



DIRETRIZES PROCONVE E EURO: UMA ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DAS REGULAMENTAÇÕES E AVANÇOS TECNOLÓGICOS NO CONTROLE DE EMISSÕES DE VEÍCULOS A DIESEL

**Alessandro Kulitch
Dante Barleta Filho
Gustavo Zanata de Paula
Lucas Martin
Paulo Andrade Leal
Pedro Oscar Manoel
Marco Antônio Guterres
Rafael Correa dos Santos**

RESUMO

A crescente preocupação com as emissões de poluentes dos veículos a diesel levou à evolução de regulamentações rigorosas e à implementação de tecnologias avançadas para mitigação. No Brasil, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), desde sua criação em 1986, tem estabelecido limites para emissões de compostos químicos. Com uma evolução contínua de normas e legislações, o país tem seguido os padrões europeus, apesar de certas diferenças de rigor e métricas entre eles. Para cumprir essas normas, a indústria automotiva tem adotado tecnologias como calibração de motores, DOC, DPF, SCR e EGR, direcionadas para a redução de poluentes e otimização da combustão.

Palavras-chave: CONAMA, Diesel, Emissões, Emissões de poluentes, motores a diesel, PROCONVE, Regulamentações.

PROCONVE AND EURO GUIDELINES: AN ANALYSIS OF THE EVOLUTION OF REGULATIONS AND TECHNOLOGICAL ADVANCEMENTS IN THE CONTROL OF DIESEL VEHICLE EMISSIONS

ABSTRACT

The growing concern about pollutant emissions from diesel vehicles has led to the evolution of stringent regulations and the implementation of advanced technologies for mitigation. In Brazil, the Air Pollution Control Program for Motor Vehicles (PROCONVE), since its inception in 1986, has set limits for the emissions of chemical compounds. With a continuous evolution of standards and legislation, the country has followed European standards, despite certain differences in stringency and metrics between them. To comply with these standards, the automotive industry has adopted technologies such as engine calibration, DOC, DPF, SCR, and EGR, aimed at reducing pollutants and optimizing combustion.

Keywords: CONAMA, Diesel, Emissions, Pollutant emissions, diesel engines, PROCONVE, Regulations.



1 INTRODUÇÃO

O controle das emissões de poluentes nos veículos a diesel é uma questão relevante em várias perspectivas, incluindo ambiental, de saúde pública, econômica e tecnológica. A manutenção periódica dos veículos é uma medida importante para o controle de emissões de poluentes (CARVALHO, 2011). Segundo Georges e Miraglia (2006), a poluição do ar gerada pelos veículos a diesel é um problema de saúde pública que afeta especialmente a parcela da população que vive em grandes centros urbanos.

Desta forma o uso de combustíveis mais limpos, pode ser uma alternativa para reduzir as emissões de poluentes (ANDRÉ et al., 2016).

Conforme Façanha (2016), a adoção de normas de emissões veiculares equivalentes às normas mais rígidas de emissões de poluentes com as normas Euro para veículos a diesel podem garantir que estes veículos sejam equipados com filtros de partículas e se proteger contra os piores impactos à saúde e qualidade do ar causados pelos veículos com este combustível.

Façanha (2016) nos indica que existem diversas ações que podem ser utilizadas para reduzir as emissões de poluentes dos veículos a diesel e, consequentemente, reduzir as emissões de dióxido de carbono (CO₂), um dos principais gases de efeito estufa. Algumas destas ações são:

1. Adição de hidrogênio à queima do combustível;
2. Uso de combustíveis mais limpos, como o gás natural;
3. Filtros de partículas;
4. Catalisadores;
5. Sistemas de recirculação de gases de exaustão;
6. Lubrificantes multiviscosos;
7. Novas legislações e normativas.

Além disso, a manutenção periódica dos veículos é uma medida importante para o controle de emissões de poluentes. É importante ressaltar que a redução das emissões de CO₂ é crucial para combater o aquecimento global e as mudanças climáticas, e a



dieselização dos veículos leves é um risco ambiental que pode ser mitigado com a adoção de normas de emissões veiculares equivalentes para proteger contra os impactos à saúde e qualidade do ar causados pelas emissões de gases como o dióxido de carbono (FAÇANHA, 2016).

Os governos estão adotando várias medidas para reduzir as emissões de CO₂ dos veículos a diesel. Algumas dessas medidas incluem regulamentações de emissões, incentivos fiscais para a compra de veículos elétricos e de baixa emissão, investimento em infraestrutura de carregamento, promoção de combustíveis alternativos, melhoria da eficiência dos veículos, investimento em transporte público e compartilhado e pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de baixa emissão. A União Europeia aprovou uma resolução que proíbe a venda de carros a diesel e gasolina a partir de 2035 e até 2030, as fabricantes de automóveis devem reduzir para cerca de metade as atuais emissões de CO₂ dos seus veículos (ALBUQUERQUE, 2012).

