

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**EDUARDO RODRIGUES**

**MANUTENÇÃO E EFICÁCIA DO SISTEMA SCR PARA REDUZIR OS  
NÍVEIS DE EMISSÃO DE POLUENTES, PROVENIENTES DE  
MOTORES A DIESEL**

**LAGES  
2019**

**EDUARDO RODRIGUES**

**MANUTENÇÃO E EFICÁCIA DO SISTEMA SCR PARA REDUZIR OS  
NÍVEIS DE EMISSÃO DE POLUENTES, PROVENIENTES DE  
MOTORES A DIESEL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor: Reny Aldo Henne

**LAGES  
2019**

**EDUARDO RODRIGUES**

**MANUTENÇÃO E EFICÁCIA DO SISTEMA SCR PARA REDUZIR OS  
NÍVEIS DE EMISSÃO DE POLUENTES, PROVENIENTES DE  
MOTORES A DIESEL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Orientador:**

---

Professor (a) Centro Universitário Unifacvest

**Membro:**

---

Professor (a) Centro Universitário Unifacvest

**Membro:**

---

Professor (a) Centro Universitário Unifacvest

**Lages, SC** \_\_\_ / \_\_\_ /2019. **Nota** \_\_\_\_\_

**LAGES  
2019**

Dedico este trabalho ao meu pai, por todo ensinamento, pois sem seus esforços não chegaria até aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me guiado até aqui, e me conceder o privilégio de exercer essa maravilhosa profissão.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse projeto.

Ao professor Reny Aldo Henne, por todo o acompanhamento, pelo aprendizado, e pela orientação deste projeto.

Agradeço em especial a minha namorada Caroline H Pazini, por todo apoio, e pela compreensão nos momentos de ausência.

"Para se ter sucesso, é necessário amar de verdade o que se faz. Caso contrário, levando em conta apenas o lado racional, você simplesmente desiste. É o que acontece com a maioria das pessoas."  
(Steve Jobs).

# MANUTENÇÃO E EFICÁCIA DO SISTEMA SCR PARA REDUZIR OS NÍVEIS DE EMISSÃO DE POLUENTES, PROVENIENTES DE MOTORES A DIESEL

## RESUMO

Com a evolução dos motores a diesel, houve grandes aumentos nos níveis de emissões de agentes poluentes, prejudicando drasticamente o meio ambiente e causando sérios problemas a saúde humana. Sendo necessário adotar-se uma medida para amenizar esses impactos.

Em 1970, os Estados Unidos adotaram o padrão EPA (Environmental Protection Agency) o qual impõe limitações aos níveis de poluentes permitidos. No Brasil, adotou-se o padrão Euro, o qual passou por modificações e se tornou Proconve.

Uma das medidas tomadas, para reduzir a poluição, foi a implementação de sistemas como, SCR (*selective catalytic reduction*), o qual teve uma grande eficiência em tratamento dos gases emitidos pelos motores. Esse padrão já está sendo utilizado em veículo a diesel pesado, como caminhões, máquinas, ônibus e algumas vans de transportes. O sistema SCR, já entrou em vigor no Brasil no ano de 2005, porém, sua obrigatoriedade passou a ser em 2012.

O sistema SCR, utiliza-se de um agente redutor líquido, chamado Arla 32, o qual é uma solução, composta por ureia, utilizado para reduzir as emissões de poluentes, presentes nos escapes de veículos a diesel.

A realização de manutenção corretiva, quanto preventiva deve ser realizado para que o veículo esteja em conformidade com a lei. No teste de eficácia, comprova-se a redução de até 90% dos níveis de emissões provenientes da queima de combustíveis de veículos a diesel. Um veículo com o Arla adulterado, polui equivalente a cinco caminhões com o Arla regulamentado, causando assim, um atraso ambiental.

Palavras-chave: Motor; Diesel; Emissões; SCR.

# **MAINTENANCE AND EFFICIENCY OF THE SCR SYSTEM TO REDUCE LEVELS OF POLLUTANT EMISSIONS, FROM DIESEL ENGINES**

## **ABSTRACT**

With the evolution of diesel engines, there have been large increases in emissions of pollutants, drastically damaging the environment and causing serious human health problems. It is necessary to adopt a measure to mitigate these impacts.

In 1970, the United States adopted the EPA (Environmental Protection Agency) standard which imposes limitations on the levels of pollutants allowed. In Brazil, the Euro standard was adopted, which was modified and became Proconve.

One of the measures taken to reduce pollution was the implementation of systems such as SCR (selective catalytic reduction), which had a great efficiency in the treatment of the gases emitted by the engines. This standard is already being used in heavy diesel vehicles, such as trucks, machines, buses and some transport vans. The SCR system, has already entered into force in Brazil in the year 2005, however, its obligation has become in 2012.

The SCR system uses a liquid reducing agent, called Arla 32, which is a urea solution used to reduce emissions of pollutants from diesel exhaust.

The performance of corrective and preventive maintenance must be performed in order for the vehicle to comply with the law. In the efficacy test, up to 90% of emission levels from the burning of diesel fuels have been proven. A vehicle with the adulterated Arla, pollutes five trucks equivalent to the regulated Arla, thus causing an environmental delay.

Keywords: Motor; Diesel; Emissions; SCR.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fase de um motor ciclo diesel 2 tempos .....	20
Figura 2 – Fase de um motor ciclo diesel 4 tempos .....	21
Figura 3 – Sistema SCR .....	33
Figura 4 – Localização dos componentes do Sistema SCR.....	34
Figura 5 – Tanque de armazenamento do Arla 32 .....	34
Figura 6 – Central do Arla 32 .....	35
Figura 7 – Dosador do Arla 32 .....	35
Figura 8 – Bico injetor .....	36
Figura 9 – Catalizador Arla 32.....	36
Figura 10 – Sensor do No <sub>x</sub> .....	37
Figura 11 – Sensor do No <sub>x</sub> .....	37
Figura 12 – Código falha emitidos para o motorista informando problema do Sistema SCR e perda de potência no motor .....	38
Figura 13 – Formas de disponibilização Arla 32.....	39
Figura 14 – Catalizador Scania .....	41
Figura 15 – Remoção da abraçadeira do catalizador.....	42
Figura 16 – Retirada do catalizador .....	42
Figura 17 – Sensor do No <sub>x</sub> .....	43
Figura 18 – Medidor de nível do Arla 32 .....	44
Figura 19 – Dosador do Arla 32 .....	45
Figura 20 – Remoção do dosador do Arla 32.....	46
Figura 21 – Fluxograma de resolução de falhas na pressão redutora .....	47
Figura 22 – Fluxograma de falhas dos sensores .....	49
Figura 23 – Software SDP3 .....	50
Figura 24 – Código falha sensor No <sub>x</sub> .....	50
Figura 25 – Cinta do tanque .....	51
Figura 26 – Medidor contaminado.....	52
Figura 27 – Tampa do filtro do Arla 32 contaminado .....	53
Figura 28 – Tampa do filtro do Arla 32 contaminado .....	53
Figura 29 – Central do Arla 32 .....	54

Figura 30 – Parafusos da central do Arla 32 .....	55
Figura 31 – Parte interna – Central do Arla 32 .....	55
Figura 32 – Eletroválvula – Controle de fluxo de ar, obstruído.....	56
Figura 33 – Torre de passagem de fluxo de ar, obstruída.....	56
Figura 34 – Torre de passagem de fluxo de ar, obstruída .....	57
Figura 35 – Eletroválvula – Controle de fluxo de ar, sem obstrução .....	57
Figura 36 – Torre de passagem de fluxo de ar, sem obstrução .....	58
Figura 37– Torre de passagem de fluxo de ar, sem obstrução .....	58
Figura 38 – Teste 1-2-3 do Sistema SCR .....	59
Figura 39 – Teste de verificação de códigos falha .....	61

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Limites de emissões de poluentes para veículos pesados na Europa ...	18
Tabela 2 – Limites de emissões para veículos pesados a diesel (g/kWh) .....	28

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Emissões estimadas de CO por categorias de veículo .....	23
Gráfico 2 – Emissões estimadas de NO <sub>x</sub> por categorias de veículo.....	24
Gráfico 3 – Emissões estimadas de hidrocarbonetos não metano – NMHC, por categorias de veículo .....	25
Gráfico 4 – Emissões estimadas de materiais particulados - MP por categorias de veículo.....	26

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gas natural e Biocombústivel
ARLA	Agente Redutor Liquido Automotivo
CHO	Aldeídos e Cetonas
CH <sub>4</sub>	Hidrocarbonetos simples (metano)
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> CH <sub>3</sub>	Cetano (Hidrocarboneto parafínico)
CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DOC'S	Diesel Oxidation catalysts
DPF'S	Filtro de Partícula
EEEP	Escola Estadual de Educação Profissional
EGR	Exhaust Gas Recirculation
EPA	Environmental Protection Agency
HC	Hidrocarbonetos
H <sub>2</sub> O	Água
IBRAN	Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
L6	Proconve – Veiculos Leves
MAR-I	Proconve – Maquinas Agrícolas e Rodoviárias
MP	Material Particulado

M4	Proconve – Motociclos e Similares
N <sub>2</sub>	Nitrogênio
NMHC	Hidrocarbonetos não metanos
NH <sub>3</sub>	Amônia
NO	Óxido Nítrico
NO <sub>x</sub>	Óxidos de Nitrogênio
NO <sub>2</sub>	Dióxido de Nitrogênio
O <sub>2</sub>	Dióxido de oxigênio
O <sub>3</sub>	Ozônio
OBD	On-Board Diagnostics
PM	Partículas
PN	Potência Térmica Nominal
PROCONVE	Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores
P2 a P7	Proconve - Veículos Pesados
S	Enxofre
SCR	Selective Catalytic Reduction
SDP3	Scania Diagnos & Programmer 3
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Enxofre
THC	Hidrocarbonetos Totais
UHC	Hidrocarbonetos não queimados

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\mu\text{m}$       Micrômetro

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	16
2. OBJETIVO.....	16
2.1 Objetivo geral .....	16
2.2 Objetivo específico .....	17
3. JUSTIFICATIVA .....	17
4. REFERENCIAL TEÓRICO .....	17
4.1 Legislação europeia atual para veículos pesados .....	18
4.2 Sistema SCR .....	18
4.3 MOTORES A DIESEL.....	19
4.3.1 Motor 2 tempo – Princípio de funcionamento .....	19
4.3.2 Motor 4 tempo – Princípio de funcionamento .....	20
4.4 DIESEL.....	21
4.4.1 Diesel S500. ....	21
4.4.2 Diesel S10. ....	22
4.5 POLUENTES .....	22
4.5.1 Monóxido de Carbono (CO).....	22
4.5.2 Óxido de Nitrogênio (NO <sub>x</sub> ).....	23
4.5.3 Hidrocarbonetos (HC).....	24
4.5.4 Material Particulado (MP) .....	25
4.6 CONTROLE DE POLUENTES NO BRASIL .....	26
4.6.1 Proconve P7 .....	27
4.6.2 Evolução tecnológica euro.....	28
4.6.3 Euro I (EC93).....	28
4.6.4 Euro II (EC96).....	29
4.6.5 Euro III (EC2000).....	29
4.6.6 Euro IV (EC2005) .....	30
4.6.7 Euro V .....	31
4.6.8 Euro VI.....	31
5. SISTEMA SCR .....	32
5.1 Como funciona.....	33
5.2 Principais componentes do SCR .....	34
6. ARLA 32.....	38
6.1 Distribuição do Arla 32 .....	39
6.2 Desrespeitos as normas do Arla 32 .....	39
7. MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
7.1 Manutenção do sistema SCR.....	40
7.2 Catalizador do SCR.....	40
7.2.1 Risco à saúde .....	40
7.2.2 Perigos ambientais.....	41
7.2.3 Remoção do filtro catalizador.....	41



7.3 Sensor Nox .....	43
7.4 Medidor de nível de redutor ( Arla 32).....	43
7.4.1 Dosador de redutor .....	45
7.4.2 Remoção do dosador .....	45
7.5 Fluxograma de possíveis falhas.....	47
7.5.1 Pressão redutora .....	47
7.5.2 Fluxograma de códigos falha dos sensores .....	49
7.5.3 Manutenção sensor Nox.....	50
7.6 Relato de um caso e correção do problema.....	51
8. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	60
9. CONCLUSÃO .....	63
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
11. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65

## **1. INTRODUÇÃO**

Com a evolução dos motores a diesel, houve também o aumento das taxas de emissões de substâncias de poluentes, os quais são nocivos tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana.

Visto isso, órgãos governamentais regulamentaram leis que visam amenizar a taxa de emissão dos poluentes, como NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, HC, NMHC, MP, CHO.

Em países desenvolvidos como Estados Unidos e nos países da comunidade Europeia, a preocupação com as emissões de poluentes começou mais cedo. Nos Estados Unidos é utilizado o padrão EPA (Environmental Protection Agency), o qual foi criado em 2 de dezembro de 1970 com objetivo de monitorar e estabelecer normas para garantir a proteção ambiental, visando um ambiente mais limpo.

Na Europa é utilizado o padrão EURO criado também em 1970 e com os mesmos objetivos da EPA, ele é dividido em EURO I, EURO II, EURO III, EURO IV, EURO V e EURO VI.

No Brasil foi adotado o padrão EURO o qual foi adaptado e passou ser chamado de Proconve. O Proconve foi estabelecido no ano de 1986 pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, o CONAMA, o qual tem como objetivo estabelecer normas regulamentadoras para controle da poluição atmosférica por veículos automotores, ele é voltado com ênfase no controle de emissão de quantidade de material particulado e níveis de óxido de nitrogênio.

No Brasil o Proconve utiliza o padrão EURO para determinar a quantidade permitida para níveis de emissões dos poluentes. O padrão euro é constituído por seis etapas, aprimoradas com tecnologia conforme a evolução.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 OBJETIVOS GERAL**

Apresentação do sistema SCR, utilizado como um método que visa a redução de emissões de agentes poluentes, provenientes de veículos movidos a diesel.

## 2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Levantamento dos dados e diagnósticos.
- Procedimento de manutenção
- Testes dos sistemas
- Verificação de eficácia do sistema

## 3. JUSTIFICATIVA

Visto que o aumento da poluição atmosférica é uma preocupação frequente, e uma das principais causas é a combustão proveniente de veículos a diesel. Com isso, cabe ressaltar que um motor a diesel libera para atmosfera cerca de 2,98 Kg de CO<sub>2</sub> por litro de diesel queimado, se um caminhão consome por mês 5000 litros de diesel ele libera 13,4 Toneladas por mês de CO<sub>2</sub> na atmosfera, se considerarmos junto ainda o Óxido de Nitrogênio e Material Particulado entre outros poluentes teremos uma grande agressão ao meio ambiente, sendo assim este estudo apresenta o sistema SCR, como um método eficaz para diminuição de emissão de agentes poluentes.

