

**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Minas Gerais
Campus Bambuí

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS – *CAMPUS BAMBUÍ***
**MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA
AMBIENTAL**

ROBSON DE LIMA SILVA

**REDUÇÃO DE EMISSÕES AUTOMOTIVAS NO CONTEXTO DO PROGRAMA
CONAMA PROCONVE L7**

Bambuí - MG

2023

ROBSON DE LIMA SILVA

**REDUÇÃO DE EMISSÕES AUTOMOTIVAS NO CONTEXTO DO PROGRAMA
CONAMA PROCONVE L7**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – IFMG – Campus Bambuí, como requisito final para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Dr. Carlos Fernando Lemos - UFV
– Campus Florestal/MG

Linha de pesquisa: Planejamento e Gestão ambiental

Projeto estruturante: Gestão de Águas, Efluentes e Resíduos Sólidos

Bambuí - MG

2023



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação
Seção de Pós-Graduação
Av. Professor Mário Werneck, 2590 - Bairro Buritis - CEP 30575-180 - Belo Horizonte - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

PARECER Nº 9

FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada "REDUÇÃO DE EMISSÕES AUTOMOTIVAS NO CONTEXTO DO PROGRAMA CONAMA PROCONVE L7", de autoria do mestrando em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, Robson de Lima Silva, sob a orientação do prof. Dr. Carlos Fernando Lemos, aprovado pela Banca Examinadora de Defesa, em 14/06/2023, com a média de 75,0 pontos.

Bambuí (MG), 14 de junho de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Henrique Martins Pereira**, Usuário Externo, em 16/06/2023, às 08:30, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Fernando Lemos**, Usuário Externo, em 16/06/2023, às 09:09, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Robson Lima registrado(a) civilmente como Robson de Lima Silva**, Usuário Externo, em 16/06/2023, às 13:55, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Sousa Cavalcanti**, Professor, em 21/06/2023, às 20:42, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador 1583824 e o código CRC 17CC6674.

Criado por [ronaldo.barbosa](#), versão 3 por [ronaldo.barbosa](#) em 16/06/2023 07:27:04.

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

S586r Silva, Robson de Lima.
Redução de emissões automotivas no contexto do programa Conama Proconve L7. / Robson de Lima Silva. – Bambuí, 2023.
66 f.: il.; color.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Fernando Lemos.
Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2023.

1. Emissões. 2. Proconve. 3. Efeito estufa. I. Lemos, Carlos Fernando. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 628.53

Elaborada por Douglas Bernardes de Castro- CRB-6/2802

Dedico este trabalho em primeiro lugar a Mãe natureza.

A minha família

E ao Instituto Federal de Minas Gerais campus Bambuí

AGRADECIMENTOS

A Deus toda a glória, por me dar sabedoria e todas as condições para conseguir realizar esse trabalho.

Aos meus pais que onde estiverem são o alicerce para que eu esteja hoje vivendo este momento Roberto e Conceição. Aos meus irmãos Simone, Roberto, Rondinely e Rodrigo pela confiança e especialmente à minha esposa Camila aos meus filhos Otto e Apolo que são meu porto seguro.

Um agradecimento especial ao meu irmão Prof. Ricardo Lima que me estendeu as mãos durante a jornada do mestrado com boas sugestões, dicas e principalmente incentivos que fortaleceram para chegar até o final.

Ao meu orientador, Professor Carlos Fernando Lemos, pelos ensinamentos e pelo exemplo como profissional educador, qualificado para tal e pela seriedade com que conduziu todo o processo de suporte não só para a conclusão desse trabalho.

Aos professores e demais colaboradores do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do IFMG – *Campus* Bambuí, pela competência, apoio e ensinamentos.

Aos colegas do Mestrado, pelos momentos vividos e experiências compartilhadas.

“Quando tivermos consciência de que a palavra semelhante quer dizer semelhante mesmo, nós nos respeitaremos melhor.”