No Brasil as primeiras leis de emissão veiculares foram estabelecidas no ano de 1986 pelo CONAMA, conselho nacional do meio ambiente, onde por meio da resolução número 18 de 6 de maio de 1986 que buscava instituir o PROCONVE, programa de controle da poluição do ar por veículos automotores. O PROCONVE tem como objetivo a redução dos níveis de emissão por veículos automotores, o avanço da tecnologia e conscientização da população.

Apesar da resolução ser do ano de 1986, a primeira norma de limite de emissão para veículos pesados sigla P, P1, foi implementada no ano de 1989 onde os veículos pesados a diesel seguiam um padrão de limite de emissões de certos compostos químicos, como o monóxido de carbono, os hidrocarbonetos, material particulado e o óxido de nitrogênio, popularmente conhecido como NOx. Na Europa essas leis de emissões foram instituídas pelo Padrão europeu de emissões, no ano de 1992, e assim como no Brasil, tinha como intuito diminuir os níveis de poluentes. Porém um os padrões europeus, apesar de terem começado um pouco depois das leis brasileiras, as leis europeias tiveram maior rigor em relação aos níveis de poluentes (IBAMA, 2011).

2 EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES NO BRASIL



Segundo o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), as normas e legislações brasileiras tem evoluído desde sua criação em 1986 para atender às mudanças nas emissões de veículos automotores no Brasil. Essas regulamentações estabelecem limites máximos de emissão de compostos químicos, como monóxido de carbono, hidrocarbonetos, material particulado e óxido de nitrogênio (NOx), para os veículos a diesel.

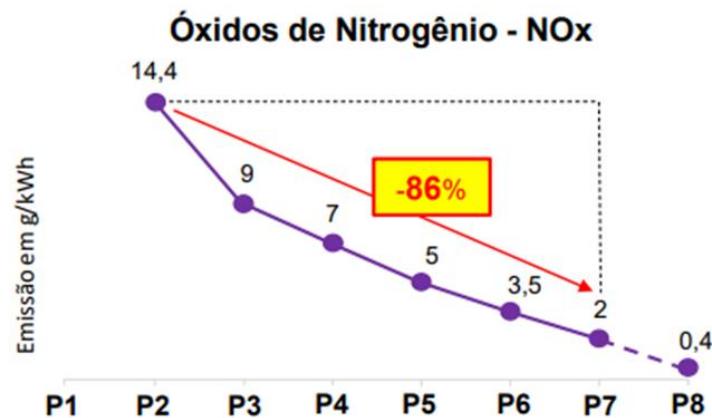
Conforme a CETESB (2023), algumas das evoluções mais significativas do programa, relacionadas ao estabelecimento de limites de emissão, estão listadas a seguir:

- a) A primeira fase para a regulamentação de emissão dos veículos pesados, P1. Teve início de 1986 até o ano de 1989. Essa fase tinha limite de alguns compostos químicos, sendo eles o monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), também óxidos de nitrogênio (NOx) e também o material matriculado (MP). Essa fase tinha como limite 14 g/kWh de monóxido de carbono, 3,5 g/kWh de hidrocarbonetos, 18 g/kWh de NOx e não tinha limite de material particulado.
- b) A segunda fase, P2 teve início no ano de 1994 e essa fase apesar de ter diminuído a quantidade de limite dos compostos químicos, essa redução não foi tão grande. Na fase P2 tinha como limite de emissão: monóxido de carbono (CO) em 11,20 g/kWh, hidrocarbonetos (HC) em 2,45 g/kWh, NOx em 14,4 g/kWh e diferente da fase anterior, o material particulado teve limite em 0,6 g/kWh.
- c) A terceira fase, P3 que teve início no ano de 1996, foi na qual se teve uma queda significativa nos limites de emissão. Com um limite mais rigoroso, se tinha como limite de monóxido de carbono (CO) em 4,9 g/kWh, hidrocarbonetos (HC) em 1,23 g/kWh, NOx em 9 g/kWh e material particulado em 0,4 g/kWh.
- d) A quarta fase, P4 teve início no ano de 2000, e tinha como limite o monóxido de carbono (CO) em 4 g/kWh, hidrocarbonetos (HC) em 1,10 g/kWh, NOx em 7 g/kWh e material particulado em 0,15 g/kWh.
- e) A quinta fase, P5 com início de ano de 2005, tinha como limite o monóxido de carbono (CO) em 2,10 g/kWh, hidrocarbonetos (HC) em 0,66 g/kWh, NOx em 5 g/kWh e material particulado em 0,10 g/kWh.
- f) A sexta fase, P6 com início no ano de 2009, antecessora da fase atual, o P7. O P6 tinha como limite o monóxido de carbono (CO) em 1,50 g/kWh, hidrocarbonetos (HC) em 0,46 g/kWh, NOx em 3,5 g/kWh e material particulado em 0,02 g/kWh.
- g) A sétima fase, o P7, sendo a fase atual do programa de redução de emissão, teve início no ano de 2012, e esta tem como limite o monóxido de carbono (CO) em 1,5 g/kWh, hidrocarbonetos (HC) em 0,46 g/kWh, NOx em 2 g/kWh e material particulado em 0,02 g/kWh.
- h) Já a oitava e atual fase, o P8 que teve início no ano de 2022, esta tem como limite o monóxido de carbono (CO) em 1,5 g/kWh, NOx em 0,4 g/kWh, material particulado em 0,01 g/kWh. E adição do número de partículas sólidas emitidas NP de 8×10^{11} partículas/kWh.