## 4. REFÊRENCIAL TEÓRICO

Desde os primórdios, se utiliza a combustão para gerar energia, porém apenas no início da década de 1970, os fatores poluentes começaram a ganhar destaque mundialmente.

Segundo MARTINS, Jorge (2006), motores de combustão interna, podem emitir agentes poluentes de três formas; - por evaporação do combustível no depósito ou nos elementos do circuito de fornecimento de combustível, como por exemplo o carburador de veículos; por emissão para a atmosfera dos gases contidos no cárter e pelos gases de escape.

Sendo assim, foi desenvolvido muitas pesquisas e leis, com o intuito de amenizar o nível de poluição atmosférica. Pois, de acordo com TURNS, Stephen (2013), os processos nas indústrias e sistemas de transportes, tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento, estão baseados completamente em sistemas de combustão.

Como consequência, os gases de combustão, contém os agentes causadores de poluição atmosférica, os chamados materiais particulados, de acordo com TURNS, Stephen (2013), os

principais poluentes são: os hidrocarbonetos não-queimados (UHC), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

#### 4.1 LEGISLAÇÃO EUROPÉIA ATUAL PARA VEÍCULOS PESADOS

Em 1970, entrou em vigor um método para medir os níveis de poluentes, provenientes dos escapes dos veículos.

Conforme MARTINS (2006), as atividades relacionadas com o transporte é a responsável pelo maior índice de poluição, com isso, a atual legislação, impõem limites para emissão dos poluentes, principalmente se tratando dos níveis de Nox e das partículas (PM). Essa legislação já se aplica ao Euro V, porem ficou mais severa no Euro VI. Sendo assim, já se observa um grande avanço e redução dos níveis de poluentes, conforme observa-se na tabela 1.

Tabela 1: Limites de emissão de poluentes para veículos pesados na Europa.

(g/kW.h)	data	ciclo "steady-state"						ciclo transiente				
		ruido (dB)	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	fumo (m <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub>	CO	NMHC	NO <sub>x</sub>	PM
	1982		14.0	3.5	18.4							
Euro 0	1990		11.2	2.4	14.4							
Euro I	1993	83-85	4.5	1.1	8.0	0.36						
Euro II	1998	72-73	4.0	1.1	7.0	0.15						
Euro III	2000	68-70	2.1	0.66	5.0	0.10	0.8	670*	5.45	0.78	5.0	0.16
Euro IV	2005		1.5	0.46	3.5	0.02	0.5	670**	4.0	0.55	3.5	0.03
Euro V	2008		1.5	0.46	2.0	0.02	0.5	670**	4.0	0.55	2.0	0.03

\* ESC - ciclo "steady-state"  
 \*\* ETC - ciclo transiente e correspondente a 213 g/kW.h  
 NMHC - HC excluindo o metano

(Martins, 2006)

#### 4.2 SISTEMA SCR

O sistema SCR (*selective catalytic reduction*), segundo (Seher et al., 2003) essa tecnologia permite uma redução significativa na emissão dos óxidos de nitrogênio, NO<sub>x</sub>, um dos principais poluentes de motores diesel. Foi implantada primeiramente no Euro V, já o Euro VI tem um sistema a mais, o EGR.

Geralmente, nos sistemas SCR, utiliza-se técnicas de controle em malha aberta Seher et al. (2003). As técnicas de controle em malhas fechadas, são divididas em dois grupos, o primeiro, segundo (Wang et al., 2008; Willems et al., 2007), utiliza sinal proveniente do sinal

de amônia  $\text{NH}_3$  para realimentação, com um catalisador em sua saída. O segundo grupo, segundo (Devarakonda et al., 2008b; Chi and DaCosta, 2005; Willems et al., 2007; Schr et al., 2006), é o que após o catalisador, usa-se um sensor de  $\text{NO}_x$ .

### **4.3 MOTOR A DIESEL**

Pode-se definir motor a diesel, como sendo um motor de combustão interna, com ignição por compressão, podendo ser de quatro ou dois tempos, devido as diferenças entre as fases no ciclo de funcionamento. (VARELLA & SANTOS, 2010).

O primeiro protótipo de motor a diesel foi desenvolvido por um engenheiro alemão chamado Rudolph Christian Karl Diesel, em 1893. Diesel, desenvolveu um motor no qual consistia no ciclo de temperatura constante, onde exigia muito mais compressão, comparando com a ignição por compressão.

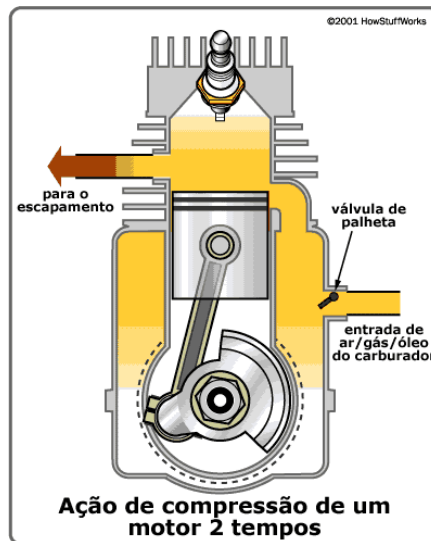
Visto isso, Diesel, mudou o ciclo de seu motor, para um ciclo de pressão constante, onde a compressão deve ser altamente suficiente para a ignição. Em 1897, a empresa MAM, produziu o primeiro motor de acordo com os estudos de Rudolf Diesel. O combustível utilizado era óleo. (DeMotor, 2017).

Com o passar do tempo, teve início a evolução do motor a diesel, onde o óleo vegetal foi substituído por compostos de petróleo, hoje chamados de diesel, o qual é composto por hidrocarbonetos resultante da destilação do petróleo exposto a temperaturas de  $250^\circ\text{C}$  e  $350^\circ\text{C}$ . (GRUGER, 2018).

#### **4.3.1 MOTOR DOIS TEMPOS - PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO:**

- Primeiro tempo:  
O pistão está no alto comprimindo a mistura no cilindro e produzindo rarefação no cárter. Com isso, acontece a ignição e a combustão da mistura. (EEEP, 2012)
- Segundo tempo:  
Os gases da combustão se expandem, fazendo o pistão descer, comprimindo a mistura no cárter. O pistão abre a janela de exaustão, possibilitando a saída dos gases queimados. (EEEP, 2012).

Figura 1: Fases de um motor ciclo diesel - 2 tempos

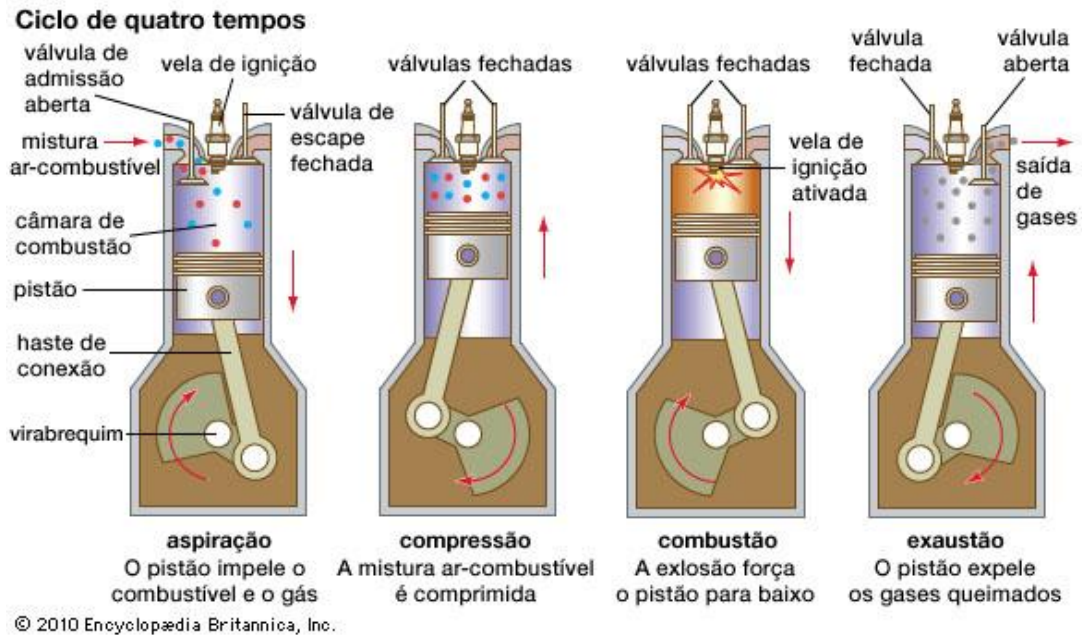


Fonte: <http://fotovoltacos001.blogspot.com/2010/09/motores-diesel-e-gasolina-2-tempos.html>

#### 4.3.2 MOTOR QUATRO TEMPOS – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

- Primeiro tempo:  
Admissão: Acontece o movimento do pistão do ponto morto alto para o ponto morto baixo com a válvula de admissão aberta.
- Segundo tempo:  
Compressão: O movimento do pistão do ponto morto baixo para o ponto morto alto acontece com as duas válvulas fechadas. O pistão comprime a mistura de ar e combustível.
- Terceiro tempo:  
Combustão: Acontece a ignição, quando a vela produz a faísca.
- Quarto tempo:  
Exaustão: Corresponde à subida do pistão do ponto morto baixo para o ponto morto alto com a válvula de escapamento aberta. (EEEP, 2012)

Figura 2: Fases de um motor ciclo diesel - 4 tempos



Fonte: <https://mecanicajoao.weebly.com/motores-de-combustao.html>

#### 4.4 DIESEL

O óleo diesel é um combustível utilizado mundialmente por transportes rodoviários e marítimos, pelo fato de oferecer desempenho maior se comparado aos demais combustíveis. Existe vários tipos, sendo os mais comuns, o S500 e o S10. (ANP, 2019).

O diesel é um derivado do petróleo, formado por hidrocarbonetos, os quais são moléculas que possuem apenas átomos de carbono e hidrogênio em sua composição. Outros átomos como de enxofre, de nitrogênio e de oxigênio podem ser encontrados no óleo diesel em menores quantidades, assim como alguns traços de metais como vanádio, níquel, sódio, cálcio, cobre e urânio. (BENTO, 2005).

No Brasil, o uso de diesel é proibido em veículos leves desde 1976, sendo permitido apenas em caminhões, ônibus e veículos de tração 4x4. (CARVALHO, 2018)

##### 4.4.1 DIESEL S500

O diesel S500, também conhecido como diesel comum, é chamado assim, pois contém 500mg/kg de teor máximo de enxofre (S), podemos destacar ainda, o nível de cetano ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$ ) presente, o qual é responsável pela qualidade da combustão do motor, o

número mínimo de cetano ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$ ) é 42, acima disso, pode ocorrer atraso da ignição e é melhor a combustão. (Óleo Diesel Informações Técnicas – Petrobras, 2014).

O diesel S500 tem cor avermelhada, pois contém corante de uso obrigatório pela regulamentação estabelecida pela ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Veículos fabricados até 2012, recomenda-se utilizar diesel S500.

#### **4.4.2 DIESEL S10**

O óleo diesel S10, traz em sua composição um teor máximo de 10mg/kg de enxofre (S), e 8% de biodiesel, visando reduzir a poluição atmosférica. Possui 48 cetano ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$ ), melhorando assim, a capacidade solvente de sujeiras, pois contém mais hidrocarbonetos, comparado ao S500. (MULTIPETRO, 2017).

Essa qualidade de diesel começou a ser distribuído em 2013 pela Petrobrás, o qual foi desenvolvido para motores a diesel mais recentes, visando emissão reduzida de teor de materiais particulados e  $\text{No}_x$ , se comparado com as demais gerações.

O diesel S10, pode ser utilizado em veículos fabricados após 2012, porém também pode ser utilizado em veículos fabricados antes de 2012, pois é de baixa emissão de poluentes, devido a diferença de átomos de hidrogênio parafínico (cetano) presente no S500 e S10, aumentando assim, o desenvolvimento do motor. (Manual do Diesel S10 – Petrobras)

## **4.5 POLUENTES**

### **4.5.1 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)**

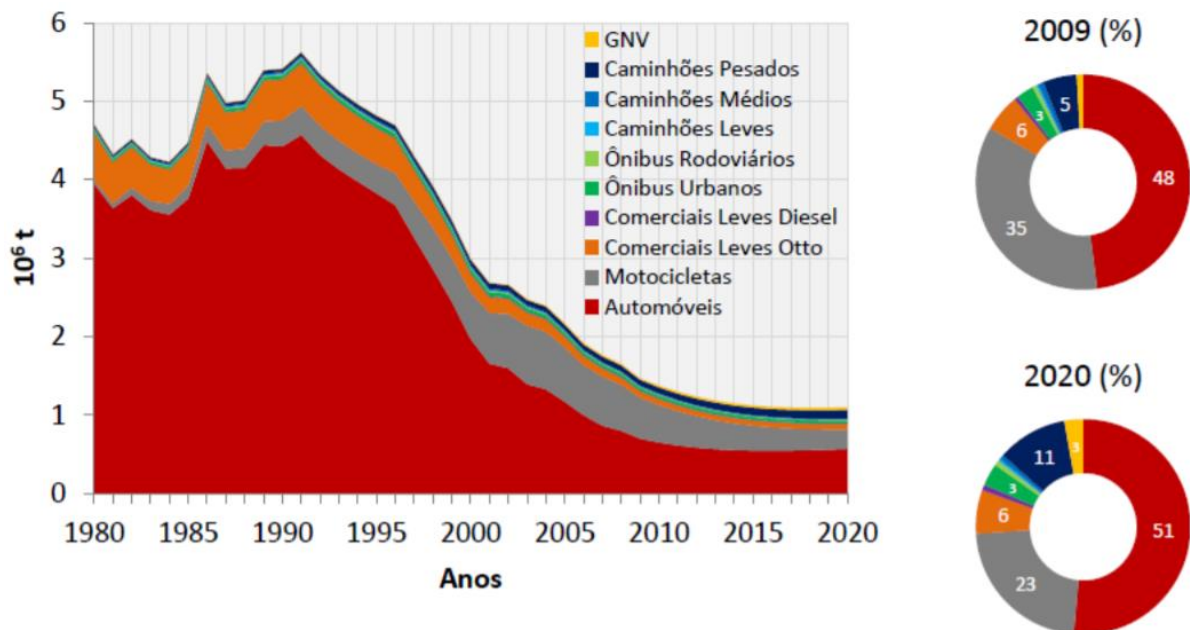
O monóxido de Carbono (CO) é composto por uma molécula de Carbono e uma molécula de Oxigênio. É liberado na atmosfera tanto por fontes naturais como vulcão, emissão de gases naturais e descargas elétricas, já as causas antrópicas são causadas pelo homem, e correspondem a cerca de 60% da poluição por monóxido de carbono presente no ambiente. O CO, é produto de combustão incompleta, proveniente de queima de carvão vegetal, lenha, gasolina, querosene, gás e óleo diesel. (eCycle, 2015).