(Dr. Enéas Carneiro)

RESUMO

As mudanças climáticas associadas às atividades humanas com o aumento da emissão de gases de efeito estufa (GEE) tem como principal origem a queima de combustíveis fósseis. Os países têm adotado medidas para redução dessas emissões de GEE em suas frotas de veículos automotores, com a aplicação de tecnologias e regulamentações obrigatórias para os fabricantes. No Brasil o controle da poluição por fontes móveis iniciou-se com o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) em 1986. Atualmente, o programa está em sua sétima fase o PROCONVE L7, que estabelece limites de emissões de hidrocarbonetos (HCs) e compostos orgânicos voláteis (COVs) mais rígidos para veículos leves, tem como meta a redução de 500 mg/ dia - teste 48h sendo que o programa anterior PROCONVE L6 eram de 1500 a 2000 mg/dia – teste 48h distribuídos em três sistemas sendo eles polímeros externos (250 mg), sistema de combustível (150 mg) e motor (100 mg). O objetivo deste trabalho foi verificar as possibilidades de redução de emissões de poluentes que aumentam o efeito estufa especificadas no programa de controle da poluição do ar por veículos automotores movidos por combustíveis fósseis, na fase 7 (PROCONVE L7), analisando um sistema redução de emissões evaporativas automotivas. A redução contribui com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável - ODS de número treze, o qual se refere as ações contra a mudança global do clima. Um dos componentes essenciais do sistema de controle de emissões evaporativas é o canister que consiste em uma carcaça de plástico que contém carbono de alta capacidade superficial de material adsorvente capaz de adsorver uma quantidade de HCs e COVs. Dentro do sistema de combustível o canister tem como especificação de emissão máxima de 30 mg de emissões. O nível de redução de HCs e COVs com a aplicação do canister PROCONVE L7 foi mensurado através de testes em laboratório em três canister's para atendimento a norma NBR 11481 utilizando uma câmara para determinação de evaporações voláteis ou *selling housing emissions determination* (SHED). Como resultado o canister de número 1 obteve um resultado de 23,7 mg emitidas em 48h de teste, este resultado demonstrou uma eficiência superior sobre especificação do PROCONVE L7. As análises sobre a quantidade de veículos da categoria de veículos hatch a qual o canister 1 é aplicado, emplacados no Brasil em 2022 multiplicado em primeiro momento sobre as especificações de emissões para o PROCONVE L7 e posteriormente pelo valor real obtido nos testes do canister 1. Ao final do estudo foi confirmado a eficácia da aplicação do elemento canister em veículos automotores para a redução de emissões. Os resultados obtidos para o canister estudado apresentaram uma eficiência acima do esperado no PROCONVE L7.

Palavras-chave: Emissões; Proconve; Efeito estufa; Clima.

ABSTRACT

Climate change associated with human activities with increased emission of greenhouse gases (GHG) has as its main origin the burning of fossil fuels. Countries have adopted measures to reduce these GHG emissions in their fleets of motor vehicles, with the application of mandatory technologies and regulations for manufacturers. In Brazil, the control of pollution from mobile sources began with the Air Pollution Control Program for Motor Vehicles (PROCONVE) in 1986. Currently, the program is in its seventh phase, PROCONVE L7, which establishes limits for hydrocarbon emissions (HCs) and more rigid volatile organic compounds (VOCs) for light vehicles, has as its target a reduction of 500 mg/day - 48h test, whereas the previous PROCONVE L6 program was 1500 to 2000 mg/day - 48h test distributed in three systems being external polymers (250 mg), fuel system (150 mg) and engine (100 mg). The objective of this work was to verify the possibilities of reducing emissions of pollutants that increase the greenhouse effect specified in the air pollution control program by motor vehicles powered by fossil fuels, in phase 7 (PROCONVE L7), analyzing an emission reduction system automotive evaporators. The reduction contributes to the Sustainable Development Goal - SDG number thirteen, which refers to actions against global climate change. One of the essential components of the evaporative emissions control system is the canister, which consists of a plastic housing containing high surface capacity carbon adsorbent material capable of adsorbing a number of HCs and VOCs. Within the fuel system, the canister has a maximum emission specification of 30 mg of emissions. The level of reduction of HCs and VOCs with the application of the PROCONVE L7 canister was measured through laboratory tests in three canisters to comply with the NBR 11481 standard using a chamber for the determination of volatile evaporations or selling housing emissions determination (SHED). As a result, canister number 1 obtained a result of 23.7 mg emitted in 48 hours of testing, this result demonstrated a superior efficiency over the specification of PROCONVE L7. The analyzes on the number of vehicles in the hatch vehicle category to which canister 1 is applied, licensed in Brazil in 2022 multiplied first on the emission specifications for PROCONVE L7 and later on by the actual value obtained in the canister 1 tests. At the end of the study, the effectiveness of applying the canister element in motor vehicles to reduce emissions was confirmed. The results obtained for the studied canister presented an efficiency above the expected in PROCONVE L7.