De acordo com dados da ANFAVEA (2020), as emissões de material particulado associadas ao NOx reduziram em cerca de 86% desde a implementação da norma P1 até a P7. Essa evolução pode ser observada detalhadamente nas diversas fases da norma, conforme ilustrado na gráfico1 abaixo:



Gráfico 1 – Óxidos de Nitrogênio – Limite das Normas



Fonte: ANFAVEA, 2020

O Brasil tem controlado as emissões de veículos pesados por meio do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) desde 1990, seguindo os precedentes europeus de limites de emissões e procedimentos de certificação. As normas têm sido implementadas no Brasil com uma defasagem média de cinco anos em relação à Europa, sendo a mais recente a PROCONVE P-7, de 2012, que equivale à Euro V

Na Europa, o estabelecimento de limites para emissões teve início em 1992 com o padrão EURO, conforme as fases descritas a seguir (RAC, 2023):

- a) Nesta primeira fase se trazia como limite de emissão pros veículos a diesel o monóxido de carbono (CO) em 2,72g/km, hidrocarbonetos (HC) mais óxido de nitrogênio (NOx) em 0,97g/km e material particulado (MP) em 0,14g/km;
- b) A segunda fase, o EURO2 início no ano de 1996 e tinha como limite o monóxido de carbono (CO) em 1 g/km, hidrocarbonetos (HC) mais óxido de nitrogênio (NOx) em 0,5g/km e material particulado (MP) em 0,08g/km;
- c) A terceira fase, o EURO3 início no ano de 2000 e tinha como limite o monóxido de carbono (CO) em 0,66 g/km, hidrocarbonetos (HC) mais óxido de nitrogênio (NOx) em 0,56g/km e material particulado (MP) em 0,05g/km. E nessa fase foi adicionado o limite separado para o NOx com 0,50 g/km;
- d) A quarta fase, o EURO4 início no ano de 2005 e tinha como limite o monóxido de carbono (CO) em 0,5 g/km, hidrocarbonetos (HC) mais óxido de nitrogênio (NOx) em 0,3g/km, óxido de nitrogênio (NOx) em 0,25 g/km, material particulado (MP) em 0,025g/km;
- e) A quinta fase, o EURO5 início no ano de 2009 e tinha como limite o monóxido de carbono (CO) em 0,5 g/km, hidrocarbonetos (HC) mais óxido de nitrogênio (NOx) em 0,23g/km, óxido de nitrogênio (NOx) em 0,18 g/km, material particulado (MP) em 0,005g/km. Com a adição de limite de número de partículas sólidas emitidas, sendo elas $6 \times 10^{11}/\text{km}$;
- f) A sexta fase, o EURO6 início no ano de 2014 e tinha como limite o monóxido de carbono (CO) em 0,5 g/km, hidrocarbonetos (HC) mais óxido de nitrogênio (NOx) em 0,17g/km, óxido de nitrogênio (NOx) em 0,08 g/km, material particulado (MP) em 0,005g/km e número de partículas sólidas emitidas, sendo elas $6 \times 10^{11}/\text{km}$.