Não possui cheiro, e nem cor, não causa irritação, porém é um dos gases mais tóxicos tanto para os seres humanos quanto para os animais. A exposição prolongada, mesmo em baixas concentrações pode ocasionar insônia, cefaleia, fadiga, diminuição da capacidade física, de



aprendizado e trabalho, tonturas, vertigens, náuseas, vômitos, distúrbios visuais, alterações auditivas, doenças respiratórias, anorexia, mal de Parkinson, isquemia cardíaca, cardiopatias e arteriosclerose. Nos idosos, causa um aumento na mortalidade por infarto agudo. (Ministério do Meio Ambiente, 2019).

Gráfico 1 – Emissões estimadas de CO por categoria de veículos



Fonte: Fonte: Proconve/Promot 3ª ed.

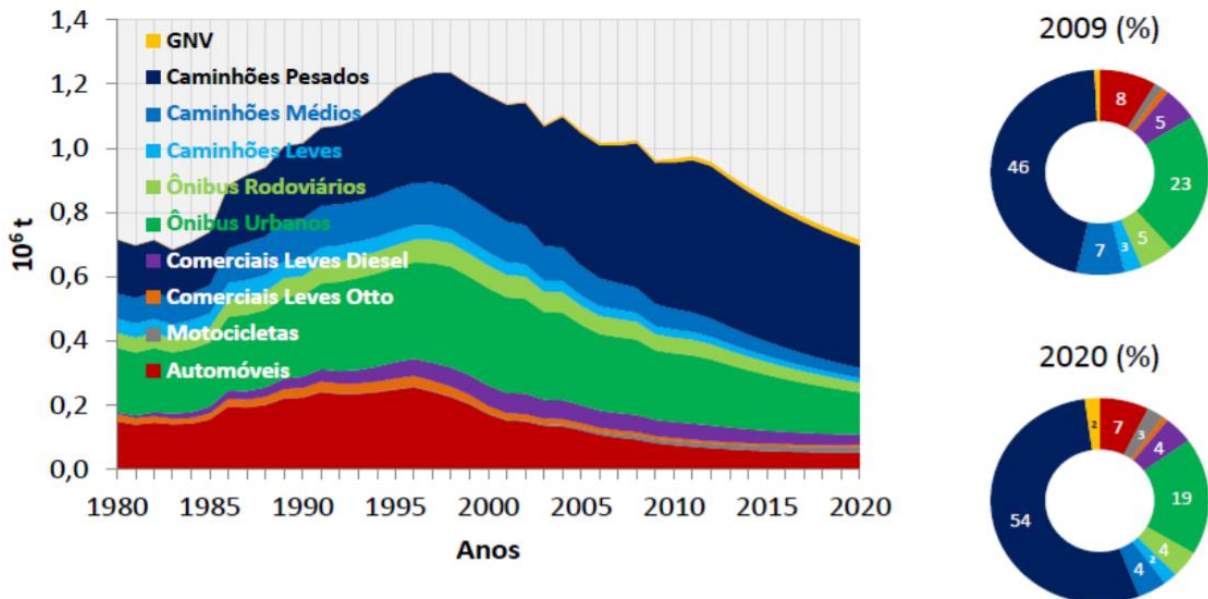
#### 4.5.2 ÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO<sub>x</sub>)

O Óxido de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>), é composto por 90% de monóxido de nitrogênio (NO) e 10% de dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>). O NO é uma substância incolor, inodora e insípida, que quando há radiação intensa é transformada em NO<sub>2</sub>. O NO<sub>x</sub> se forma no processo de combustão de motores, onde ocorre a reação entre o nitrogênio do combustível com o oxigênio em alta temperatura, que combinado, se transforma em óxido nítrico (NO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e outros óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>). (IBRAM, 2008).

É um composto altamente reativo. Quando o NO reage com o Oxigênio (O<sub>2</sub>), ozônio (O<sub>3</sub>) e hidrocarbonetos (HC) se transformam em NO<sub>2</sub>, o qual possuindo luz, reage com HC e oxigênio formando assim, ozônio (O<sub>3</sub>). Portanto, o NO<sub>2</sub> é o principal produtor de oxônio da atmosfera. (IBRAM, 2008).

O dióxido de nitrogênio é altamente tóxico, possui cheiro e gosto desagradável, é de cor marrom-avermelhada, e acaba irritando os olhos e mucosas nasais, podendo causar enfisema pulmonar, e câncer de pulmão. (IBRAM, 2008).

Gráfico 2 – Emissões estimadas de NOx por categoria de veículo



Fonte: Fonte: Proconve/Promot 3ª ed.

#### 4.5.3 HIDROCARBONETOS (HC)

Hidrocarbonetos (HC), são compostos que apresentam exclusivamente átomos de carbono e hidrogênio em sua molécula e são derivados do petróleo. A queima incompleta dos combustíveis de outros produtos voláteis gera gases e vapores, os hidrocarbonetos.

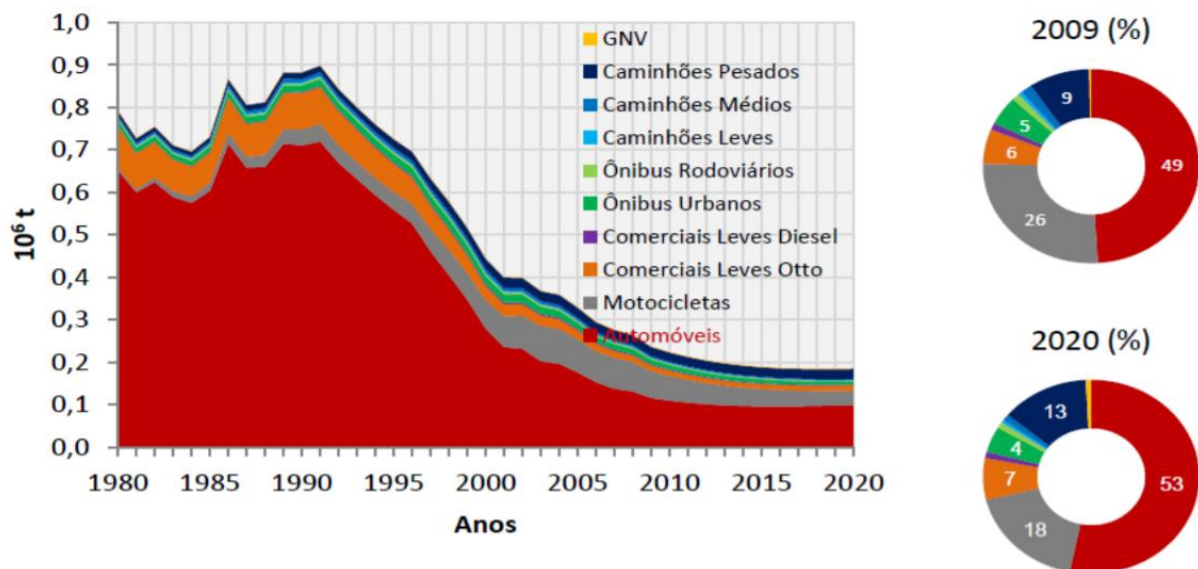
Os hidrocarbonetos atuam na atividade das reações de formação da chamada névoa fotoquímica, também conhecida como a névoa cinzenta presente no céu. (Ministério do Meio Ambiente, 2019)

Existem diversos tipos de hidrocarbonetos, o benzeno por exemplo, é um agente cancerígeno e mutagênicos. As águas também podem ser contaminadas por partículas de hidrocarbonetos, por isso é importante o monitoramento e segurança das águas e dos abastecimentos do ecossistema. (BANDERALI, 2014).

Podem ser divididos em:

- THC - hidrocarbonetos totais;
- CH<sub>4</sub> - hidrocarboneto simples, conhecido como metano;
- NMHC - hidrocarbonetos não metano, compreendem os HC totais (THC) menos a parcela de metano (CH<sub>4</sub>). (Ministério do Meio Ambiente, 2019).

Gráfico 3 - Emissões Estimadas de Hidrocarbonetos Não Metano – NMHC – por categoria de veículos



Fonte: Proconve/Promot 3ª ed.

#### 4.5.4 MATERIAL PARTICULADO (MP)

O Material Particulado pode ter origem de diversos lugares e processos, a queima de combustível é um exemplo, tanto provenientes de indústrias como de veículos movidos a combustíveis fósseis.

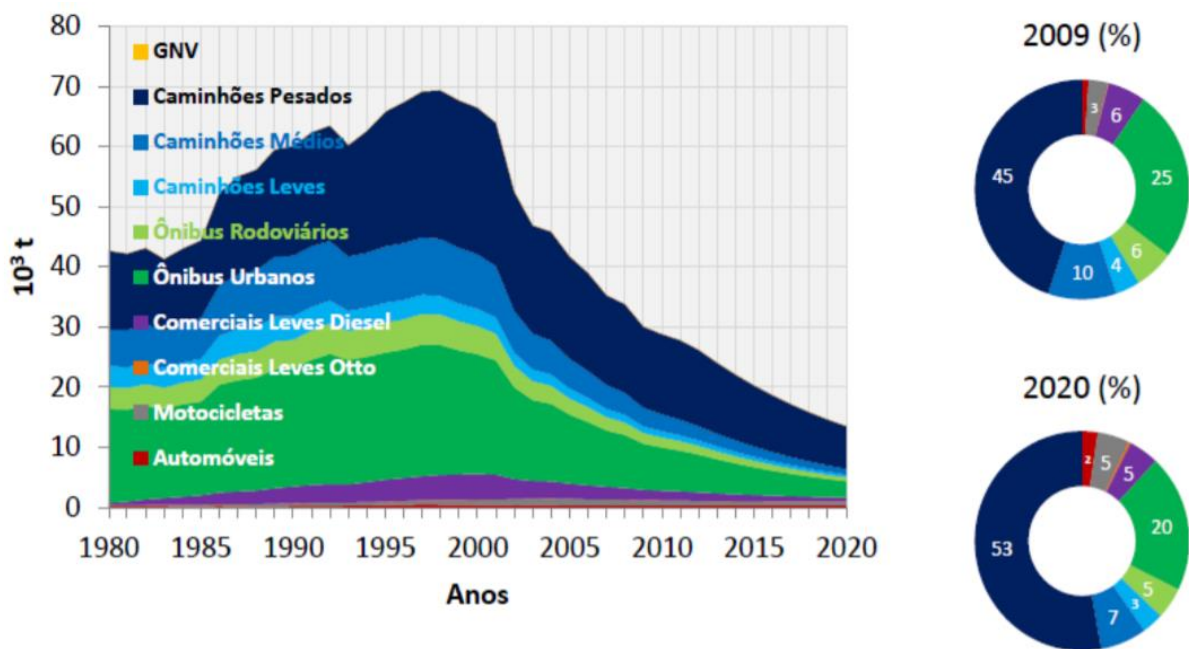
Um dos tipos de material particulado mais comum é o carbono negro, também conhecido como fuligem, onde sua coloração é determinada pela sua composição química e característica da fonte emissora. É o responsável pela coloração escura da fumaça que sai dos escapamentos

de automóveis, caminhões e ônibus, como também de chaminés de indústrias, sendo considerado o segundo maior contribuinte do aquecimento global, perdendo apenas para o CO<sub>2</sub>.

O MP é uma classe de poluentes constituídos por poeira, fumaça e matérias sólidas, que devido ao pequeno tamanho, permanecem suspensas na atmosfera. (Schmidt, 2000; Lima, 2004).

Assim como os demais poluentes, esse também causa impacto na saúde. As pequenas partículas e gotículas presentes no material particulado, especialmente as de 2,5 µm, são responsáveis por causar diversas doenças, morte prematura de pessoas com problemas cardíacos, ataque cardíaco, arritmias, dificuldade de respirar, irritação das vias aéreas e tosse. (AIRES, 2015)

Gráfico 4 – Emissões estimadas de Material Particulado – MP – por categoria de veículo.



Fonte: Fonte: Proconve/Promot 3ª ed.

#### 4.6 CONTROLE DE POLUENTES NO BRASIL

No Brasil, no ano de 1986, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) criou o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, também conhecido como PROCONVE, com o objetivo de reduzir a poluição do ar por fontes móveis, estabelecendo diretrizes, padrões e prazos legais de emissões aceitáveis.

O PROCONVE foi criado, baseando-se na norma EURO, vigente na Europa, visando

redução dos níveis de emissão de poluentes, limitando a taxa de emissão, o que fez com que os fabricantes investissem em novas tecnologias. O PROCONVE, é dividido por fases, instituídas pelo CONAMA, que trazem novos valores de emissão permitidos, a cada nova fase, limita-se ainda mais a quantidade de poluentes que podem ser emitidas. (PROCONVE – IBAMA, 2016) Ou seja, veículos novos emitem uma quantidade menor de poluentes.

Atualmente, estão em vigência as fases:

- L6: Veículos leves
- P7: Veículos pesados
- M4: Motociclos e similares
- MAR-I: Máquinas agrícolas e rodoviárias

#### **4.6.1 PROCONVE P7**

O PROCONVE P7, entrou em vigor em janeiro de 2012, similar a legislação europeia EURO 5, para limitar os níveis de emissões de P7, além de modificações nos motores, sistemas de tratamentos dos gases de escapamento e diesel com redução de enxofre. (ANFAVEA, 2009).

Os veículos pesados são definidos como veículos automotores para transporte de passeio com massa total máxima maior que 3856 kg. O controle de emissões gasosas, começou a ser controlado no início do ano 1993, com avanço das fases, e introdução de novos limites das fases P2 (1994), P3 (1996), P4 (2000), P5 (2006), P6 (2009) e P7 (2012). (PROCONVE – IBAMA, 2016).

Cada fase tem suas implementações para os motores a diesel destinados a veículos pesados fabricados no Brasil, em março de 1994, 80% dos motores produzidos já deveriam atender as normas da fase P2. Já a partir de janeiro de 1996, 80% dos motores fabricados deveriam obedecer às normas da fase P3. Os motores fabricados a partir de 2000, já deveriam obedecer a fase P4, em 2006, 80% dos motores deveriam atender os limites estabelecidos na fase P5, já em 1 de janeiro de 2012, 100% dos motores devem estar devidamente adequados as regras da fase P7. (PROCONVE – IBAMA, 2016)

A legislação P7, trouxe benefícios como redução de 60% de óxido de nitrogênio (NOx) e de 80% das emissões de material particulado (MP) em relação à fase atual (P5, equivalente a Euro 3, válida para veículos produzidos até dezembro de 2011). Se comparada com o início do

Proconve, em 1986, a redução de material particulado da nova fase é de 96,3% e a de NOx, de 87,3%.