Keywords: Emissions; Proconve; Greenhouse effect; Climate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Emissões e aquecimento esperados até o ano 2100.....	23
Figura 2 - Esquema ilustrativo do efeito estufa.....	24
Figura 3 - Escopos de Emissões de GEE pelo <i>GHG Protocol</i>	27
Figura 4 - Conceito básico do ORVR.....	32
Figura 5 - Fontes de emissões automotivas.....	33
Figura 6 - Esquema ilustrativo do sistema de adsorção do canister.....	34
Figura 7 - Esquema ilustrativo do sistema de purga do canister.....	35
Figura 8 - Esquema ilustrativo do sistema de dessorção do canister e queima dos HC's adsorvidos.....	36
Figura 9 - Componentes do sistema ORVR.....	36
Figura 10 - Distribuição de emissões por sistemas.....	37
Figura 11 - Câmara SHED montada para teste.....	39
Figura 12 - Câmara SHED montada para teste em tanque de combustível completo.....	39
Figura 13 - Ilustração do fluxo do fluido para realização do teste do canister.....	41
Figura 14 - Representação gráfica das duas fases de funcionamento do canister, adsorção e dessorção.....	42
Figura 15 - Desenho esquemático do processo nas fases de adsorção e dessorção.....	42
Figura 16 - Dispositivo de bancada para teste de dessorção em queda de pressão.....	43
Figura 17 - Canister 01 - taxas de emissões de hidrocarbonetos.....	44
Figura 18 - Canister 2 - Gráfico das taxas de emissões de hidrocarbonetos.....	44
Figura 19 - Gráfico das taxas de emissões de hidrocarbonetos.....	45
Figura 20 - A variação da pressão ΔP representa um aumento no fluxo do fluido em L/h.....	46
Figura 21 - Fluxo do sistema de adsorção e dessorção do canister.....	47
Figura 22 - Emplacamentos veículos Hatch pequenos em 2022 a 2023 até o mês de abril.....	48
Figura 23 - Emissões distribuídas por sistema nas especificações PROCONVE L6 e L7.....	49
Figura 24 - Estimativa missões evaporativas veiculares no ano de 2021 conforme especificação PROCONVE L6.....	49
Figura 25 - Estimativa emissões evaporativas veiculares no ano de 2022 e 2023 até abril conforme especificação PROCONVE L7.....	50
Figura 26 - Emissões evaporativas veiculares no ano de 2022 e 2023 até abril conforme resultado dos testes para o canister em atendimento ao PROCONVE L7.....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fatores propiciam a geração de vapor de combustível.	34
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução das fases do PROCONVE.....	30
Tabela 2 - Resumo dos resultados dos testes do canister 01 em 48h.	47

LISTA DE SIGLAS

COV – Composto orgânicos voláteis

CFC – Clorofluorcarbono

CH₄ – Metano

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CO₂ - Dióxido de carbono

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

EPA - Environmental Protection Agency

GEE – Gases de efeito estufa

GPC - Global Protocol for Community

IPCC - Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis

ORVR - Onboard Refueling Vapor Recovery

ONU - Organização das Nações Unidas

N₂O – Óxido Nitroso

SHED - Câmara Selada

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

WRI - World Resources Institute

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	JUSTIFICATIVA	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
4	OBJETIVOS	22
5	REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
5.1	Efeito Estufa.....	24
5.2	Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa.....	26
5.3	Poluição de origem automotiva.....	27
5.4	Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores (PROCONVE)	30
5.5	Respiro do sistema de alimentação de combustível dos veículos automotores a combustão (CANISTER).....	31
6	MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
6.1	Teste do sistema Canister ORVR para emissões evaporativas	40
6.2	Procedimento do teste emissões	40
6.2.1	Ensaio de Queda de Pressão (<i>Pressure Drop</i>).....	40
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
7.1	Testes de emissões de VOC e HC em câmara SHED	43
7.2	Queda de pressão.....	45
7.3	Resultados de emissões diurnas	46
7.4	Discussão.....	47
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
9	REFERÊNCIAS	54
10	ANEXO	61
11	APÊNDICE – PRODUTO TÉCNICO TECNOLÓGICO (PTT).....	63