Embora as regulamentações brasileiras e europeias sobre emissões tenham sido introduzidas em intervalos de tempo muito próximos, com algumas sendo estabelecidas no mesmo ano, há diferenças significativas em termos de rigorosidade entre elas. Os padrões brasileiros medem as emissões em gramas por quilowatt-hora (g/kWh), enquanto os europeus utilizam a métrica de gramas por quilômetro (g/km). Por exemplo, o limite inicial brasileiro para emissões de monóxido de carbono era de 14 g/kWh. Em contraste, a segunda fase europeia, o Euro 1, que sucedeu o Euro 0, estabeleceu um limite de 11,2 g/km. Para efeitos de comparação, a rigorosidade da quinta fase europeia, Euro 5, é semelhante à sétima fase brasileira, a PROCONVE P7. A seguir, no Quadro 1, oferecemos uma comparação detalhada entre as normas brasileiras e europeias:

Quadro 1 – Comparação fase a fase entre as normas brasileiras e europeias

Norma	Resolução	Equivalente europeia	Data de implementação
PROCONVE P-1	CONAMA 18/1986	-	1987 (ônibus urbanos) 1989 (100%)
PROCONVE P-2		Euro 0	1994 (80%) 1996 (100%)
PROCONVE P-3	CONAMA 08/1993	Euro I	1994 (ônibus urbanos) 1996 (80%) 2000 (100%)
PROCONVE P-4		Euro II	1998 (ônibus urbanos) 2000 (80%) 2002 (100%)
PROCONVE P-5	CONAMA 315/2002	Euro III	2004 (ônibus urbanos) 2005 (micro-ônibus) 2005 (40%) 2006 (100%)
PROCONVE P-6	CONAMA 315/2002	Euro IV	Nunca implementada, pois o diesel com teor ultrabaixo de enxofre (ULSD) não estaria disponível. A P-5 permaneceu até 2011
PROCONVE P-7	CONAMA 403/2008	Euro V	2012
PROCONVE P-8	CONAMA 490/2018	Euro VI	2022 (homologações) 2023 (todas as vendas e registros)

Fonte: MILLER; POSADA, 2019



3 EFEITO DOS GASES EMITIDOS

A crescente urbanização e a dependência de veículos para transporte nas cidades têm levantado preocupações significativas sobre a qualidade do ar e os efeitos das emissões de veículos na saúde pública e no meio ambiente.

Alguns efeitos na saúde provocada por gases podem ser descritos na tabela abaixo:

Tabela 1: Efeitos nocivos dos principais poluentes veiculares a saúde

POLUENTES	EFEITOS NA SAÚDE
CO	Atua no sangue reduzindo sua oxigenação, náuseas e intoxicação
NO _x	Problemas respiratórios
MP	Pode penetrar nas defesas dos organismos, atingir os alvéolos pulmonares e causar irritações asma, bronquite e câncer nos pulmões
SOx	Irritação nos olhos, problemas respiratórios e cardiovasculares
O ₃	Irritação nos olhos e problemas respiratórios (reação inflamatória nas vias aéreas)

Fonte: IPEA, 2011

Os veículos a diesel, em particular, têm estado sob escrutínio devido aos poluentes específicos que emitem. Analisando o texto fornecido, é possível identificar os principais efeitos adversos dessas emissões, tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana. A seguir, detalhamos esses efeitos com base nas informações apresentadas:

- a) **Efeito estufa causado pelo dióxido de carbono (CO₂)**: O dióxido de carbono é um dos principais gases de efeito estufa, contribuindo para o aquecimento global e as



- b) mudanças climáticas (CARVALHO, 2011);
- b) **Redução da capacidade do sangue de transportar oxigênio causada pelo monóxido de carbono (CO):** O monóxido de carbono é um gás incolor e inodoro que, quando liberado na atmosfera, reduz a capacidade do sangue de transportar oxigênio, podendo causar problemas respiratórios e cardiovasculares (CETESB, 2023);
- c) **Formação de smog fotoquímico causada pelos hidrocarbonetos (HC):** Os hidrocarbonetos são a parcela de combustível não queimado ou parcialmente queimado que é expelido pelo motor, bem como vapor de combustível emitido de diversos pontos do veículo ou expelido durante o abastecimento do tanque. Esses compostos reagem na atmosfera promovendo a formação do "smog" fotoquímico, que pode causar problemas respiratórios e irritação nos olhos (CETESB, 2023);
- d) **Problemas respiratórios causados pelo material particulado (MP):** O material particulado é composto por partículas sólidas e líquidas presentes na atmosfera, que podem ser inaladas e causar problemas respiratórios, como bronquite, asma e até mesmo câncer de pulmão (ESTADÃO, 2020);
- e) **Problemas neurológicos e câncer causados por metais pesados e dioxinas presentes no diesel:** O diesel contém metais pesados altamente nocivos que se acumulam no organismo humano e, depois de alguns anos, chegam a causar até mesmo males neurológicos. As dioxinas presentes no diesel são responsáveis por provocar as fortes dores de cabeça, distúrbios hormonais e câncer no aparelho respiratório (SOUZA, 2023).

4 TECNOLOGIAS ADOTADAS

No esforço global para mitigar a poluição atmosférica, a indústria automotiva tem investido em avançadas tecnologias para motores a diesel. Desde a calibração de motores para otimização da combustão até sistemas como EGR, DOC, DPF, SCR e regulagens de calibração de parâmetros dos motores que visam tratar e minimizar poluentes, há uma clara trajetória de inovação em busca de motores mais limpos. Essas tecnologias serão exploradas com mais detalhes a seguir.