Os principais poluentes que devem ser controlados são, Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarbonetos (HC), Óxidos de Nitrogênio (NOx) e Material Particulado (MP). Pode-se ver na Tabela abaixo os limites para atendimento em cada fase:

Tabela 2 – Limites das emissões para veículos pesados a diesel (g/kWh)

Proconve	CO	HC	Nox	MP	Vigência	NORMA (CONAMA)	Teor de enxofre
Fase I (P1)	14.00*	3.50*	18.00*	-	1989 - 1993	Res. 18/86	-
Fase II (P2)	11.2	2.45	14.4	0.6	1994 - 1995	Res. 08/93	3.000 a 10.000 ppm
Fase III (P3)	4.9	1.23	9	0.40 ou 0.70 <sup>1</sup>	1996 - 1999	Res. 08/93	3.000 a 10.000 ppm
Fase IV (P4)	4	1.1	7	0.15	2000 - 2005	Res. 08/93	3.000 a 10.000 ppm
Fase V (P5)	2.1	0.66	5	0.10 ou 0.13 <sup>2</sup>	2006 - 2008	Res. 315/02	500 a 2.000 ppm
Fase VI (P6)	1.5	0.46	3.5	0.02	2009 - 2012 <sup>3</sup>	Res. 315/02	50 ppm
Fase VII (P7)	1.5	0.46	2	0.02	a partir de 2012	Res. 403/08	50 ppm
* Não foram exigidos legalmente							
<sup>1</sup> 0.70 para motores até 85 kW e 0.40 para motores com mais de 85 kW							
<sup>2</sup> Motores com cilindrada unitária inferior a 0.75 dm <sup>3</sup> e rotação à potência nominal superior a 3.000 rpm							
<sup>3</sup> Não entrará em vigor na data prevista							

Fonte: Proconve/Promot 3<sup>a</sup> ed

#### 4.6.2 EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA EURO

O sistema Euro surgiu em 1970, porém após 22 anos foi instalado o primeiro sistema Euro, o qual foi chamado de EURO I, e com o avanço das tecnologias automotivas surgiram os EURO II, EURO III, Euro IV, Euro V e o mais recente EURO VI.

Cada fase Euro é marcada por novas descobertas para atender a evolução dos motores, sendo assim, com o avanço de novos motores, o sistema EURO deve ser aprimorado com novas tecnologias para amenizar a poluição.

#### 4.6.3 EURO I (EC93)

Sua implantação surgiu em 1º de julho de 1992, a partir da sua implantação, exigiu que se utilizasse gasolina sem chumbo e uso de conversores catalíticos, em veículos a gasolina, assim reduzindo a taxa de emissão de monóxido de carbono (CO). (RAC, 2018).

### **Limites de Emissão Euro I**

- **CO** – 2,72g / Km (gasolina e diesel)
- **HC + NO<sub>x</sub>** – 0,97 g / Km (gasolina e diesel)
- **PM** – 0,14 g / Km (apenas diesel)

#### **4.6.4 EURO II (EC96)**

Sua implantação surgiu em 1º de janeiro 1996, reduzindo a emissão de monóxido de carbono, hidrocarbonetos não queimados e óxido de azoto em veículos a diesel e gasolina. (RAC, 2018).

#### **Limites de Emissão Euro II (gasolina)**

- **CO** – 2,2 g / Km
- **HC + NO<sub>x</sub>** – 0,5 g / Km
- **PM** – Sem limites

#### **Limites de Emissão Euro II (diesel)**

- **CO** – 1,0 g / Km
- **HC + NO<sub>x</sub>** – 0,7 g / Km
- **PM** – 0,08 g / Km

#### **4.6.5 EURO III (EC2000)**

Sua implantação surgiu 1º janeiro de 2000, diferente dos EURO I e II, no EURO III os limites de hidrocarbonetos e óxido de nitrogênio são separados, tanto em veículos a diesel ou a gasolina. (RAC, 2018).

**Limites de Emissão Euro III (gasolina)**

- **CO** – 2,3 g/ Km
- **HC** – 0,20 g / Km
- **NO<sub>x</sub>** – 0,15 g / Km
- **PM** – Sem limites

**Limites de Emissão Euro III (diesel)**

- **CO** – 0,64 g/ Km
- **HC + NO<sub>x</sub>** – 0,56 g / Km
- **NO<sub>x</sub>** – 0,50 g / Km
- **PM** – 0,05 g / Km

**4.6.6 EURO IV (EC2005)**

Sua implantação surgiu 1º janeiro de 2005, esse sistema é focado na redução de material particulado (PM) e Óxido de nitrogênio (NOX). (RAC, 2018).

**Limites de Emissão Euro IV (gasolina)**

- **CO** – 1,0 g/ Km
- **HC** – 0,10 g / Km
- **NO<sub>x</sub>** – 0,08 g / Km
- **PM** – Sem limites

**Limites de Emissão Euro IV (diesel)**

- **CO** – 0,50 g/ Km
- **HC + NO<sub>x</sub>** – 0,30 g / Km
- **NO<sub>x</sub>** – 0,25 g / Km
- **PM** – 0,025 g / Km



#### 4.6.7 EURO V

Sua implantação surgiu 1º setembro de 2009, sua inovação é mais rigorosa, se tratando dos limites de emissões de partículas, sendo obrigatório o uso de filtros de partículas (DPFs) para veículos a diesel, os DPFs têm como objetivo capturar 99% de todas as partículas emitidas, sendo assim a emissão de limites  $\text{NO}_x$  reduziram cerca 28% em comparação ao EURO IV.

Uma das inovações foi o sistema SCR (Redução Catalítica Seletiva) composto na injeção de 32,5% ureia dissolvida em água. (RAC, 2018).

##### Limites de Emissão Euro V (gasolina)

- **CO** – 1,0 g / Km
- **HC** – 0,10 g / Km
- **NO<sub>x</sub>** – 0,06 g / Km
- **MNHC** – 0.068 g / Km
- **PM** – 0,005 g / Km (injeção direta)

##### Limites de Emissão Euro V (diesel)

- **CO** – 0,50 g / Km
- **HC + NO<sub>x</sub>** – 0,23 g / Km
- **NO<sub>x</sub>** – 0,18 g / Km
- **PM** – 0,005 g / KM
- **PN** –  $6,0 \times 10^{11}$  / Km

#### 4.6.8 EURO VI

Sua implantação surgiu 1º de setembro de 2014, sua inovação procurou especificamente uma redução considerável da emissão de  $\text{NO}_x$  em veículos a diesel, havendo uma grande diminuição de  $\text{NO}_x$  de 0,18 g / KM em relação ao EURO V, para 0,08 g / Km no EURO VI, ou seja, uma redução 56%.

A grande inovação desse sistema é a combinação de quatro tecnologias sendo elas: DPF (particulate filters) e SCR (Catalytic reduction), além de DOCs (Diesel oxidation catalysts) e EGR (Exhaust gas recirculation) (WILLIAMS & MINJARES, 2016).

### **Limites de Emissão Euro VI (gasolina)**

- **CO** – 1,0 g / Km
- **HC** – 0,10 g / Km
- **NO<sub>x</sub>** – 0,06 g / Km
- **MNHC** – 0.068 g / Km
- **PM** – 0,005 g / Km (injeção direta)
- **PN** – 6,0 x 10<sup>11</sup> Km (injeção direta)

### **Limites de Emissão Euro VI (diesel)**

- **CO** – 0,50 g / Km
- **HC + NO<sub>x</sub>** – 0,17 g / Km
- **NO<sub>x</sub>** – 0,08 g / Km
- **PM** – 0,005 g / KM
- **PN** – 6,0 x 10<sup>11</sup>

## **5. SISTEMA SCR**

O SCR, foi desenvolvido em 1957, por uma empresa americana, chamada Engelhard Corporation, hoje conhecida como BASF.

É um sistema avançado de tecnologia de controle de emissões ativas, usado em motores a diesel. Converte óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) em água e nitrogênio sem os óxidos. Essa tecnologia permite que as reações de redução de óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) ocorra em uma atmosfera oxidante. (GREENCHEM, 2017).

É chamado de seletivo, pois reduz os níveis de NO<sub>x</sub>, utilizando amônia como redutor, por meio de um sistema catalizador. Somente a tecnologia SCR pode atingir reduções de NO<sub>x</sub> de até 90%.

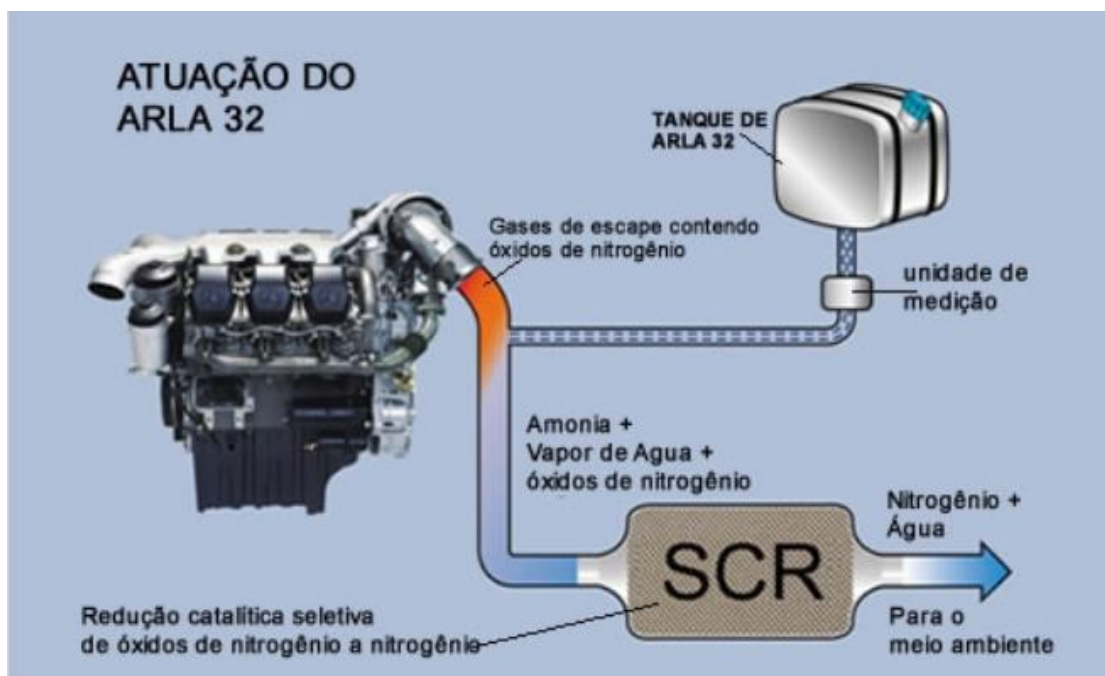
É utilizado em motores a diesel, indústrias, barcos e trens.

### 5.1 COMO FUNCIONA:

A reação ocorre no catalisador, onde é injetado um agente redutor líquido (ARLA – 32), na entrada do catalisador onde ocorrerá a reação. Essa interação do líquido redutor com o catalisador, leva a uma redução de 90% do NO<sub>x</sub>. (GREENCHEM, 2017).

Ou seja, após a reação encontrará apenas um pouco de nitrogênio, água e dióxido de carbono (N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e algum CO<sub>2</sub>).

Figura 3: Sistema SCR

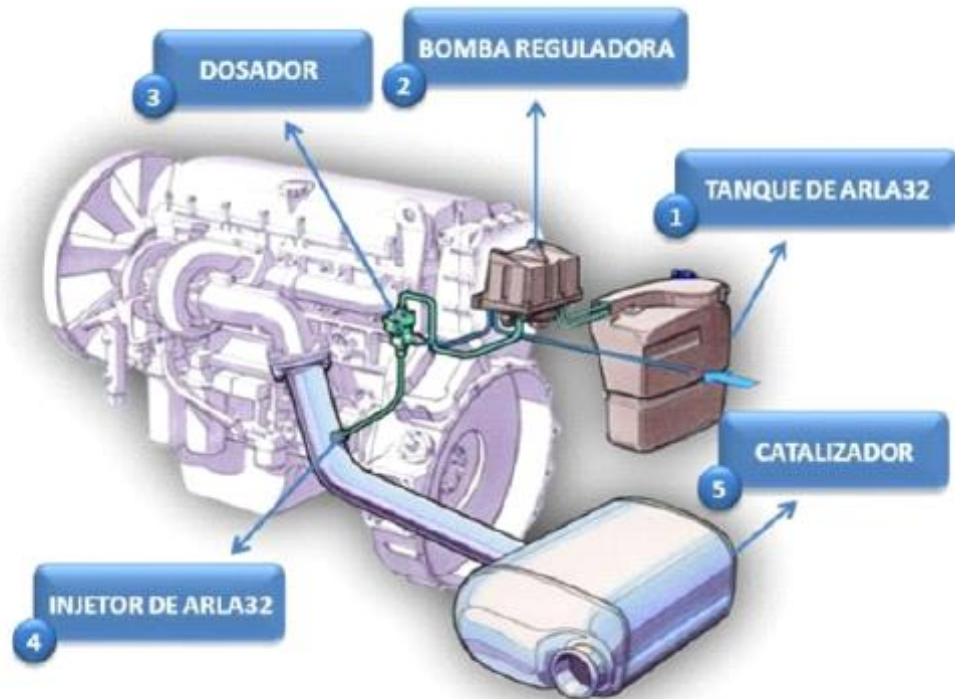


Fonte: Operation

Conforme apresentado na figura acima, a solução de ARLA 32 (32,5% de UREIA + 67,5% de água pura) é injetada no catalisador SCR. No catalisador, ocorre uma reação que transforma o NO<sub>x</sub> em H<sub>2</sub>O e N<sub>2</sub>.

## 5.2 PRINCIPAIS COMPONENTES DO SCR

Figura 4: Localização dos componentes do sistema SCR



Fonte: Servotech.com

1. **Tanque de Arla 32:** Responsável pelo armazenamento do agente redutor Arla 32.

Figura 5: Tanque de armazenamento Arla 32



Fonte: Injetck – Manual do Arla 32, 2013.

- 2. Central Arla:** Responsável por controlar todo o sistema de sensores e ajustar o nível de dosagem do sistema.

Figura 6: Central do Arla 32



Fonte: Autor, 2019.

- 3. Dosador:** Responsável pela liberação do Arla 32 para dosagem de Arla no sistema de escape.