1 INTRODUÇÃO

O principal marco de universalização do debate em torno dos temas ecológicos ocorreu com a Conferência de Estocolmo, oficialmente denominada de “Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano”. Foi realizada na Suécia, em 1972 e representou o primeiro grande encontro organizado pela ONU para a discussão específica dos problemas ambientais que assolavam o mundo em plena Guerra Fria. Estas questões extrapolavam as fronteiras nacionais, situação que demonstrava a necessidade de uma ação conjunta entre os diversos países atingidos para a busca de soluções (DIAS, 2017). Vinte anos depois, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD/UNCED), também conhecida como Rio-92, aconteceria com o foco na melhoria das condições ambientais, onde foram avaliadas a efetividade das ações concordadas na conferência de Estocolmo e novas intenções foram debatidas e concordadas entre os países participantes.

Essa Conferência foi também chamada de “Cúpula da Terra”, pois representou o maior encontro internacional de cúpula de todos os tempos, com a participação de 175 países e 102 chefes de estado e de governo. Ela ficou conhecida como ECO-92 ou, simplesmente, Rio-92. O maior e mais importante documento gerado na Rio-92 foi a “Agenda 21”. Trata-se de um volume composto de 40 capítulos com mais de 800 páginas, um detalhado programa de ação em matéria de meio ambiente e desenvolvimento. Nele constam tratados em muitas áreas que afetam a relação entre o meio ambiente e a economia, como: atmosfera, energia, desertos, oceanos, água doce, tecnologia, comércio internacional, pobreza e população (GADOTTI,2003). Nesse contexto, Rocha *et al.*, (2013) enfatizam que as mudanças climáticas estão diretamente ligadas ao petróleo e gás, e que os combustíveis fósseis são um ponto central na discussão entre recursos energéticos, desenvolvimento e impactos ambientais.

Segundo McMurry (2008), os combustíveis fósseis são constituídos pelo petróleo, pelo gás natural e pelo carvão mineral, o petróleo é formado por uma complexa mistura de hidrocarbonetos, que são destilados de forma fracionada. Ainda segundo o autor, a era do petróleo se iniciou em agosto de 1859, quando foi perfurado o primeiro poço, em Titusville, na Pensilvânia. O produto buscado era o querosene, utilizado para iluminação. A gasolina não recebeu importância neste momento, pois era muito volátil, não servindo, portanto, para utilização na iluminação. A utilização de combustíveis fósseis pela humanidade, particularmente o carvão mineral, remonta a milhares de anos. A revolução industrial, iniciada

na Inglaterra, no século XVIII, aumentou a necessidade de abastecimento energético das indústrias e a exploração e extração de carvão mineral disparou (BAIRD E CANN, 2011)

Nos centros urbanos as emissões de gases GEE tem como principal fonte a queima de combustíveis fósseis pela frota de veículos, principalmente a gasolina e o diesel. O setor de transporte é responsável por cerca de 20% das emissões globais de CO₂, que é um dos principais gases causadores do efeito estufa, sem considerar a emissão de outros gases que também são nocivos ao meio ambiente (IZUMI, MARCIO YOSHIDA, 2012).

As emissões, devido à grande variedade de substâncias tóxicas e ao processo de combustão e queima incompleta do combustível, são compostas de gases como: óxidos de carbono (CO e CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HCs), dentre os quais estão alguns considerados cancerígenos, óxidos de enxofre (SO_x), partículas inaláveis (MP₁₀), entre outras substâncias, provocando diversos efeitos negativos sobre a saúde (GUARIEIRO, 2011; DRUMM et al., 2013).

Oito países ou regiões e estados de diversos países propuseram ou já estabeleceram limites de consumo ou de emissões de GEE por veículos: Estados Unidos (Federação e estado da Califórnia), União Europeia, Japão, Canadá, China e Coreia do Sul (NA *et al.*, 2007). O controle da poluição por fontes móveis no Brasil iniciou-se com o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) em 1986 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2018). A partir de 1995, o controle da emissão de gases poluentes pelo escapamento de veículos foi intensificado. Atualmente, o programa está em sua sétima fase e, estabelece limites de emissões mais rígidos para veículos pesados, exigindo que tenham novas tecnologias (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2022).