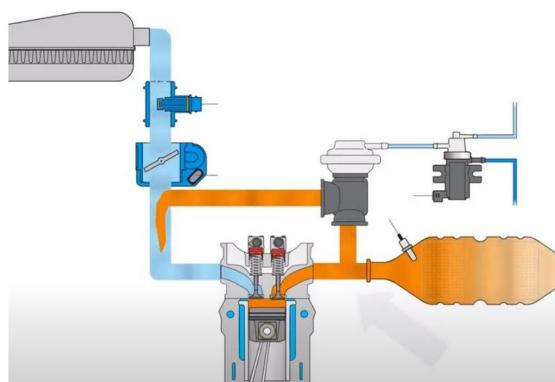
4.1. Sistema EGR

Conforme KSPG (2023), o sistema de Recirculação dos Gases de Escape (EGR) é aplicado em motores tanto diesel quanto a gasolina com o objetivo principal de minimizar a emissão de óxidos de nitrogênio (NOx). Neste processo, parte dos gases de escape é redirecionada dos cilindros para a admissão do motor através de uma válvula EGR. Isso diminui a concentração de oxigênio disponível para a combustão, o que leva a temperaturas mais baixas de combustão e, por consequência, à redução na formação de NOx. Em motores diesel, a diferença de pressão requerida para uma eficiente recirculação dos gases é alcançada utilizando-se flaps de controle no sistema de admissão, conforme figura 1. A quantificação da



recirculação é gerida por sensores de fluxo de massa de ar, que permitem o cálculo exato da quantidade de gases recirculados. O arrefecimento dos gases de escape antes da sua reinserção no motor é um passo crucial para a eficácia da redução de NOx, sendo para isso empregados radiadores EGR. O resfriamento dos gases de escape contribui para a diminuição adicional das temperaturas máximas de combustão, favorecendo uma redução ainda maior na formação de óxidos de nitrogênio.

Figura 1 – Sistema EGR



Fonte: KSPG, 2023

4.2. Sistema DOC

O Catalisador de Oxidação Diesel (DOC) é um componente pós-tratamento projetado para converter monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC) em dióxido de carbono (CO₂) e água. O DOC decompõe poluentes na corrente de escape de um motor diesel, ajudando a reduzir a matéria particulada (PM). É semelhante a um conversor catalítico em um carro, e tanto o monóxido de carbono quanto os hidrocarbonetos são convertidos no DOC para dióxido de carbono e vapor de água. Os gases de escape são otimizados para que possam atuar em outros sistemas no pós-tratamento, como a redução catalítica seletiva (SCR) ou o filtro de partículas diesel (DPF). O DOC também permite regeneração passiva adicional em sistemas DPF. O DOC com visto na figura 2, é um componente simples, barato e livre de manutenção, adequado para todos os tipos e aplicações de motores diesel (PERKINS, 2023).

Os catalisadores de oxidação de diesel reduzem partículas (PM) por meio de uma reação química que não requer limpeza ou manutenção. Em produção desde o

início dos anos 1990, os DOC foram personalizados para as demandas desafiadoras de equipamentos fora de estrada e restrições de espaço. Um DOC consiste em um revestimento catalítico sobre um substrato metálico para oxidação de partículas do escape. Opera em modo somente passivo, que não requer regeneração ativa nem ciclos de trabalho especiais (CUMMINS, 2023).

Figura 2 – Óxidos de Nitrogênio – Limite das Normas



Fonte: PERKINS, 2023

4.3. Sistema DPF

O Filtro de Partículas Diesel (DPF) é um dispositivo projetado para remover a matéria particulada ou fuligem do gás de escape de um motor a diesel. Após passarem pelo Catalisador de Oxidação Diesel (DOC), os gases de escape entram no DPF, onde as partículas de fuligem são capturadas e periodicamente queimadas em um processo chamado regeneração. Durante a regeneração, as partículas de fuligem são convertidas em dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O), reduzindo assim as emissões de poluentes. O DPF é composto por um filtro de parede de fluxo, geralmente feito de cordierita, que retém as partículas de fuligem enquanto permite a passagem dos gases de escape (PROD, 2021).

A eficiência do DPF na remoção de partículas depende da qualidade do combustível, pressão de injeção do diesel e temperatura de operação do motor. O uso de combustível com baixo teor de enxofre e a manutenção adequada do DPF são essenciais para garantir o seu bom funcionamento (PROD, 2021).