Figura 7: Dosador do Arla 32



Fonte: Injetck – Manual do Arla 32, 2013.

4. **Bico injetor:** Responsável pela dosagem de Arla 32 no escape.

Figura 8: Bico Injetor



Fonte: Autor, 2019.

5. **Catalizador:** Responsável para filtrar as partículas de emissões de poluente.

Figura 9: Catalizador do Arla 32



Fonte: Injetck – Manual do Arla 32, 2013.

6. **Sensor NO<sub>x</sub>**: Responsável por medir o nível de partícula de emissão do motor.

Figura 10: Sensor Nox



Fonte: Autor, 2019.

Figura 11: Sensor No<sub>x</sub>



Fonte: Autor, 2019.

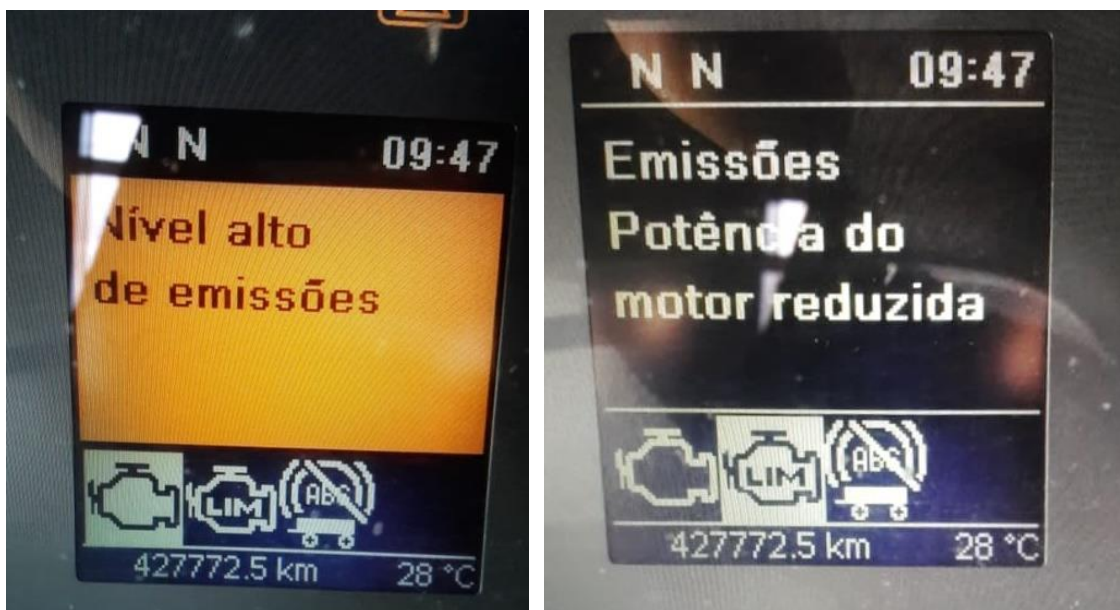
## 6. ARLA 32

Arla 32, (Agente Redutor Líquido Automotivo), é um dos principais componentes do sistema SCR responsável por reduzir os níveis de emissões proveniente dos motores a Diesel.

Oferece uma redução significativa no consumo de combustível, gerando economia, como também reduz o nível de emissões de CO<sub>2</sub>. É usado em motores a diesel, com sistema SCR, não estando presente em todos os veículos. (PETROBRAS, 2014).

O SCR, não funciona sem o Arla 32, caso não seja utilizado, terá o efeito oposto, aumentando as emissões de No<sub>x</sub>, fazendo com que o sistema de monitoramento do veículo, aumente seu funcionamento para reduzir a poluição, ocasionando uma diminuição na potência do motor. (GreenChem, 2017).

Figura 12: Códigos falha, emitidos para o motorista, informando problema do sistema SCR e perda de potência no motor.



Fonte: Autor, 2019.

O Arla 32, é uma substância líquida, composta por água desmineralizada e 32% de ureia, isso será utilizada no sistema SCR, visando atender as especificações determinadas pelo inmetro N°139 de 21/03/2011.

Serão utilizados cerca de 5 litros de ARLA 32 para cada 100 litros de diesel.



## 6.1 DISTRIBUIÇÃO DO ARLA 32

É disponibilizado para os usuários através de postos de abastecimento de combustíveis, ele é disponibilizado em:

- Galões de 10 e 20 litros
- Tambores de 200 litros
- IBC's de 1000 litros com sistema de abastecimento
- Granel incluindo instalações para armazenamento e abastecimento.

Figura 13: Formas de disponibilização do ARLA 32



Fonte: YARA BRASIL, Divisão de ARLA 3

## 6.2 DESRESPEITO ÀS NORMAS DO ARLA 32

O Arla 32, é responsável por reduzir os níveis de emissão de agentes poluentes provenientes dos motores a diesel. Porém, muitos motoristas não respeitam as leis e acabam não obedecendo as normas.

As fraudes mais comuns, é a utilização do Arla 32 adulterado e uso de emuladores que burlam o sistema OBD (On-Board Diagnostics), assim, desabilita os sensores, permitindo que o veículo funcione sem o uso do aditivo, eliminando um alto nível de poluentes como o Nox.

Fraudar o Arla 32 é um crime ambiental, e resulta em penalidades aos condutores, prevista no decreto 6.514/08. A multa por crime ambiental, devido ao uso incorreto varia de R\$ 500 a R\$ 10 mil por veículo, apreensão do veículo, além de perda de pontos na carteira do condutor.

Se for constatado um crime ambiental a multa ultrapassa o valor de R\$ 1 milhão. (Afeevas, 2017).

## **7. MATERIAS E MÉTODOS**

Software Scania Diagnos & Programmer 3 (SDP3), 2019, para a realização de manutenção e testes, verificação de falhas, e obtenção dos laudos que comprovam a eficiência e funcionamento do sistema.

### **7.1 MANUTENÇÃO DO SISTEMA SCR**

#### **7.2 CATALIZADOR DE SCR:**

O catalizador de SCR, não possui manutenção, pois o mesmo tem vida útil de 1.000.000 de Km rodados. (MULTI, 2019).

O catalizador SCR contém vanádio, o qual é prejudicial à saúde. O mesmo fica instalado no silencioso e se manuseado corretamente não causa nenhum dano. Para manuseio é indispensável o uso de uma máscara ou protetor respiratório do tipo P3, óculos e luvas de proteção também devem ser utilizados para qualquer trabalho que ofereça risco de exposição à poeira vinda do catalisador SCR. O espaço seguro para pessoas desprotegidas é 3 m, é proibido comer, beber ou fumar enquanto o trabalho estiver em andamento. (MULTI, 2019).

Qualquer poeira vinda do catalisador SCR deve ser removida com um aspirador com microfiltro para minimizar a exposição. É de extrema importância a higienização das mãos depois de trabalhar com um catalisador SCR para evitar ingestão de substâncias tóxicas. (MULTI, 2019).

#### **7.2.1 RISCOS À SAÚDE:**

A inalação de poeira do catalisador SCR pode consistir em riscos à saúde, pois pode causar irritação no sistema respiratório. O contato desse tipo de substância com os olhos e pele também pode causar irritação. (MULTI, 2019)

A ingestão pode causar irritação na boca e na garganta e ocasionar desconforto. A ingestão de grandes quantidades pode provocar transtornos no trato gastrointestinal.

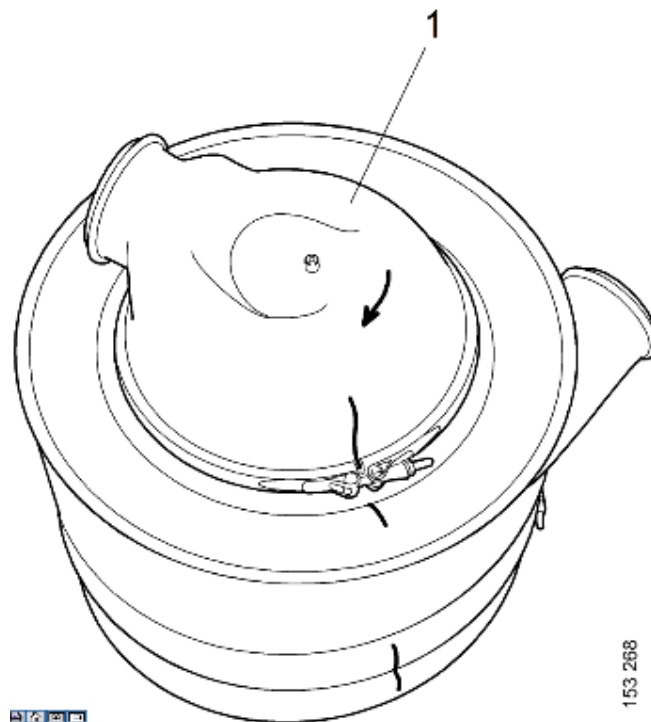
### 7.2.2 PERIGOS AMBIENTAIS:

O pentóxido de vanádio é tóxico para organismos aquáticos e pode causar efeitos prejudiciais a longo prazo ao ambiente aquático. (CARLROTH, 2015).

### 7.2.3 REMOÇÃO DO FILTRO DO CATALIZADOR:

1. Remova o silencioso no veículo do silencioso SCR.
2. Coloque o silencioso com a saída 1 virada para cima. Marque com giz ou similar como a saída e a chapa estão viradas em relação à carcaça do silencioso.

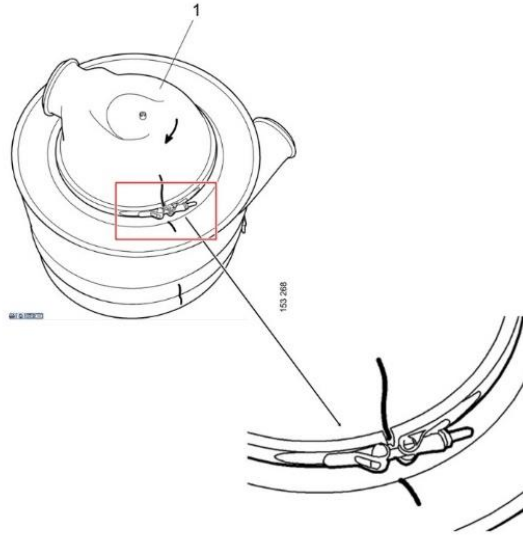
Figura 14: Catalizador Scania



Fonte: Multi, 2019.

3. Remova a abraçadeira em V da saída e remova a saída.

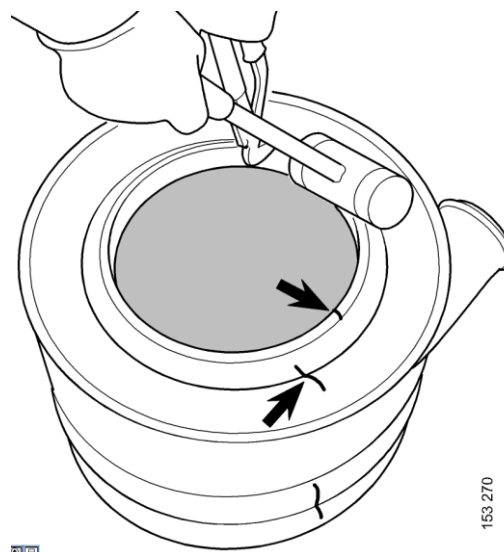
Figura 15: Remoção da abraçadeira do catalizador



Fonte: Multi, 2019.

4. Com auxílio de um alicate prenda-o na borda do catalisador. Bata na ferramenta com um martelo para que o catalisador vire no sentido anti-horário e levante para fora o catalisador.

Figura 16: Retirada do catalizador



Fonte: Multi, 2019.

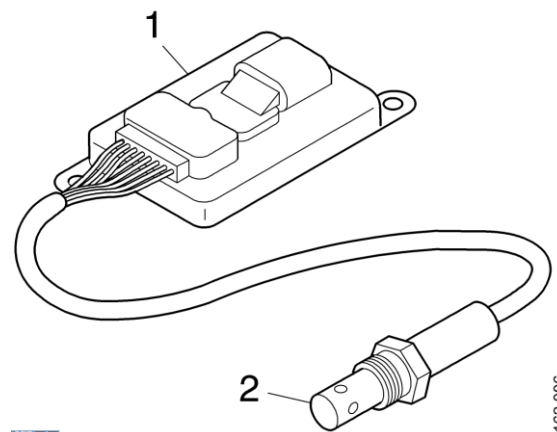
### 7.3 SENSOR NOX

O sensor Nox, não possui manutenção, pois é uma peça de reposição, a qual deve ser substituída quando apresentar algum defeito ou código falha pelo sistema Sdp3.

Contém chumbo, o qual é nocivo para seres humanos e para o meio ambiente. Por isso, o sensor de NOx deve ser manuseado corretamente.

O sensor de Nox mede o volume de óxido de nitrogênio nos gases de escape e envia a informação para a unidade de comando do motor.

Figura 17: Sensor Nox



Fonte: Multi, 2019.

O sensor consiste em um módulo do sensor de eletrônico (1) com um cabo que leva ao sensor (2).

### 7.4 MEDIDOR DE NÍVEL DE REDUTOR (ARLA - 32)

O medidor de nível de redutor (Arla), não possui manutenção, pois é uma peça de reposição.

Embora o redutor não seja tóxico, as seguintes precauções devem ser tomadas ao se trabalhar no circuito de redutor.

- No caso de contato com os olhos, deve-se enxaguar imediatamente e procurar atendimento médico.

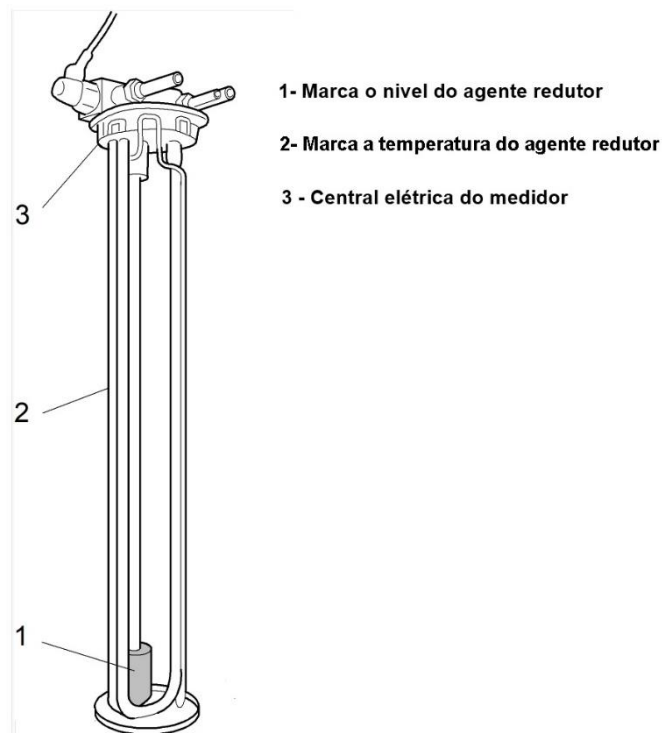
- No caso de contato com a pele, enxaguar com água.
- Trocar imediatamente as roupas respingadas.
- No caso de inalação do gás de amônia, respire um bom tempo ao ar livre imediatamente.