Uma estimativa completa da emissão de gases de efeito estufa por veículos deve levar em conta a análise do ciclo de vida dos combustíveis utilizados nos veículos conhecida como *well-to-wheel analysis* (WTW). Isso inclui a emissão devido a produção, processamento, estocagem, transporte e distribuição dos combustíveis *upstream emission*, e as emissões devidas à combustão em si *downstream emissions* (BORSARI, 2010).

Em uma análise mais completa as emissões diretas de GEE por veículos automotores incluem também o ozônio presente na atmosfera (indireta). O ozônio, que também é um gás de efeito estufa, é formado na atmosfera através da reação fotoquímica de poluentes convencionais emitidos pelos veículos, principalmente NO_x e compostos orgânicos voláteis (COV's) (BORSARI, 2010).

As emissões evaporativas são hidrocarbonetos – COV's (Compostos Orgânicos Voláteis) que escapam para a atmosfera devido à evaporação. As emissões evaporativas contêm componentes aromáticos, como o benzeno, que são os poluentes atmosféricos perigosos. A emissão dos COV's é um fator determinante na formação de ozônio na atmosfera dos grandes centros urbanos (SZWARC et al. 2014; ALFRED,2014).

As fontes emissoras das COV's são divididas em duas categorias: combustíveis (tanque, linhas de combustível e conectores, vedações, tubo de enchimento do tanque de combustível, tampa, canister e sistema de admissão de ar) e não combustíveis (pneus, pintura, plásticos e adesivos). As emissões evaporativas automotivas baseadas em combustível ocorrem durante o reabastecimento *refueling*, devido ao deslocamento de combustível líquido ou durante o movimento devido à transferência de calor do motor, exaustão, pavimento dentre outras (MECA,2009). Uma alternativa custo-efetiva e de eficácia comprovada para a redução da emissão de COV's durante o abastecimento é a adoção da tecnologia de Recuperação de Vapores de abastecimento conhecida internacionalmente *como Onboard Refueling Vapor Recovery* (ORVR) (SZWARC, 2014).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi verificar as possibilidades de redução de emissões de poluentes que aumentam o efeito estufa especificadas no âmbito do programa de controle da poluição do ar por veículos automotores movidos por combustíveis fósseis fase 7 (PROCONVE L7), comparando com um sistema redução de emissões evaporativas automotivas. A dissertação é dividida em seis capítulos, divididos em: Capítulo 2: Justificativa; Capítulo 3: Revisão bibliográfica; Capítulo 4: Objetivos; Capítulo 5: Referencial teórico; Capítulo 6: Materiais e métodos Capítulo 7: Resultados e discussões e Capítulo 8: Considerações finais.

2 JUSTIFICATIVA

A emissões veiculares causam impacto direto ao alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS) especificamente no objetivo treze, ações contra a mudança global do clima (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2023). O PROCONVE L7 entrou em vigor partir janeiro de 2022 e a Legislação Brasileira seguiu-o mesmo nível da legislação dos EUA nível II, desta forma o Brasil terá padrões de emissão evaporativa de classe mundial. O nível de emissões evaporativas passou a ser de 500 mg / dia de teste em 48h e limites de emissões no reabastecimento 50 mg/ litro de combustível (BRASIL, 2018).

As emissões evaporativas HCs e COVs escapam para a atmosfera devido à evaporação. As emissões evaporativas contêm componentes aromáticos, como o benzeno, que são os poluentes atmosféricos perigosos. A emissão dos COV's e HCs é um fator determinante na formação de ozônio na atmosfera dos grandes centros urbanos (SZWARC et. al. 2014; ALFRED, 2014).

As fontes emissoras das COV's e HCs são divididas em duas categorias: combustíveis (tanque, linhas de combustível e conectores, vedações, tubo de enchimento do tanque de combustível, tampa, canister e sistema de admissão de ar) e não combustíveis (pneus, pintura, plásticos e adesivos). As emissões evaporativas automotivas baseadas em combustível ocorrem durante o reabastecimento (*refueling*), devido ao deslocamento de combustível líquido ou durante o movimento devido à transferência de calor do motor, exaustão, pavimento dentre outras (MECA, 2009).

Durante o período onde o veículo está estacionado também ocorrem emissões evaporativas em três situações: primeiro por “Hot Soak” devido à transferência de calor do motor e escape imediatamente após o desligamento do motor, depois devido à expansão do vapor no tanque pelo o aumento da temperatura diurna e por fim devido a permeação/ vazamento (difusão de vapor através dos materiais, borracha e plástico) (MECA, 2009).