Durante a regeneração, o DPF pode atingir temperaturas muito altas, o que

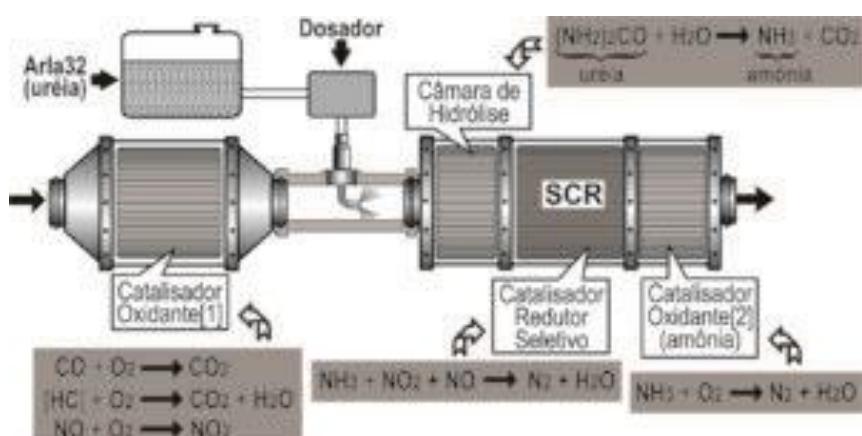


pode levar à formação de cinzas. Essas cinzas podem se acumular ao longo do tempo e reduzir a eficiência do DPF, exigindo uma limpeza ou substituição periódica do filtro. Para ajudar na regeneração do DPF, é recomendado que os veículos a diesel sejam conduzidos em estradas e rodovias que proporcionem uma condução constante em termos de quilometragem e alta velocidade, o que ajuda a atingir a temperatura ideal para a filtragem e regeneração das partículas de fuligem e cinzas (PROD, 2021).

4.4. Sistema SCR

O sistema de Redução Catalítica Seletiva (SCR) é um processo utilizado para reduzir as emissões de óxidos de nitrogênio (NOx) nos gases de escape de motores a diesel. Após passarem pelo Filtro de Partículas Diesel (DPF), os gases de escape entram no SCR, onde o NOx é reduzido a N₂ e H₂O com a ajuda de um reagente, como ureia (DEF, Arla 32, AdBlue). O reagente é injetado no catalisador SCR, onde ocorre uma reação química entre os gases resultantes da combustão do óleo diesel e o reagente, convertendo o NOx em nitrogênio puro e água, elementos que são inofensivos ao meio ambiente. O AdBlue, DEF, ARLA 32 é uma solução de ureia de alta qualidade que é fácil de usar para reduzir as emissões de NOx em veículos equipados com tecnologia SCR. A qualidade do agente de redução é importante para garantir a eficiência e a vida útil do catalisador SCR. A tecnologia SCR é usada desde 1957 na indústria e é a mais eficiente e econômica para atender aos requisitos de redução de Nox (ALVES, 2022).

Figura 2 – Sistema SCR



Fonte: Manavella, 2018



4.5. Calibração de motores

As emissões de gases por veículos automotores, especialmente aqueles movidos a diesel, têm impactos significativos na saúde pública e no meio ambiente, contribuindo para o aquecimento global, problemas respiratórios e outros problemas de saúde. Para atender às normas de emissão, é necessário utilizar várias estratégias durante a calibração dos motores.

Algumas das principais estratégias utilizadas na calibração de motores para reduzir as emissões de poluentes são:

- f) **Controle da temperatura dentro da câmara de combustão:** Quanto mais próximo de 2700K, maior a geração de NOx e mais eficiente o motor, porém o NOx é algo extremamente nocivo à saúde. Com a redução da temperatura, reduz-se o NOx, porém inicia a geração de materiais particulados com temperaturas próximas a 1600K (PEDROZA, 2019);
- g) **Melhoria da eficiência do motor:** A melhoria da eficiência do motor pode reduzir as emissões de poluentes, pois um motor mais eficiente consome menos combustível e emite menos gases poluentes (PEDROZA, 2019);
- h) **Uso de tecnologias de controle de emissões:** A utilização de tecnologias de controle de emissões, como o sistema de recirculação de gases de escape (EGR), o catalisador, o filtro de partículas e o sistema de injeção de ar, pode reduzir significativamente as emissões de poluentes (PEDROZA, 2019).

5 TENDÊNCIAS FUTURAS

A fase P8 do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) no Brasil e a norma EURO 7 na Europa marcam um passo significativo na mitigação das emissões de veículos, estabelecendo limites mais severos para a liberação de poluentes. Iniciada em 1986, a evolução do PROCONVE culmina na fase P8, que impõe para veículos pesados uma redução de 80% na emissão de óxidos de nitrogênio (NOx) e 50% em Material Particulado (MP) em comparação com a fase P7, com previsão de implementação em 2022. Essas medidas refletem um esforço conjunto para melhorar a qualidade do ar e assegurar um futuro ambientalmente sustentável (CETESB, 2023).

