 2014).

Figura 20: Primeiros sensores para criação de uma ECU.

Sensors :

- engine speed (1967),
camshaft phase
- motor temperature (1967)
- manifold pressure, manifold
temperature (1967)
- knock sensor (1969)
- air-mass flap (1973)
- oxygen (lambda) (1976)
- airmass hot-film (1981)
- ambient pressure
- throttle and pedal position
(1986, E-Gas)

Fonte: (ISERMANN, 2014, p.5)

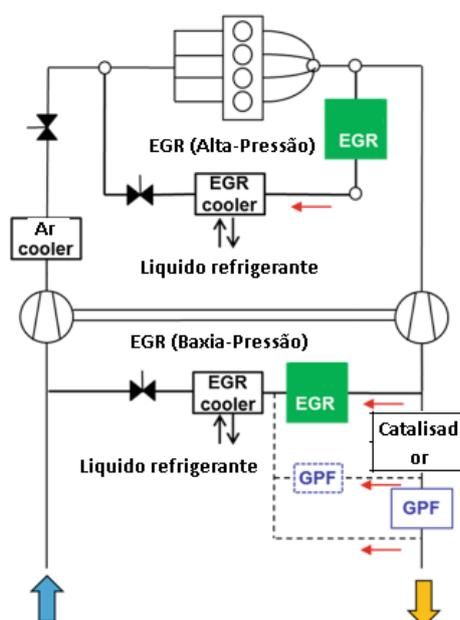
Esses sensores juntos com o catalisador introduzido em 1976, foram responsáveis pela redução e cumprimento das primeiras metas e eram onipresentes nos veículos estadunidenses no começo dos anos 90, com a entrada do Tier1 (ISERMANN, 2014) (NESBIT, 2016).

Para atender os atuais e futuros requisitos das legislações, há esforços para melhor controle da combustão, por meio de melhores controles da injeção eletrônica com utilização de sensores mais rápidos, catalisadores mais eficientes e filtro de partículas para motores a gasolina com injeção direta de combustível (WILLIAMS; MINJARES, 2016).

As futuras demandas sob o catalisador, está na introdução de novos materiais reagentes, substituindo os atuais $\text{CeO}_2/\text{ZrO}_2$ por $\text{Al}_2/\text{CeO}_2/\text{ZrO}_2$, tornando possível a oxidação do HC formando em temperaturas menores reduzindo as emissões principalmente durante a partida a frio. E em relação aos metais nobres é previsto um aumento de 15% do paládio e 33% do ródio até 2025 (JOHNSON, 2015).

Para complementar a o catalisador e acatar as reduções de MP, é prevista a introdução do filtro de particulados gasolina (GPF), integrado aos sistemas do catalisador e EGR. O filtro consiste em paredes de cerâmica porosas que filtram o MP, podendo conter revestimento de paládio ou ródio para diminuir ainda mais os gases HC, NO_x e CO (JOHNSON, 2015)(PISCHINGER, 2016)(BLANCO-RODRIGUEZ, 2015). A Figura 21 mostra como será o sistema EGR integrado ao catalisador, as linhas pontilhadas representam a passagem dos gases pelo GPF, antes de voltarem para a linha de baixa pressão.

Figura 21: Apresenta as rotas do ar de admissão e exaustão através dos sistemas redutores de poluentes.



Fonte: (GÜNTHER, 2017, p.372)

Essas tecnologias serão introduzidas devido ao aumento da presença de motores com injeção direta, que começaram a ganhar relevância em 2001 e podem aumentar em 10 vezes as emissões de MP. Que conquistam mais participação de mercado para atender as legislações de eficiência energética, em 2016, nos Estados Unidos estavam presentes em 50,7% dos carros em produção. Esse ganho de mercado se deve a fácil integração com outras tecnologias no mercado, como o comando variável de válvulas variável, turbo compressor e downsizing (PISCHINGER, 2016).

É previsto um aumento entre 2021 e 2025 de todas as tecnologias, para atender a meta de emissão de CO₂ junto com menor custo de produção. O Quadro 13 mostra

as estimativas da melhora no consumo de combustível e nos custos de produção em dólar (ISENSTADT et al., 2016).