A limpeza é muito importante quando se trabalha no circuito de redutor. Deve-se limpar bem todas as peças a serem desmontadas para impedir que entre sujeira no sistema.

O redutor (Arla) provoca a corrosão de certos metais. Por isso, deve-se enxaguar sempre qualquer derramamento em conexões e outras peças com água morna para evitar corrosão.

Ao trabalhar no sistema SCR, por exemplo, ao substituir mangueiras do tanque de redutor e bomba SCR, as conexões somente devem ser lubrificadas com água e sabão ou água destilada com 3% de ureia. Qualquer outro tipo de lubrificante pode obstruir e danificar componentes no sistema SCR.

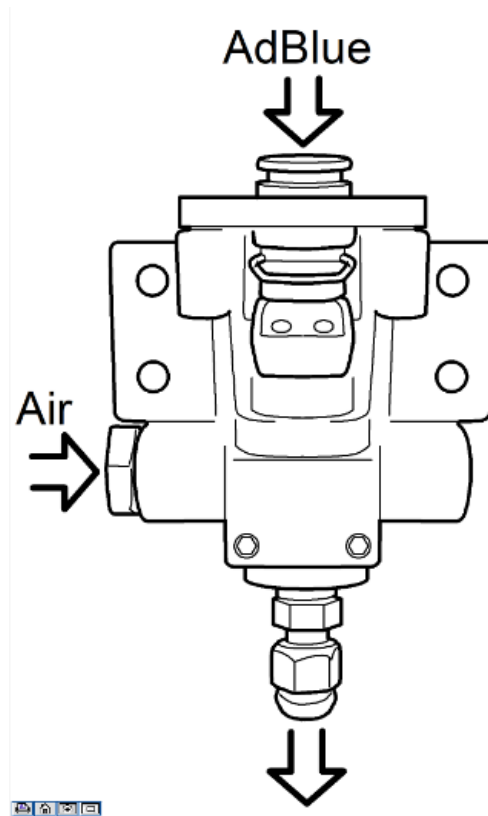
Figura 18: Medidor de nível do Arla 32



Fonte: Multi, 2019.

#### 7.4.1 DOSADOR DE REDUTOR

Figura 19: Dosador do Arla 32



Fonte: Multi, 2019.

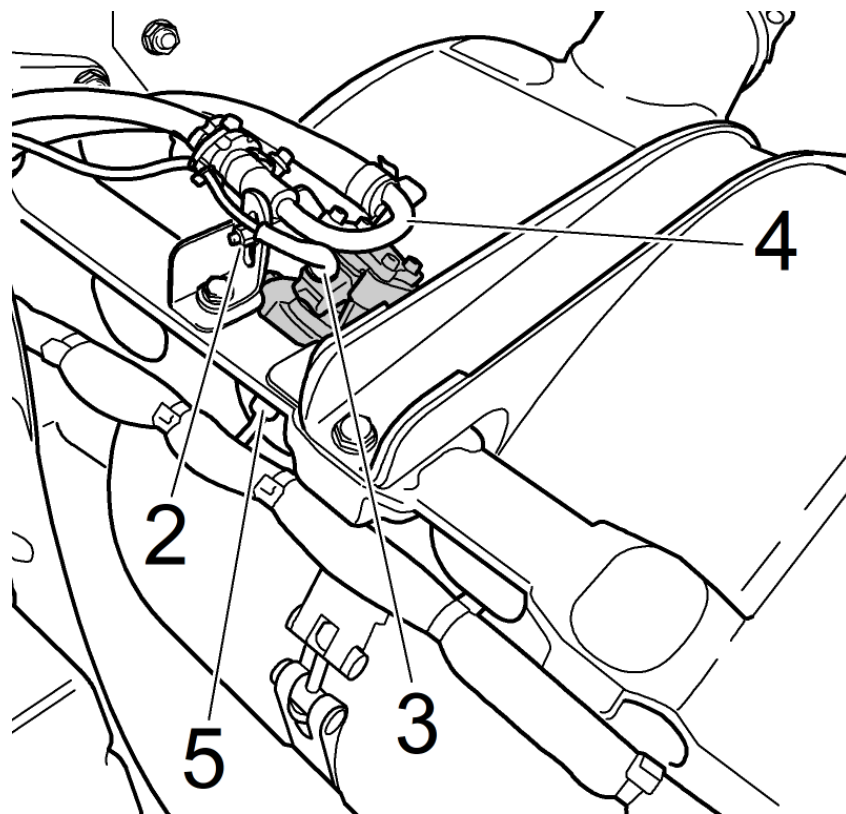
O dosador de redutor, não possui manutenção, pois é uma peça de reposição.

#### 7.4.2 REMOÇÃO DO DOSADOR:

1. Remova o tanque de redutor.
2. Solte a mangueira do suporte.

3. Remova a conexão elétrica.
4. Solte o acoplamento de velocidade e remova a mangueira do dosador de redutor.
5. Solte o tubo do dosador de redutor.
6. Solte e enxágue o bico e o tubo entre o dosador de redutor e o bico. Use água quente.
7. Substitua o dosador de redutor

Figura 20: Remoção do dosador do Arla 32



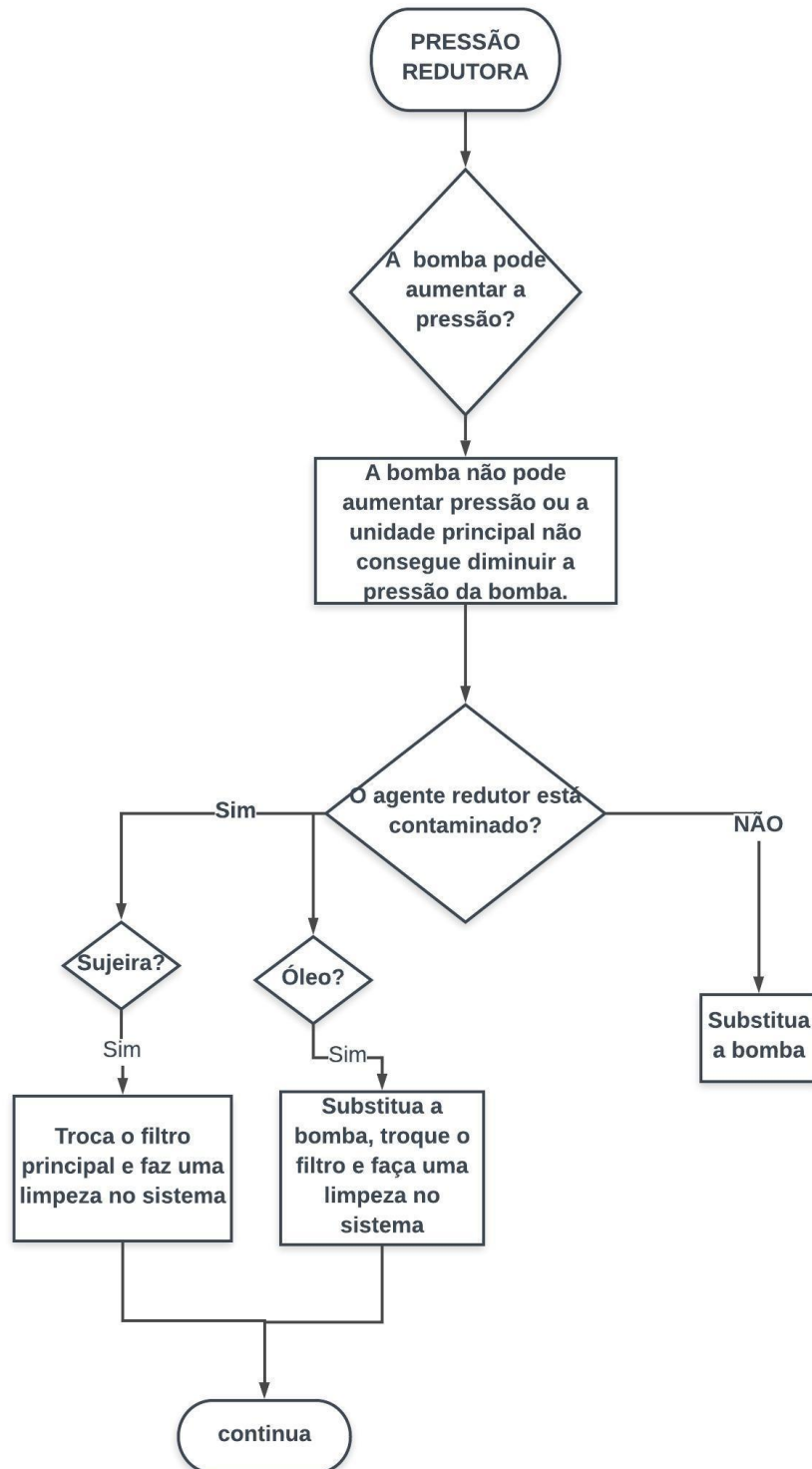
Fonte: Multi, 2019.