O PROCONVE L7 tem como meta a redução de 500 mg/ dia - teste 48h sendo que o sistema PROCONVE L6 eram de 1500 a 2000 mg/dia – teste 48h distribuídos em três sistemas sendo eles polímeros externos (250 mg), sistema de combustível (150mg) e motor (100mg) (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2018). Um dos componentes essenciais do sistema de controle de emissões evaporativas é o canister que consiste em uma carcaça de plástico que contém carbono de alta capacidade superficial de material adsorvente capaz de adsorver uma quantidade de HCs e COVs. Dentro do sistema de combustível o canister tem como especificação de emissão máxima de 30mg.

A meta de redução do Proconve L7 define limites máximos de emissões para os sistemas, limite este que deve ser atendido por um canister conforme seu dimensionamento. A emissão real será medida em laboratório e o resultado real multiplicado pela categoria de veículos Hatch que são os mais emplacadas no Brasil, sendo que o limite máximo não pode ser ultrapassado o canister seja aprovado.

Os projetos de engenharia normalmente seguem dimensionamentos com margem de segurança, sendo assim o produto canister deve apresentar uma redução menor do que o máximo da especificação e o ganho em redução de emissões maior do que se espera o PROCONVE L7. A aplicação do canister dentro dos padrões do PROCONVE L7 possui um efeito imediato na redução de emissões automotivas por se tratar de um produto que uma vez em funcionamento inicia de imediato a sua função despoluidora. Desta forma, justifica-se a relevância em pesquisar o tema proposto, no sentido de contribuir com a redução de emissões dos veículos e para a redução do efeito estufa.

Apesar do grande movimento de eletrificação automotiva, essa tendência vem sendo questionada levando ao aumento de tecnologias híbridas, as quais mantêm o motor a combustão nos veículos. Desta forma, justificamos a necessidade de abordagem da redução das emissões desses motores, considerando também a grande frota existente e em fabricação no mundo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica é aplicada para busca e análise de artigos de uma determinada área específica, podendo ser utilizada para um grande volume de publicações em diversas áreas, o que justifica a sua aplicação como metodologia científica diferenciada de seleção e análise (GIL, 2002). De acordo com Galvão (2019), a revisão bibliográfica compreende trabalhos publicados que oferecem um exame da literatura abrangendo assuntos específicos. De acordo com o autor, por meio dessa metodologia é possível encontrar diversos trabalhos que apresentam diferentes abordagens.

A revisão foi elaborada por meio de busca de trabalhos já publicados em revistas, fóruns, universidades, livros e revistas a nível nacional e internacional buscando o embasamento do tema da pesquisa. Foram utilizados os sites acadêmicos Google Acadêmico, SciELO e Science. Também foram realizadas consultas da legislação correspondente ao produto em estudo, em dados testes realizados em produtos das versões anteriores a fase PROCONVE L7, bem como contato com a secretaria de desenvolvimento e sustentabilidade do município de Betim-MG buscando dados atualizados acerca do inventário GEE mais atualizado (PROGRAMA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES, 2021). Foram utilizadas as seguintes palavras-chaves: “Efeito estufa”; “combustíveis fósseis” "emissões automotivas" e "PROCONVE".

A revisão teve como recorte temporal entre os anos de 2012 e 2022 e resultou em sete categorias de trabalhos, conforme os principais temas abordados. A categoria "Análise e monitoramento de emissões veiculares” se destacou com 8 trabalhos (IZUMI, 2012; DRUMM et al., 2014; ANDRADE-CASTAÑEDA; ARTEAGA-CÉSPEDES; SEGURA-MADRIGAL, 2017; SALVO JUNIOR; SOUZA, 2017; SZWARC et al., 2014; MIGUEL, 2021; BRANCO et al., 2021; SICILIANO et al., 20220).

Observa-se que o tema “Análise e monitoramento de emissões veiculares” é bastante discutido globalmente com várias propostas para redução de emissões de gases de efeito estufa por queima de combustíveis fósseis tanto automotiva quanto em outros processos que se utilizam desta fonte de energia. Também se verificou que as ações brasileiras para redução de emissões veiculares ainda que bem delineadas por meio do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), elaborado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), apresentam grandes possibilidades de melhorias, se comparadas em relação as ações já implementadas em outros países (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2018).