Quadro 13: Previsão de participação no mercado 2021/2025

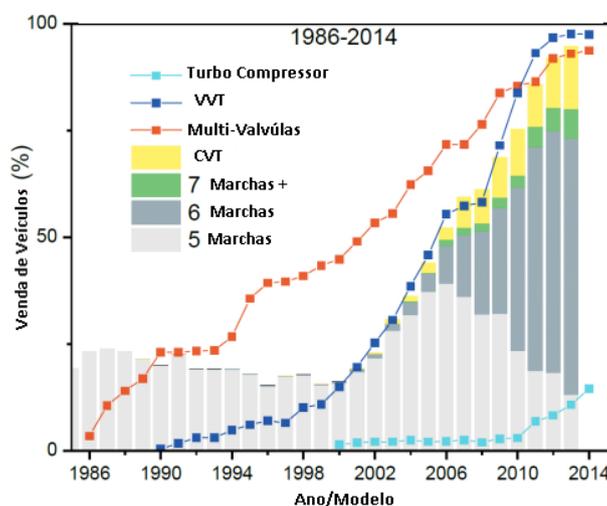
	Participação de mercado		Custo direto para as montadora 2025			Melhoria no Consumo Estimada	Em relação a
	2021	2025	I3/4	V6	V8		
GDI ²	65%	94%	\$164	\$246	\$296	1,50%	PFI ¹
TRB ³ 18bar	46%	23%	\$310	\$523		10,7-13,6%	GDI ²
TRB ³ 24bar	15%	64%	\$465	\$784		15-18,9%	GDI ²
TRB ³ 27bar	3%	6%	\$775	\$1307		16,4-20,6%	GDI ²
EGR refrigerado	12%	68%	\$180			3,60%	GDI+TRB ³
Economia no Downsizing	I4>I3	I4>4	V6>I4	V8>I4	V8>V6		
	\$148	\$65	\$420	\$690	\$210		
1-Injeção Indireta de Combustível 2-Injeção Direta de Combustível 3-Turbo							

Fonte: (ISENSTADT et al., 2016)

O Quadro 13, considera motores com algum nível de variação no comando de válvulas que já compõem mais de 90% dos mercados estadunidense e japonês.

Complementando os esforços para atingir uma maior eficiência energética nota-se uma tendência de aumento em transmissões automáticas com mais de 6 marchas e CVT no mercado americano. Mostrados na Figura 22.

Figura 22: Saturação de mercado

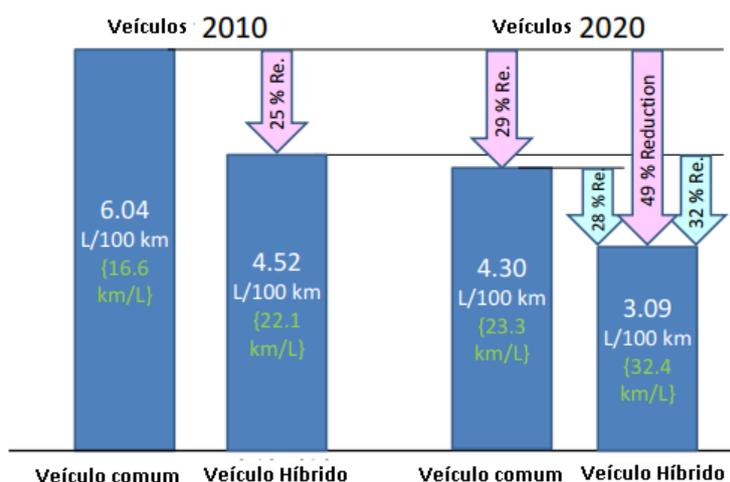


Fonte: (PAWLOWSKI; SPLITTER, 2015, p.12)

Devido ao estreitamento dos limites de emissão de poluentes e gases de efeito estufa no futuro os motores a combustão interna, não atenderão mais as legislações como único meio de propulsão, e será necessário o uso de tecnologias híbridas e elétricas (NAKAMURA, 2017).

Em função disso os veículos híbridos ganharão mais mercado, no curto prazo, pois não tem a demora de recarga e usam a mesma infraestrutura dos veículos a combustão interna e apresentam potencial de melhoria de consumo, se comparados com sua primeira geração (NAKAMURA, 2017), mostrado na Figura 23 a seguir.