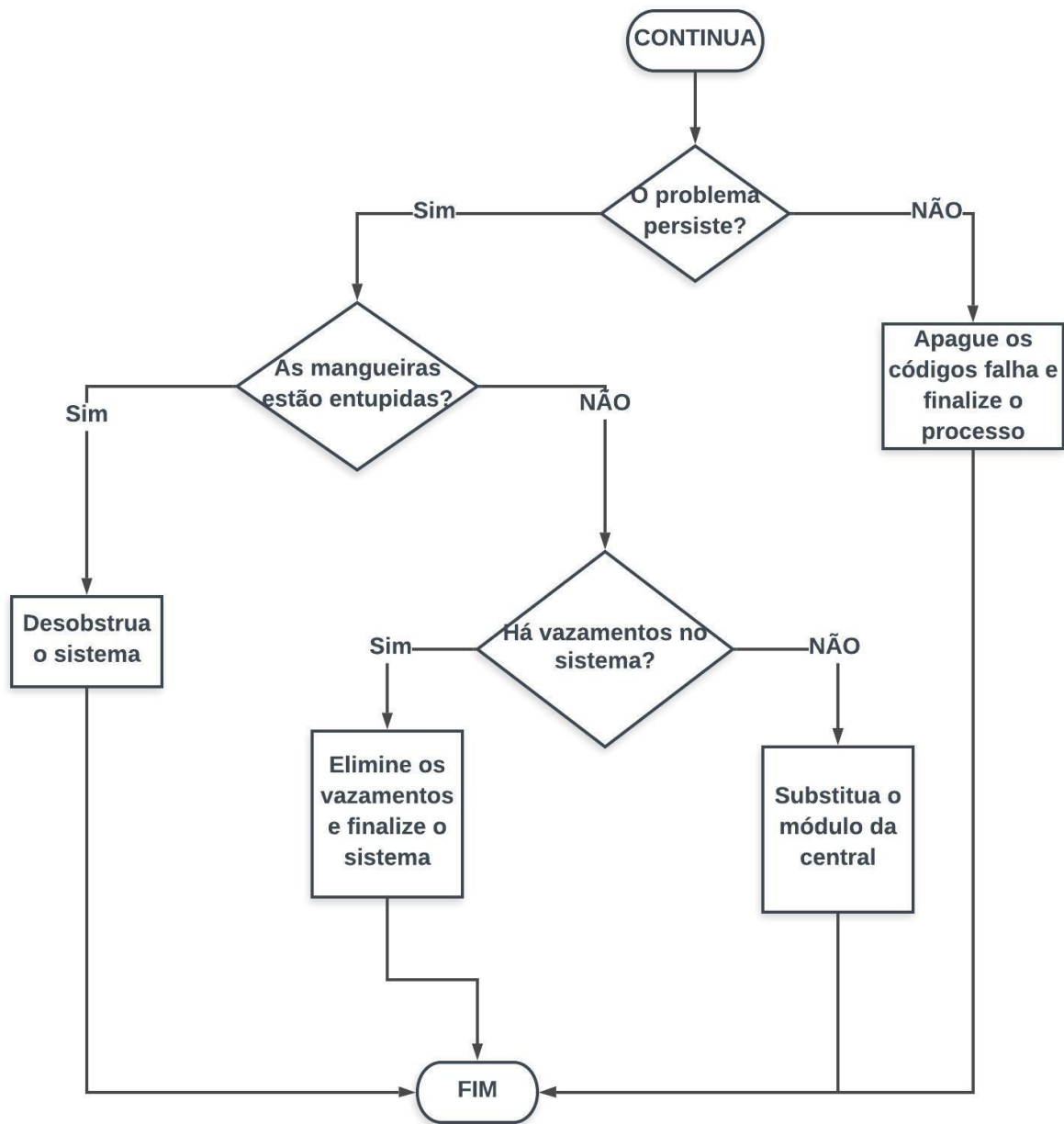


## 7.5 FLUXOGRAMA DE POSSÍVEIS FALHAS

### 7.5.1 PRESSÃO REDUTORA:

Figura 21: Fluxograma de resolução de falhas na pressão redutora

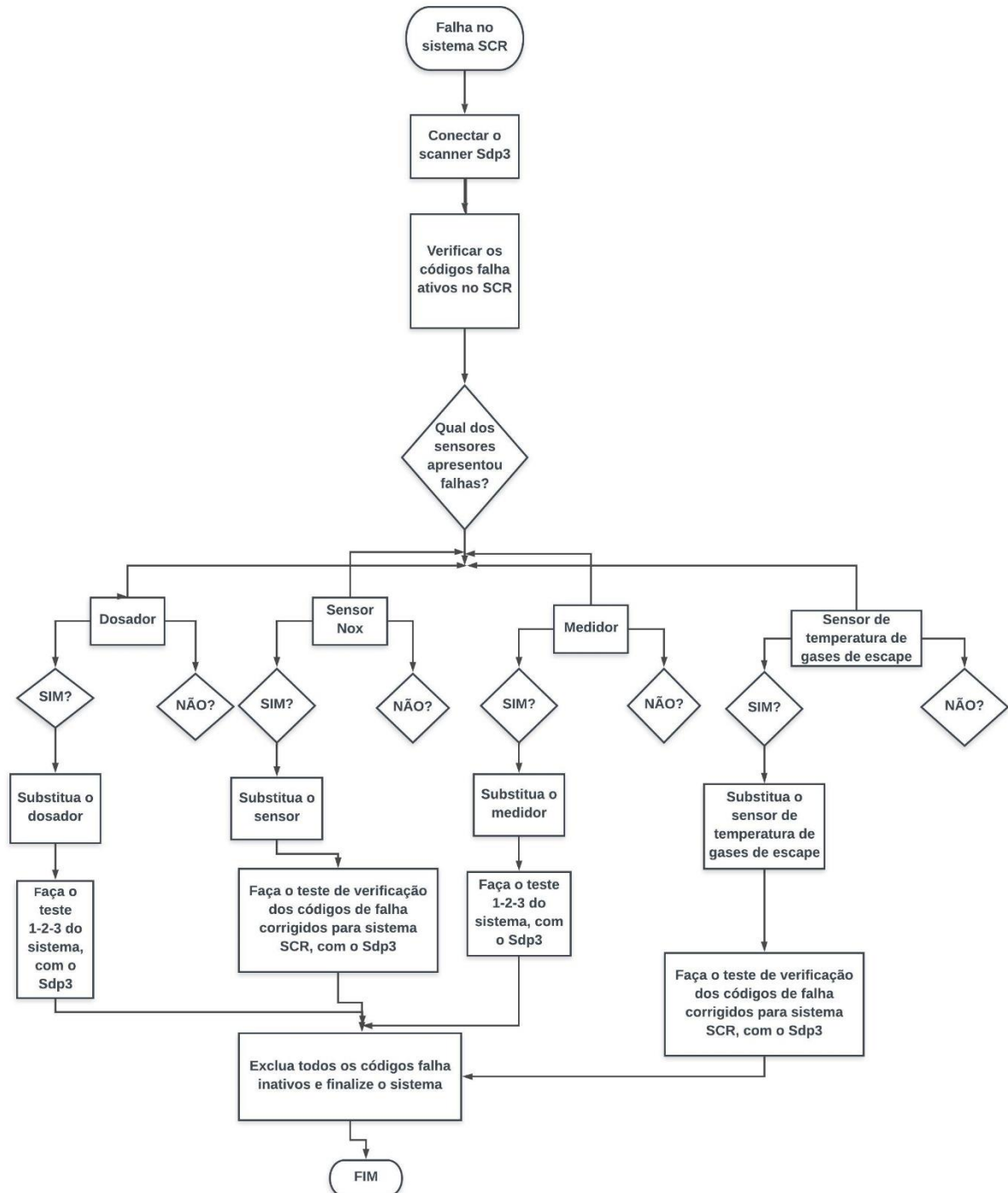




Fonte: Autor, 2019.

## 7.5.2 FLUXOGRAMA DE CÓDIGOS FALHAS DOS SENSORES:

Figura 22: Fluxograma de falhas dos sensores



Fonte: Autor, 2019.

### 7.5.3 MANUTENÇÃO SENSOR NOX

Para realizar a manutenção da falha do Sensor Nox, foi utilizado os seguintes materiais e métodos.

Primeiramente escaneia-se o veículo com auxílio de um software Sdp3, 2019.

Figura 23: Software SDP3



Fonte: Autor, 2019.

Obtém-se o código falha:

Figura 24: Código falha sensor Nox

**INFORMAÇÃO SOBRE O PRODUTO** **SCANIA**

9BSGGX400E3854161

**Códigos de falha** | Descrição | Verificar | Posição | Componentes | Ajuste | Calibração | Registro de sinal | Dados operacionais

Ler códigos de falha | Excluir códigos de falha | Mais informações | Monitoramento

Mostrar hexadecimal  Mostrar hora UTC  Mostrar secundário  Mostrar inativo

Identidade	Horário local	Título
S6 11182	06/06/2019 10:19:17 1	Código de informações para controle de NOx - não pode ser excluído
S6 4106	06/06/2019 10:19:12 1	Falha de comunicação no sistema SCR
ABS_E 101	06/06/2019 10:12:00 3	Velocidade da roda

**Falha de comunicação no sistema SCR**

**Descrição**  
A unidade de comando do motor não tem mensagem CAN do sensor de NOx. Se o veículo tiver equipado um sistema SCR, a mensagem CAN deve ser transmitida via unidade de comando da SCR.

**Causa**  
Se o código de falha é gerado frequentemente, a causa provável é uma falha no chicote de cabos ou nos conectores de chicote-a-chicote.  
Comunicação interrompida entre a unidade de comando do motor e a unidade de comando da SCR ou entre a unidade de comando da SCR e o sensor de NOx.  
Se o código de falha 4108 foi gerado ao mesmo tempo, é provável que exista um problema de comunicação entre a unidade de comando do motor e a unidade de comando da SCR.  
Se o código de falha 4108 foi definido ao mesmo tempo, é provável que exista uma falha na comunicação entre a unidade de comando da SCR e o sensor de NOx.  
Se o código de falha 5657 ou 8263 foi gerado ao

**Os sinais quando o código de falha foi ativado**

10,3 bar 10,3 bar 25,1 V 485,664,6 km

Fonte: Autor, 2019.

Após isso, retira-se a tampa de alumínio, com uma chave de anel, tamanho 16 para ter acesso ao conector do sensor Nox.

Retira-se o conector do sensor Nox. Com uma chave L-10 solta-se a parte elétrica do sensor Nox.

Na saída do escape, solta-se a ponta do sensor com uma chave 22 de boca, soltando assim, o sensor.

Logo isso, substituí o sensor estragado, realizando o procedimento com as mesmas ferramentas e métodos.

Escaneia novamente o veículo, com o sdp3, na aba funções → verificações → trem de força → pós tratamento de gases de escape → e realiza o teste de verificação dos códigos falha corrigidos para o sistema SCR.

## **7.6 RELATO DE UM CASO E CORREÇÃO DO PROBLEMA:**

Caminhão Scania G440HP 2014, motor 13L Euro 5, estava com o Arla adulterado, e foi relatado que não havia pressão na bomba do agente redutor (Arla 32).

Primeiramente foi conectado o computador no veículo pela entrada OBD, para realizar o escaneamento. Após isso, iniciamos o teste 1-2-3 do sistema, o qual comprovou a ausência de pressão na bomba.

Foi realizado o teste de acordo com o diagrama, já citado acima. E constatou-se que havia contaminação no agente redutor, por pedras e areia, ocasionados por estar desativado por muito tempo, o que acabou acumulando sujeira, pela falta da manutenção preventiva adequada.

Para remover as cintas do tanque, foi utilizando uma chave Alle 8.

Figura 25: Cinta do tanque



Fonte: Autor, 2019.

Para remover as braçadeiras do medidor do nível de redutor, utilizou-se de uma chave de fenda. Após isso, o conector do medidor do nível de redutor foi desplugado, e removeu-se o tanque. E com isso, removido o medidor do nível de redutor.

Com isso, foi visto que o agente redutor estava contaminado, como mostra a imagem abaixo.

Figura 26: Medidor contaminado



Fonte: Autor, 2019.

Após isso, retira-se o filtro com o auxílio de uma chave torx, para remover a capa de proteção. Para retirar a tampa do filtro, é utilizado uma catraca e um cachimbo 32.

Contatou-se que havia contaminação:

Figura 27: Tampa do filtro do Arla 32, contaminado.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 28: Tampa do filtro do Arla 32, contaminado.



Fonte: Autor, 2019.

Após a constatação de contaminação, foi realizado uma limpeza com água e sabão. Realizado a limpeza, foi remontado o sistema e realizado um novo teste com o scanner Sdp3. Posterior ao novo teste, constatou-se que houve aumento de pressão de redutor na bomba.

Foi realizado outro diagnóstico, onde não havia a injeção de redutor pelo sistema devido à baixa pressão de ar na central.

Sendo assim, o sistema teve que ser desmontado novamente, onde:

As cintas do tanque foram removidas, utilizando uma chave Alle 8. As braçadeiras do medidor do nível de redutor, foi desmontada utilizando uma chave de fenda. O conector do medidor do nível de redutor foi desplugado, e removeu-se o tanque. E com isso, removido o medidor do nível de redutor. Retirou-se novamente o filtro com o auxílio de uma chave torx, para remover a capa de proteção.

Foi retirado os conectores elétricos da central e as mangueiras de passagem de redutor, com uma chave de fenda. Retira-se a conexão de saída de ar para o dosador, com uma chave de boca 19. Já a conexão entrada de ar foi retirada com uma chave de boca 22.

Solta-se a central com uma chave L-12, removendo a mesma.

Figura 29: Central do Arla 32

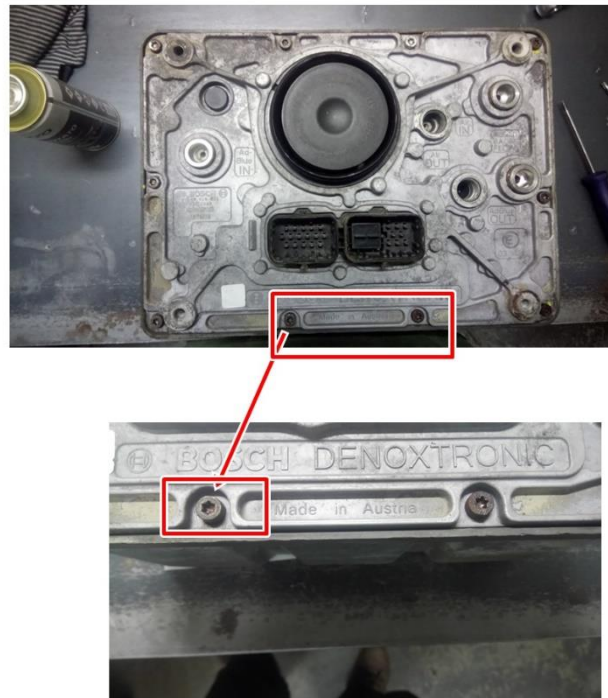


Fonte: Autor, 2019.



Feito isso, retira os parafusos da tampa da central com auxílio de uma chave torx.

Figura 30: Parafusos da central do Arla 32



Fonte: Autor, 2019.

Figura 31: Parte interna – central do Arla 32



Fonte: Autor, 2019.

Logo após foi retirado a parte de controle de fluxo de ar, com uma chave torx.

O controle de ar estava obstruído, devido ao longo tempo de desativação, onde houve acúmulo de água e óleo, conduzido pela umidificação dos canos trazidos pelo compressor de ar do veículo, conforme mostra as imagens:

Figura 32: Eletroválvula – Controle de fluxo de ar, obstruída



Fonte: Autor, 2019.

Figura 33: Torre de passagem do fluxo de ar, obstruída



Fonte: Autor, 2019.

Figura 34: Torre de passagem do fluxo de ar, obstruída



Fonte: Autor, 2019.

Foi realizado uma limpeza adequada, removendo todas as obstruções, como observado nas imagens abaixo:

Figura 35: Eletroválvula de controle de fluxo de ar, sem obstrução



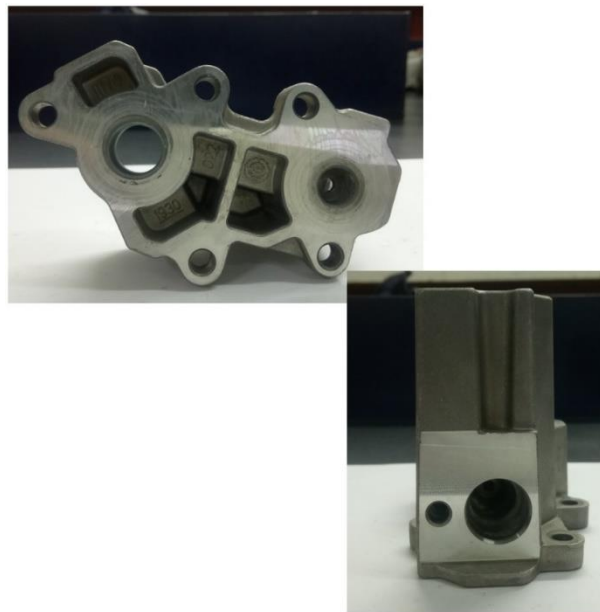
Fonte: Autor, 2019.

Figura 36: Torre de fluxo de ar, sem obstrução



Fonte: Autor, 2019.

Figura 37: Torre de fluxo de ar, sem obstrução




Fonte: Autor, 2019.

Feito a limpeza, o sistema é remontado novamente com o uso dos mesmos matérias e procedimentos.

É utilizado novamente o computador para realizar o teste 1-2-3, e o teste de verificação de códigos falha, corrigidos para controle do Nox.

Figura 38: Teste 1-2-3 do sistema SCR

**Scania Diagnos & Programmer 3**


---

Teste 1-2-3 do sistema

---

**Teste do sistema 1:**  
OK

---

**Teste do sistema 2:**  
OK

---

**Teste do sistema 3:**  
OK

---

**Tempo necessário para reduzir a pressão (s):**  
0.2 s

---

**Tempo máximo necessário para reduzir a pressão (s):**  
40 s

---

**Tempo necessário para elevar a pressão para 0,8 bar (s):**  
12.1 s

---

**Tempo máximo necessário para elevar a pressão para 0,8 bar (s):**  
40 s

---

**Tempo necessário para elevar a pressão para 2,8 bar (s):**  
1 s

---

**Tempo máximo necessário para elevar a pressão para 2,8 bar (s):**  
80 s

Fonte: SDP3, 2019.

Depois de realizar os testes foi concluído que o sistema voltou a funcionar perfeitamente.

## 8. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo do uso do SCR é apenas um, reduzir a emissão de poluentes expelida na atmosfera, decorrente da queima do combustível, que no caso do diesel, tem grande concentração de Nox (Óxido de nitrogênio) e de Material Particulado (MP).

Contribuindo assim, de uma forma decisiva para uma melhora da qualidade de vida humana, reduzindo os riscos para a saúde, visto que a população hoje, está exposta a um alto grau de poluição atmosférica, não somente provenientes de veículos, mas também de indústrias, e contribui também na preservação do meio ambiente.

Ao decorrer da pesquisa, foi realizado um teste de verificação de códigos falha, corrigidos para controle de emissão de Nox, em um veículo Scania, o qual estava com a Arla – 32 desligada, ocasionando em um nível de emissão de Nox na atmosfera, acima do permitido pelo Proconve 7, foi realizada uma manutenção adequada, e o sistema voltou a funcionar em conformidade com a lei.

Muitas empresas optam pelo desligamento do Arla 32, para burlar o uso do produto, instalam chips, em seus veículos, o qual envia ao sistema eletrônico do caminhão a informação de que o Arla foi enviado para o catalisador, isto sem que uma única gota seja injetada. No sistema normal, sem Arla o caminhão iria perdendo potência até parar. Com o chip, isso não acontece. O caminhão funciona normalmente, porém soltando no meio ambiente tudo quanto é veneno poluente. Sem que os gases sejam tratados no catalisador.