A categoria "PROCONVE" concentrou 5 trabalhos (LEIRIÃO; ABE; MIRAGLIA, 2018; MILLER; POSADA, 2019; GALDINO, 2021; FERREIRA, LOPES E BALES, 2010; SARRACINI; MIYASHITA; CARVALHO, 2019). As categorias "Análise de sistemas de evaporação veiculares" (MIKERIN, TER-MKRTICH'YAN e GLAVIZNIN, 2021), "Emissões de CO₂ e mercado de carbono" (VITAL, 2018), "Emissões veiculares: impactos para saúde e meio ambiente" (TORRES et al., 2020), "GEE" (STEPANOV; MAKAROV, 2020) e "Mudança climática" (WUEBBLES; JAIN, 2021) concentraram um trabalho cada uma.

Do ponto de vista metodológico, a revisão bibliográfica permitiu melhor visão do problema a ser discutido, mostrando que a necessária redução de emissões de gases de efeito estufa pode ser beneficiada por meio da implementação do novo sistema canister, no contexto do PROCONVE L7.

4 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi verificar as possibilidades de redução de emissões de poluentes que aumentam o efeito estufa especificadas no âmbito do programa de controle da poluição do ar por veículos automotores movidos por combustíveis fósseis fase 7 (PROCONVE L7), comparando com um sistema redução de emissões evaporativas automotivas.

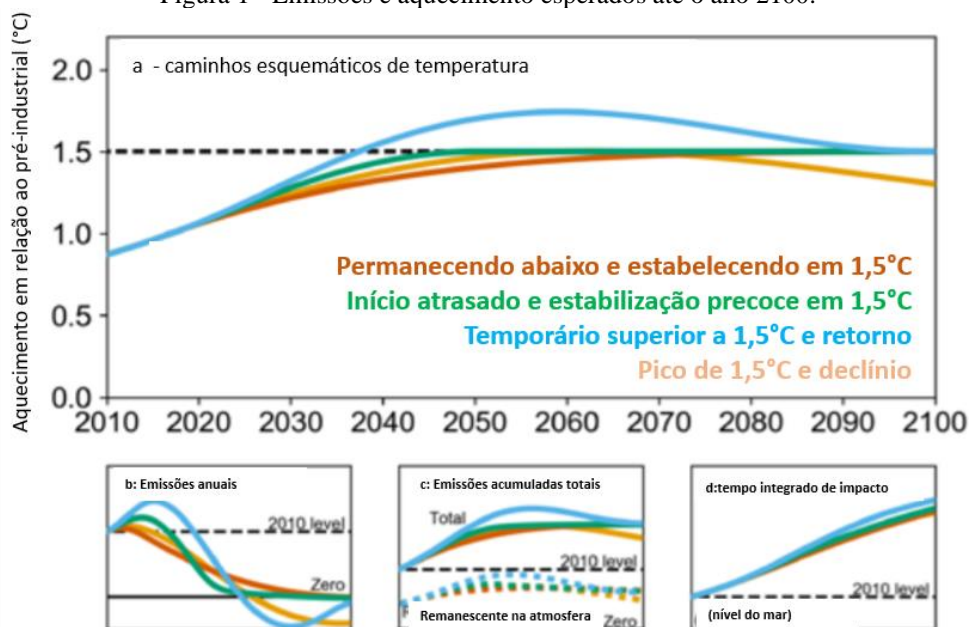
Para atendimento ao objetivo geral, este trabalho tem como objetivos específicos:

- Avaliar a tecnologia do sistema canister, utilizada para redução de emissões evaporativas automotivas por meio do respiro do sistema de alimentação de combustível.
- Testar a performance do sistema Canister do tipo *on board refueling vapor recovery* (ORVR) buscando a melhor alternativa para o contexto do PROCONVE L7.
- Verificar o potencial de redução de emissões nos anos de 2021 (PROCONVE L6) e 2022 (L7) entre a categoria de veículos mais emplacados no Brasil conforme especificado, comparando com a performance do sistema Canister ORVR testado nesse trabalho e aplicável a estes veículos.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

Cada organismo vivo depende de uma condição climática para sobreviver. Nesse contexto, o clima é o principal fator que permite que haja vida na terra. O efeito estufa, que consiste um fenômeno natural que favorece a vida no planeta há bilhões de anos, vem acelerando devido as mudanças climáticas e o aquecimento global. Este fenômeno tem como um de seus principais agentes identificados pela ciência, a concentração e aumento dos gases do efeito estufa (GEE), os quais coincidem com a queima de combustíveis fósseis que aumenta a partir da Revolução Industrial (JACOBI, 2011). Na Figura 1 se observa o cenário do aquecimento global até o final deste século, considerando a tomada de ações para redução de emissões de gases GEE por parte das nações poluidoras ou a não tomada de ações.