A EURO7 representa o próximo marco na regulamentação de emissões veiculares na Europa, delineando limites de emissão ainda mais restritos, especialmente para veículos a diesel. A implementação desta fase está programada



para os próximos anos, com previsão de entrada em vigor na metade da década, embora os pormenores da legislação continuem em discussão, sujeitos a possíveis ajustes prévios à sua finalização. Em meio à busca por equilibrar custos e eficácia ambiental, a EURO7 sinaliza uma transição para normas ambientais cada vez mais exigentes na Europa, inclusive com a perspectiva de futura restrição ou eliminação dos veículos a diesel, alinhada com os compromissos do Acordo de Paris para uma mobilidade mais limpa e sustentável (GOMES, 2022).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As regulamentações atuais direcionam o mercado automotivo, especialmente o segmento de veículos movidos a diesel, para uma era de intensas inovações tecnológicas visando a redução de emissões de poluentes. Tecnologias como a Recirculação de Gases de Escape (EGR) e sistemas avançados de pós-tratamento de exaustão, incluindo filtros de partículas diesel (DPF), catalisadores de oxidação diesel (DOC) e sistemas de redução catalítica seletiva (SCR), tornaram-se indispensáveis. Tais sistemas são projetados para trabalhar em conjunto, diminuindo eficazmente a presença de NOx e material particulado, contribuindo assim para uma combustão mais limpa e cumprimento das normas ambientais.

Além disso, a pressão para atender às exigências legais impulsiona a pesquisa e o desenvolvimento de combustíveis alternativos e motores com eficiência energética melhorada. A adoção de biocombustíveis, a otimização da combustão interna e a eletrificação parcial ou total dos veículos são caminhos que estão sendo explorados para alcançar emissões mais baixas. Esses avanços tecnológicos, em resposta às legislações de emissões, não apenas beneficiam o meio ambiente, mas também promovem a saúde pública, mitigando o impacto da poluição originada pelo setor de transporte.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Édler Lins de. Impactos da evolução da política ambiental brasileira no controle da emissão de poluentes por fontes veiculares. [S. I.], 1 out. 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/318381119>. Acesso em: 22 set. 2023.



ALVES, Ana Julia. **Sistema SCR: desvendando a redução catalítica seletiva em motores diesel.** [S. I.], 25 jul. 2022. Disponível em: <https://chiptronic.com.br/blog/sistema-scr-desvendando-reducao-catalitica-seletiva-em-motores-diesel>. Acesso em: 27 set. 2023.

ANDRÉ, Paulo Afonso de; VORMITTAG, Evangelina da M. P. A. de Araujo; DELGADO, Juliana Aparecida da Silva; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento. P215 – Avaliação dos Impactos na Saúde Pública e sua Valoração Devido à Implementação do Gás Natural Veicular na Matriz Energética de Transporte Público – Ônibus e Veículos Leves em Seis Regiões Metropolitanas no Brasil. – Ciclo 2016/2017. [S. I.], 13 jul. 2016. Disponível em: <http://www.arsesp.sp.gov.br/RegistroTecnicoProjetos/comgas/Projeto-215-COMGAS.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2023.

BERNARDO DO CAMPO, S. Estudo experimental da condensação de água no sistema de recirculação dos gases de exaustão (EGR) em um motor diesel frente às suas emissões. [S.I.], [s.n.], 2023. Disponível em: <https://repositorio-api.fei.edu.br/server/api/core/bitstreams/5ff18131-fbf9-4763-87ef-30a74b112e04/content>. Acesso em: 10 abr. 2023.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros. [S. I.], 1 abr. 2011. Disponível em: https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_1606.pdf. Acesso em: 1 nov. 2023.

CETESB, Governo do Estado de São Paulo. Emissão Veicular. [S. I.], 4 jul. 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/proconve/>. Acesso em: 17 ago. 2023.

CUMMINS, Motores. Fundamentos do sistema e de pós-tratamento para tecnologias essenciais. [S. I.], 24 fev. 2023. Disponível em: <https://www.cummins.com/pt/components/aftertreatment/system-fundamentals>. Acesso em: 19 set. 2023.

EMISSIONS technology. [S. I.], 19 abr. 2023. Disponível em: https://www.perkins.com/en_GB/products/emissions-technology/emissions-technology/diesel-oxidation-catalyst.html. Acesso em: 25 set. 2023.

ESTADÃO, O Estadão Summit Mobilidade. Automóveis são principais emissores de gases poluentes. [S. I.], 15 jan. 2020. Disponível em: <https://summitmobilidade.estadao.com.br/ir-e-vir-no-mundo/automoveis-sao-a-principal-fonte-de-emissao-de-gases-poluentes/>. Acesso em: 28 jul. 2023.