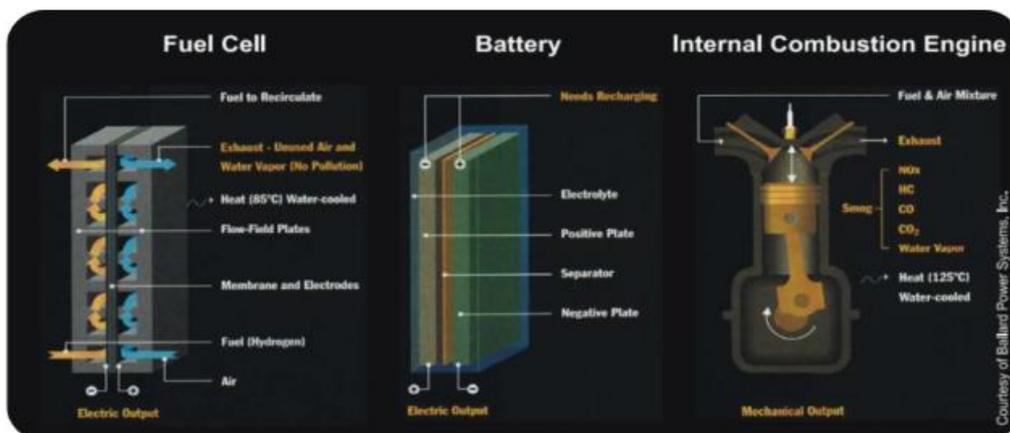
Figura 23: Potencial de redução de consumo híbrido/motor a combustão interna.



Fonte: (NAKAMURA, 2017, p.5)

No longo prazo, isto é, após o termino do Tier 3, Euro 6 e PNLT, os veículos a célula de combustível ganharão relevância no mercado, pois é projetado uma redução do custo de produção (em dólar) atualmente em \$19.700, para \$5.665 em 2030. Enquanto os motores de combustão interna e veículos elétricos terão o preço de produção de \$2465 e \$7865 (DAS; TAN; YATIM, 2017).

Figura 24: Diferenças entre as tecnologias.



Fonte: (SHARAF; ORHAN, 2014, p.6)

Para novas tecnologias em mercado brasileiro, dependem de uma ação do governo com uma regulamentação de longo prazo e restritiva com relação a emissão de poluentes e gases de efeito estufa. Estas são medidas esperadas no Proconve L7 e Rota2030.

Figura 25: Veículo a Célula de Combustível Toyota Mirai.



Fonte: (Popsic,2015)

Figura 26: Veículo Elétrico Tesla Model 3



Fonte: (Tesla, 2018)

5. Discussões Finais e Conclusão

Após o levantamento das regulamentações sobre controle de poluentes, eficiência energética e inspeção e manutenção dos principais mercados: Estados Unidos, União Europeia, Japão e do Brasil, este trabalho realizou uma análise entre as legislações e as tecnologias utilizadas para atendê-las. Existem alguns pontos na legislação brasileira, que criam brechas por não abranger, poluentes e tecnologias que podem piorar a qualidade do ar, causando danos à saúde humana e um aumento nos gases de efeito estufa. Esses pontos são: não neutralidade de combustível, não medir o NMOG, usar ciclo de teste defasado e não ter um plano de médio/longo prazo para emissão de CO₂.

Observou-se que os três mercados, apesar de pequenas diferenças, procuram abordar de forma contínua o combate à poluição e emissões de gases de efeito estufa. Devem fazer mudanças, ao longo do tempo, como os ciclos de testes e reforçando a monitoramento para evitar fraudes. Limitações específicas para injeção direta de combustível, que devido seu potencial de redução CO₂ é implementada pelas montadoras, porém, aumenta as emissões de MP que são prejudiciais a saúde. O prolongamento da exigência da vida útil dos componentes que reduzem as emissões de poluentes deve assegurar o controle dos mesmos durante o período de utilização dos veículos.

O PROCONVE-L7, para acompanhar os esforços internacionais, poderia se tornar neutro em relação ao tipo de combustível. Assim, independente da tecnologia usada ou combustível as emissões de MP seriam melhor controladas. A adoção da medição do NMOG, permitiria controle sobre os gases orgânicos emitidos pelos veículos quando abastecidos com etanol, além de aumentar a vida útil de 80.000 km para 160.000 km. Avançando em para melhorar a qualidade do ar e de vida da população.

A adoção do ciclo WLTP e do *Real-Driving Emissions*, permitiria simular de maneira mais satisfatória as condições de tráfego encontradas no Brasil, tornando o PROCONVE-L7 e ROTA 2030 mais robustos minimizando possibilidade de fraudes, pois as atuais medições com o ciclo FTP-75 são limitadas e representa as condições de tráfego encontradas nos Estados Unidos. Desta forma ficaria alinhado com os mercados europeus e japonês, e permitiria fazer comparações diretas entre os testes.