No decorrer do estudo, foi obtido laudos, utilizando o software Scania Sdp3, o qual comprova a eficiência do uso do sistema, para a redução de agentes poluentes, evidenciando a importância do uso correto e adequado do sistema.

Conforme mostra na imagem do laudo abaixo:

Figura 39: Teste de verificação de códigos falha

**Scania Diagnos & Programmer 3**

Verificação dos códigos de falha corrigidos para controle de NOx

---

**Status do teste:**

O teste está pronto

---

**Resultado do teste:**

Verificação OK, sensor de temperatura verificado

---

**Causa do teste cancelado:**

Não há informação disponível

---

**Limite inferior para concentração de NOx na partida (ppm):**

440 ppm

---

**Concentração de NOx sem SCR (ppm):**

648 ppm

---

**Limite superior para concentração de NOx na partida (ppm):**

1055 ppm

---

**Concentração de NOx com SCR (ppm):**

26 ppm

---

**Taxa de conversão para concentração de NOx (%):**

95 %

---

**Quantidade injetada, redutor (g/min):**

25 g/min

---

**Máxima pressão de ar medida antes da válvula de restrição (bar):**

7.714 bar

---

**Máxima pressão de ar medida após válvula de restrição (bar):**

3.978 bar

---

**Temperatura mais alta dos gases de escape medida antes do catalisador (°C):**

360 °C

---

**Temperatura mais alta medida do líquido de arrefecimento (°C):**

82 °C

---

**Pressão máxima medida do redutor (bar):**

3.498 bar

---

**Temperatura máxima medida no tanque de redutor (°C):**

18 °C

---

**Temperatura máxima medida na unidade principal (°C):**

19 °C

---

Fonte: SDP3, 2019.

Pode-se observar, que a concentração de emissão de Nox sem o uso do SCR, encontra-se em 648 ppm, bem acima do permitido.

Já com o uso do SCR, a concentração de emissão passou para 26 ppm, ou seja, 0,026 g/Km, ocorrendo uma diminuição considerável de 95% na emissão de Nox, estando de acordo com a legislação vigente.

Assim, o uso adequado transforma NOx em vapor d'água e nitrogênio, gases inofensivos para a saúde humana.

Com isso, destaca-se a importância da utilização do sistema SCR, visto que, segundo o engenheiro Tadeu Cordeiro da Petrobrás, as emissões de gases poluentes provenientes de um veículo sem uso de Arla 32, ou com o Arla 32 adulterado, equivale as emissões de no mínimo cinco caminhões com o uso do Arla 32 corretamente, ou seja, o uso correto, pode reduzir as emissões em até 90%.

Caminhões com adulterações no Arla 32, equivalem a uma regressão de 20 anos em atraso ambiental.



## 9. CONCLUSÃO

Ao final do presente estudo, conclui-se que a qualidade do ar é uma preocupação que só vem aumentando nas últimas décadas, devido ao fato de alta taxa de emissão de poluentes, provenientes tanto de chaminés de indústrias, como também a queima de combustíveis, utilizados por caminhões, ônibus e outros automóveis.

A combustão é o agente que mais polui, e suas principais espécies de poluentes, são o monóxido de carbono, compostos orgânicos, óxidos sulfurosos, material particulado e óxidos de nitrogênio.

Tornou-se uma obrigação para todos a preocupação com o endurecimento da legislação ambiental, fato que já vem ocorrendo em diversos países e setores, no Brasil não é diferente, órgãos governamentais, como o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) lutam para impor a diminuição da poluição do ar, criando Programas de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores: PROCONVE e o PROMOT, coagindo os fabricantes de motores e veículos a procurar soluções tecnológicas, capazes de reduzir os níveis de emissões de poluentes.

Uma dessas soluções foi a implantação obrigatória do uso do sistema SCR, em veículos a partir de 2012. Esse sistema, apresenta uma grande vantagem na redução de taxa de óxidos de nitrogênio, se usado junto, o agente redutor Arla – 32 a uma concentração de 32,5% de ureia.

Ao decorrer do estudo, realizou-se o levantamento de dados e o diagnóstico, por meio do software SDP3, o qual possibilitou a verificação da eficácia deste sistema por meio da obtenção de laudos, que comprovam a diminuição de emissão de níveis de poluentes provenientes da queima de diesel, em até 90%. Trazendo uma melhora da qualidade de vida, evitando diversos problemas de saúde, assim como, preservando o meio ambiente.

Ao longo do trabalho, foi realizado procedimentos de manutenção corretiva, realizando os testes do sistema, os quais comprovam uma eficácia de 90%, em relação aos níveis de poluição.

Embora muitos burlem o uso adequado do sistema, é importante dar visibilidade à questão de modo a conscientizar a sociedade, fortalecer a fiscalização e eliminar a prática lesiva, assegurando o cumprimento da resolução do Conama.

## **10. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao início do projeto, foi elencado alguns objetivos, como realização do diagnóstico, realizar a manutenção, como também, demonstrar a eficácia do sistema. Ao decorrer do trabalho, foi possível descrever e analisar cada um deles, obtendo êxito na pesquisa.

Sendo possível a comprovação da importância e da eficácia do uso adequado do SCR, trazendo benefícios ao meio ambiente e a sociedade.

Foi realizado uma manutenção corretiva, onde foi detectado um uso inadequado do sistema, deixando evidente, que muitos não respeitam as leis, e acabam burlando o sistema em benefício próprio, resultando em um crime ambiental.

Ao longo do trabalho, encontrou-se dificuldade na realização de pesquisa, visto que a maioria dos matérias existentes são provenientes da língua estrangeira, dificultando a pesquisa.

Além de encontrar dificuldades em realizar a normalização do sistema durante a manutenção, pois o sistema é complexo.

Para futuras pesquisas, pode-se dar continuidade ao estudo do sistema SCR, juntamente com o EGR (Exhaust Gas Recirculation), o qual é um sistema de recirculação de gases de exaustão. O mesmo atua junto com o SCR. Na Europa, esse sistema já está em vigor, em veículos pesados, porém essa lei ainda não está vigente no Brasil.

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MARTINS, Vinicius Campos. “**Sistema de tratamento de gases para a redução de emissões de poluentes em motores diesel**”, Itatiba -2012.
- [2] IBAMA. “**Programa de controle de déficit veicular (proconve)**”. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/emissoes/veiculos-automotores/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve>. Acesso em: 23 mar. 2018
- [3] ASSOCIATION, The Automobile. “**Limits to improve air quality and health**”, disponível em: <https://www.theaa.com/driving-advice/fuels-environment/euro-emissions-standards>. Acesso em: 23 mar. 2018
- [4] MOTORING, Report on. “**Euro 1 to Euro 6 – find out your vehicle's emissions standard**” Disponível em: <https://www.rac.co.uk/drive/advice/emissions/euro-emissions-standards/> Acesso em: 23 mar. 2018.
- [5] WILLIAMS, Martin; MINJARES, Ray. “**A technical summary of Euro 6/VI vehicle emission standards**”. Disponível em: <https://www.theicct.org/publications/technical-summary-euro-6vi-vehicle-emission-standards>. Acesso em: 23 mar. 2018.
- [6] GIL, Antônio Carlos. **COMO ELABORAR PROJETOS DE PESQUISA**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- [7] Seher, D., Reichelt, M. and Wickert, S. (2003). **Control strategy for NO<sub>x</sub> - emission reduction with SCR, SAE Technical Paper Series**, Texas. 2003-01-3362.
- [8] Upadhyay, D. and Nieuwstadt, M. V. (2006). **Model based analysis and control design of a urea-SCR deNO<sub>x</sub> aftertreatment system**, Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control.
- [9] Wang, D., Yao, S., Shost, M., Yoo, J., Cabush, D., Racine, D., Cloudt, R. and Willems, F. (2008). **Ammonia sensor for closed-loop SCR control, SAE Technical Paper Series**, Detroit. 2008-01-0919.
- [10] Willems, F., Cloudt, R., van dem Eijnden, E., van Genderen, M. and Verbeek, R. (2007). **Is closed-loop SCR control required to meet future emission targets, SAE Technical Paper Series**, Detroit. 200701-1574
- [11] Devarakonda, M., Parker, G., Johnson, J., Strots, V. and Santhanam, S. (2008b). **Model-based estimation and control system development in a urea-SCR aftertreatment system, SAE Technical Paper Series**, Detroit. 2008-01-1324.
- [12] Chi, J. N. and DaCosta, H. (2005). **Modeling and control of a urea-SCR aftertreatment system, SAE Technical Paper Series**, Detroit. 2005-01-0966
- [13] MARTINS, Jorge. “**Motores de combustão interna**”. 2 ed. Praça dos Corujeira: Publindustria,2006.464 p.

- [14] TURNS, Stephen R. . “**Introdução a combustão: Conceitos e aplicações**” .3 ed.- Porto Alegre - RS: AMGH, 2013.420 p
- [15] BENTO, D.M. **Análise Química da Degradação dos Hidrocarbonetos de Óleo Diesel no Estuário da Lagoa dos Patos – Rio Grande/RS**. 2005. Dissertação (mestrado) - Departamento de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S.I], 2005.
- [16] LAREIRA, Vinicius. **A Fase P-7 do PROCONVE e os seus impactos no setor de transporte**. Rio de Janeiro: Nov. 2010.
- [17] DISTRITO FEDERAL, Instituto do meio ambiente dos recursos hídricos do Distrito Federal. Brasília ambiental. **Principais poluentes atmosféricos**. Distrito Federal: 2010. <[http://www.ibram.df.gov.br/images/princ\\_poluentes.pdf](http://www.ibram.df.gov.br/images/princ_poluentes.pdf)> acesso em: 24 mar. 2019.
- [18] FILHO, Renato Vergnhanini. **Emissão de óxidos de nitrogênio (nox) na combustão industria**. Revista ipt | tecnologia e inovação, Sp , v. 1, n. 3, p.111-222, dez. 2016.
- [19] [HTTP://WWW.FEPAM.RS.GOV.BR](http://www.fepam.rs.gov.br). **Diretriz técnica que estabelece condições e os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos a serem adotados pela fepam para fontes fixas e dá outras providências**. Disponível em: <[http://www.fepam.rs.gov.br/central/diretrizes/diret\\_tec\\_01\\_2018.pdf](http://www.fepam.rs.gov.br/central/diretrizes/diret_tec_01_2018.pdf)>. Acesso em: 24 mar. 2019.
- [20] ANFAVEA. **Diesel e emissões a nova legislação 2012**. Disponível em: <[http://www.anfavea.com.br/docs/cartilha\\_proconvep7.pdf](http://www.anfavea.com.br/docs/cartilha_proconvep7.pdf)>. Acesso em: 24 mar. 2019.
- [21] IBAMA. **Proconve/promot**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/manualproconveportugues.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2019.
- [22] DIESEL FORUM. **What is scr?**. Disponível em: <<https://www.dieselforum.org/about-clean-diesel/what-is-scr>>. Acesso em: 24 mar. 2019.
- [23] ECYCLE. **O que é monóxido de carbono?**. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/2350-monoxido-de-carbono>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- [24] PETROBRAS. **MANUAL TÉCNICO s10**. Disponível em: [http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual\\_tecnico\\_diesels-10\\_assistencia\\_tecnica\\_petrobras.pdf](http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual_tecnico_diesels-10_assistencia_tecnica_petrobras.pdf). Acesso em: 25 mar. 2019.
- [25] PETROBRAS. **Óleo Diesel Informações Técnicas**, 2014. Disponível em: <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/diesel-manual.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2019
- [26] BANDERALI, Mauro - **Perigo: Contaminação das águas subterrâneas por hidrocarbonetos**, 2014. Acesse em: 25 de mar. 2019.
- [27] AIRES, Luiz. **Os perigos do material particulado**, 2015. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/1379-material-particulado>. Acesso em: 25 mar. 2019.

- [28] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Poluentes Atmosféricos**. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos.html#Monoxido\\_de\\_carbono](https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos.html#Monoxido_de_carbono). Acesso em: 26 mar. 2019.
- [29] IBAMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Proconve: Programa De Controle De Poluição Do Ar Por Veículos Automotores**, 2016. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/emissoes/veiculos-automotores/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve>. Acesso em: 30 dez. 2005.
- [30] PETROBRAS . **Uso correto do Arla 32 reduz as emissões de poluentes em até 80%**, 2014. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/uso-correto-do-arla-32-reduz-as-emissoes-de-poluente-em-ate-98.htm>. Acesso em: 26 mar. 2019.
- [31] GREENCHEM. **What is an SCR system?**, 2017 . Disponível em: <https://www.greenchem-adblue.com/scr-system/>. Acesso em: 27 mar. 2019.
- [32] CARVALHO, Isadora . **Por que o diesel é proibido para veículos de passeio no Brasil?**, 2018. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/por-que-o-diesel-e-proibido-para-veiculos-de-passeio-no-brasil/>. Acesso em: 27 mar. 2019.
- [33] MULTIPETRO. **DIESEL S10 X DIESEL S500: QUAL DEVO ESCOLHER?**, 2017. Disponível em: <http://www.multipetro.com.br/blog/2017/05/22/diesel-s10-e-s500-qual-escolher/> . Acesso em: 28 mar. 2019.
- [34] CARLROTH. **Ficha de Dados de Segurança - ÓXIDO DE VANÁDIO**, 2015.. Disponível em: [https://www.carlroth.com/downloads/sdb/pt/5/SDB\\_5370\\_PT\\_PT.pdf](https://www.carlroth.com/downloads/sdb/pt/5/SDB_5370_PT_PT.pdf) . Acesso em: 28 mar. 2019
- [35] AFEEVAS . **Riscos na estrada: Adulteração ou não uso do Arla 32 reduz potência do caminhão e danifica sistema eletroeletrônico** 2017. Disponível em: <http://www.afeevas.org.br/noticias.php>. Acesso em: 27 mar. 2019
- [36] VARELLA & SANTOS. **Noções Básicas de Motores Diesel**. 1ª Edição – Julho 2010.
- [37] DEMOTOR. **História do motor a diesel**, 2017. Disponível em: <https://pt.demotor.net/motores-termicos/motor-a-diesel/historia>. Acesso em: 22 mar. 2019 .
- [38] A GRUGER. **Como Surgiu O Motor A Diesel?**. Disponível em: <https://gruger.com.br/blog/como-surgiu-o-motor-diesel/>. Acesso em: 22 mar. 2019.
- [39] Escola Estadual de Educação Profissional [EEEP]. **MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA CICLO DIESEL**, CEARÁ, 2012.
- [40] IBRAM - **“Relatório Do Monitoramento Da Qualidade Do Ar No Distrito Federal”**, Distrito Federal, 2008.