FAÇANHA, Tim Dallmann e Cristiano. Riscos ambientais da dieselização dos veículos leves. [S. I.], 1 mar. 2016. Disponível em: https://theicct.org/sites/default/files/Brazil%20LDV%20Diesel%20White%20paper_PG_vFinal.pdf. Acesso em: 25 out. 2023.

GEORGES, Simone; MIRAGLIA, El Khouri. Avaliação dos custos econômicos, ambientais e de saúde



pública devido ao uso de mistura diesel/etanol estabilizada por um aditivo comercial na cidade de São Paulo, Brasil. [S. I.], 2 maio 2006. Disponível em: <https://cadernos.ensp.fiocruz.br/ojs/index.php/csp/article/view/3322/6717>. Acesso em: 1 nov. 2023.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores. Coleção Meio Ambiente. Série Diretrizes — Gestão Ambiental, n.º 3. ed. [S. I.], 18 jan. 2011. Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/emissoes/arquivos/manual%20proconve%20promot_portugues.pdf. Acesso em: 18 set. 2023.

IPEIA, 2011. Poluição Veicular Atmosférica. No 313. Disponível em: <www.cnt.org.br/Imagens%20CNT/.../comunicado_ipea220911.pdf>. Acesso em 17 jun. 2023.

GOMES, Fernando. **Euro 7 foi finalmente anunciada. O que mudou?**. [S. I.], 10 nov. 2022. Disponível em: <https://www.razaoautomovel.com/noticias/emissoes-euro-7-o-que-mudou/>. Acesso em: 2 nov. 2023.

KSPG, Automotive Brazil Ltda. **Recirculação dos gases de escape arrefecidos**. [S. I.], 16 maio 2023. Disponível em: https://www.ms-motorservice.com.br/pt_br/tecnipedia/recirculacao-dos-gases-de-escape-arrefecidos-1160. Acesso em: 6 nov. 2023.

MANAVELLA, Humberto. **Como funciona o SCR – Catalisador Seletivo Redutor**. [S. I.], 18 jan. 2018. Disponível em: <https://www.mte-thomson.com.br/scr-catalisador-seletivo-redutor/>. Acesso em: 30 out. 2023.

MILLER, Josh; POSADA, Francisco. Norma proconve p-8 de emissões no brasil. [S. I.]: INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION, 6 fev. 2019. Disponível em: https://theicct.org/sites/default/files/publications/P8_emission_Brazil_policyupdate_20190227.pdf. Acesso em: 27 jul. 2023.

PEDROZA, BRUNO CAMPOS. ANÁLISE DOS MÉTODOS DE CONTROLE E REDUÇÃO DOS POLUENTES EMITIDOS PELOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA NO BRASIL. [S. I.], 17 dez. 2019. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/16024/Projeto%20de%20Gradua%E7%E3o%20-%20David%20Telerman%20-%20David%20Telerman%20Pacheco%20Pereira.pdf;jsessionid=76DE4EB037AA3EFB1DC242899273D7E6?sequence=1>. Acesso em: 19 set. 2023.

PERKINS, Engine. Emissions technology. [S. I.], 19 abr. 2023. Disponível em: https://www.perkins.com/en_GB/products/emissions-technology/emissions-technology/diesel-oxidation-catalyst.html. Acesso em: 25 set. 2023.

PROD, Aditivos. **Filtro DPF, entenda como funciona e os principais cuidados**. [S. I.], 4 jun. 2021. Disponível em: <https://prodaditivos.com.br/filtro-dpf/>. Acesso em: 29 set. 2023.



RAC, Motoring Services. Euro 1 to Euro 6 guide – find out your vehicle's emissions standard. [S. I.], 23 out. 2023. Disponível em: <https://www.rac.co.uk/drive/advice/emissions/euro-emissions-standards/>. Acesso em: 26 set. 2023.

SANTOS, JÉSSICA CRISTINA DIAS DOS. ESTUDO EXPERIMENTAL DA EMISSÃO DE POLUENTES EM UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA DIESEL-GÁS. [S. I.], 23 jul. 2015. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10263/3/CT_COEME_2015-1_04.pdf. Acesso em: 16 out. 2023.

SOUZA, Líria Alves de Souza. Álcool, Gasolina ou Diesel: qual é o maior poluente?. [S. I.], 13 jun. 2023. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/alcool-gasolina-ou-diesel-qual-maior-poluente.htm>. Acesso em: 4 set. 2023.



Esta obra está licenciada com Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.
[Recebido/Received: 07 Maio 2024; Aceito/Accepted: 10 Junho 2024]