A introdução da inspeção periódica garante que mudanças na legislação sejam mantidas ao longo do tempo para detectar: alterações, falhas na manutenção,

garantindo que a vida útil das tecnologias implementadas pela montadora esteja dentro do esperado e incentivar uma renovação da frota, caso os veículos mais velhos tenham dificuldades em atender a legislação.

O Brasil até o momento tem avançado em sua legislação de poluentes, mas em menor escala quando comparado aos outros países deste estudo. Para o PROCONVE-L7, ainda é incerto um avanço no controle de MP, mudanças no atual ciclo de teste e na exigência da vida útil dos sistemas responsáveis por controlar os poluentes emitidos. É esperado um avanço somente na inspeção e manutenção, sendo equivalente as legislações dos países citados e permite minimizar alterações nos veículos e falhas na manutenção que agravam as emissões veiculares, uma ainda não tem data definida.

A legislação de eficiência energética Rota 2030 não foi definida sobre o que será exigido das montadoras. Caso acompanhe as metas das legislações internacionais poderá trazer novas tecnologias ao mercado brasileiro. Porém se essa mudança não for acompanhada pelo PROCONVE-L7, resultará em danos à saúde e meio ambiente, com o aumento na emissão de MP.

5.1 Propostas Futuras de Pesquisa

Fica para um estudo futuro a realização de um estudo comparativo com os países em vizinhos como Argentina, Bolívia, Uruguai, etc. Mostrando as diferenças e semelhanças, bem como os impactos que a legislação do Brasil tem sobre os mercados automotivo vizinhos e se estão mais avançados ou defasados em relação ao Brasil.

E um estudo sobre o impacto do material particulado emitido pelos veículos ciclo otto com injeção direta de combustível na saúde.

6. Referências Bibliográficas

BASTOS, E. **Estudo das diferenças dos requerimentos das principais legislações de on-board diagnostic para padronização de testes de desenvolvimento e validação de transmissão automática de automóveis.** [s.l.] Centro Universitario do Instituto Mauá de Tecnologia, 2012.

BLANCO-RODRIGUEZ, D. 2025 Passenger car and light commercial vehicle powertrain technology analysis. n. 1, 2015.

BOSCH, R. **Manual de Tecnologia Automotiva**, 2004.

BOSCH, R. **Bosch Automotive Eletrics and Automotive Eletronic**s. 5° ed. Plochingen: Springer, 2007.

CHAU, K. T. **EV Powertrain Configurations**, 2014. (Nota técnica).

CORBO, P.; MIGLIARDINI, F.; VENERI, O. **Hydrogen Fuel Cells for Road Vehicles.** [s.l: s.n.].

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa.** [s.l: s.n.].

CRIPPA, M.; GUIZZARDI, D.; GALMARINI, S. EU effect : Exporting emission standards for vehicles through the global market economy. **Journal of Environmental Management**, v. 183, p. 959–971, 2016.

DALLMANN, T.; FAÇANHA, C. International Comparison of Brazilian Regulatory Standards for Light-Duty Vehicle Emissions. n. April, p. 40, 2017.

DAS, H. S.; TAN, C. W.; YATIM, A. H. M. Fuel cell hybrid electric vehicles: A review on power conditioning units and topologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 76, n. February, p. 268–291, 2017.

FERREIRA, V. A. **Programa de inspeção e manutenção veicular, análise e sugestões para um programa mais efetivo.** [s.l: s.n.].

FOLKSON, R. **Alternative fuels and advanced vehicle technologies for improved environmental performance: Towards zero carbon transportation.** [s.l: s.n.].

GIAKOUMIS, E. G. **Driving and Engine Cycles.** Atenas: Springer International Publishing AG 2017, 2016.

GÜNTHER, M. **Knocking in Gasoline Engines.** Berlim: Springer, 2017.

HALDERMAN, J. D.; LINDER, J. **Automotive Fuel and Emissions Control Systems.** [s.l.] Pearson Education, 2011.

ICCT. **REAL-DRIVING EMISSIONS TEST PROCEDURE FOR EXHAUST GAS POLLUTANT EMISSIONS OF CARS AND LIGHT COMMERCIAL VEHICLES IN EUROPE.** [s.l: s.n.].

IGUCHI, M. **Divergence and Convergence of Automobile Fuel Economy Regulations.** Kioto: Springer, 2015.

ISERMANN, R. **Engine modeling and control.** Darmstadt: Springer, 2014. v. 9783642399

JOHNSON, T. V. Review of Vehicular Emissions Trends. **SAE International Journal of Engines**, v. 8, n. 3, p. 2015-01–0993, 2015.

KLIER, T.; LINN, J. Comparing US and EU Approaches to Regulating

Automotive Emissions and Fuel Economy. **Resources for the Future; Policy Brief**, n. 16, p. 1–9, 2016.

LECHNER, G.; NAUNHEIMER, H. **Automotive Transmissions**, 1999.

LEMAN, A. et al. Advanced Catalytic Converter in Gasoline Engine Emission Control: A Review. v. 02020, p. 1–6, 2017.

MARK E., C.; TOMAZIC, D. **Drive Cycles**. Auburn Hills: , 2014. (Nota técnica).

NAKAMURA, T. Improvement of Fuel Efficiency of Passenger Cars by Taking Advantage of Tribology. **Tribology Online**, v. 12, n. 3, p. 76–81, 2017.

NESBIT, M. Comparative study of US and EU vehicle emissions legislation. n. December, 2016.

PAWLOWSKI, A.; SPLITTER, D. SI Engine Trends: A Historical Analysis with Future Projections. **SAE Technical Paper**, n. April, 2015.

PERVAIZ, M. et al. Emerging Trends in Automotive Lightweighting through Novel Composite Materials. **Materials Sciences and Applications**, v. 07, n. 01, p. 26–38, 2016.

PISCHINGER, S. Current and Future Challenges for Automotive Catalysis: Engine Technology Trends and Their Impact. **Topics in Catalysis**, v. 59, n. 10–12, p. 834–844, 2016.

PISTOIA, G.; LIAW, B. **Green Energy and Technology Behaviour of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicles**. [s.l.: s.n.].

POSADA, F.; GERMAN, J. **Review of Ldv Obd Requirements Under the European, Korean and Californian Emission Programs**. [s.l.: s.n.].

R. BASTIEN, C. BEIDL, H. E.; H. KOHLER, J. LI, R. R. **Powertrain**. [s.l.: s.n.].

SOONHO, S. **Emission Control Systems—Oxides of Nitrogen**. Seul: , 2014. (Nota técnica).

SPLITTER, D.; PAWLOWSKI, A.; WAGNER, R. A Historical Analysis of the Co-evolution of Gasoline Octane Number and Spark-Ignition Engines. **Frontiers in Mechanical Engineering**, v. 1, n. x, 2016.

WILLIAMS, M.; MINJARES, R. A technical summary of Euro 6 / VI vehicle emission standards. n. June, 2016.

SHARAF, O. Z.; ORHAN, M. F. An overview of fuel cell technology: Fundamentals and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 32, p. 810–853, 2014.

Diselnet, site <<http://www.deiselnet.com>> Acessado em 22/03/2018

Delphi, site <<http://www.delphi.com>> Acessado em 20/03/2018

Jonal Do Carro, site <<http://jornaldocarro.estadao.com.br/servicos/normas-sobre-carros-enfrentam-vaivem-no-pais>> Acessado em 20/05/2018

MARIA CLARA DIAS, site <<http://jornaldo.estadao.com.br/Noticias/noticia/2018/04/obrigatoriedade-da-inspecao-veicular-e-suspensa-pelo-denatran>> Acessado em 20/04/2018

Portal a Verdade, site <<http://portalaverdade.com.br/poluicao-mata-duas-vezes-mais-que-o-transito-em-sao-paulo/>> Acessado em 23/06/2018

Popsic, site <<https://www.popsic.com/how-hydrogen-vehicles-work>> Acessado em 23/06/2018

Tesla, site <https://www.tesla.com/en_IE/model3> Acessado em 23/06/2018

Kintarou, site <<http://kintarou.skr.jp/sanpo/UserShaken.htm>> Acessado em 23/06/2018

AutoZeitung, site <<https://www.autozeitung.de/abgas-messverfahren-wltp-rde-190688.html>> Acessado em 23/06/2018

UCSUSA, site <<https://blog.ucsusa.org/don-anair/dear-chrysler-5-reasons-oil-prices-shouldnt-affect-fuel-economy-standards-800>> Acessado em 23/06/2018

EPA, site <<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>> Acessado em 23/06/2018

WSJ, site <<https://blogs.wsj.com/experts/2016/04/26/why-states-and-cities-must-lead-the-way-on-climate-change/>> Acessado em 23/06/2018

Geo Projectgrp7, site <<http://geoprojectgrp7.blogspot.com/2015/03/air-pollution-in-los-angeles-location.html>> Acessado em 23/06/2018