Figura 1 - Emissões e aquecimento esperados até o ano 2100.



Fonte: IPCC (2014).

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) do ano 2003 estabeleceu uma distinção entre mudança climática (*UN climate change*) atribuída às atividades antropogênicas que alteram a composição atmosférica e “variabilidade climática (*climate variability*) ” atribuída às causas naturais (UNFCCC, 2003). O secretariado da UNFCCC (UN Climate Change) é a entidade das Nações Unidas encarregada de:

[...] apoiar a resposta global à ameaça das mudanças climáticas. UNFCCC significa Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas. A Convenção tem adesão quase universal (199 Partes) e é o tratado pai do Acordo de Paris de 2015. O principal objetivo do Acordo de Paris é manter o aumento da temperatura média global neste século o mais próximo possível de 1,5 grau Celsius acima dos níveis pré-industriais. A UNFCCC também é o tratado pai do Protocolo de Quioto de 1997. O objetivo final de todos os três acordos da UNFCCC é estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em um nível que impeça a interferência humana

perigosa no sistema climático, em um prazo que permita que os ecossistemas se adaptem naturalmente e possibilite o desenvolvimento sustentável (UNFCCC, 2023).

A Convenção define a mudança climática atribuída tanto a causas humanas como naturais. Nesse contexto, o Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC (2001) apresentou como maior triunfo a evidência de que para se explicar a mudança climática dos últimos 150 anos, foi necessário o somatório das responsabilidades humanas e naturais (MIRANDA & OLIVEIRA, 2014).

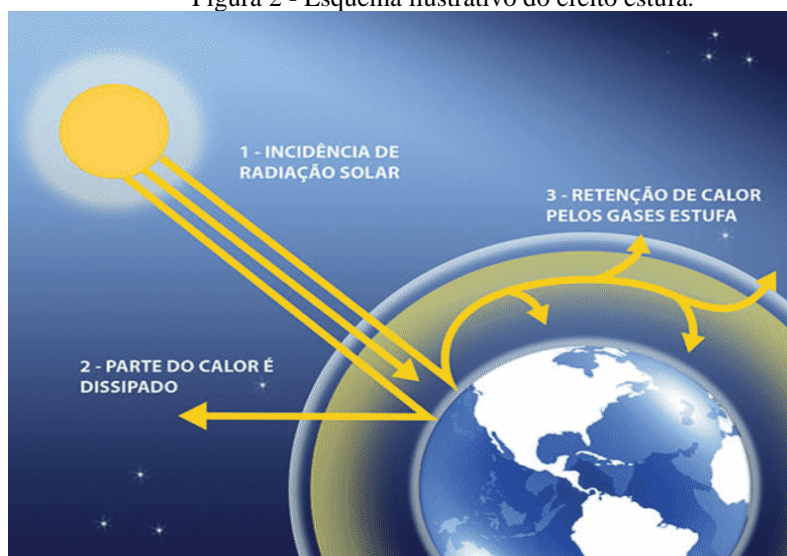
5.1 Efeito Estufa

A concentração de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera nas últimas décadas sofreu uma elevação muito brusca, condicionada principalmente pelas ações antrópicas (IPCC, 1990). Dos raios solares que chegam à Terra, cerca de 30% não conseguem atravessar a atmosfera e são refletidos de volta para o espaço, ou outros 70% dos raios conseguem atingir a atmosfera e a superfície terrestre, sendo geralmente absorvidos. O conhecimento da dinâmica do efeito estufa é de vital importância para os estudos relacionados ao meio ambiente pois, sem esse fenômeno natural a vida no planeta Terra não poderia existir na sua forma atual.

Ao ser aquecida por meio dessa radiação, a superfície terrestre passa a liberar energia na forma de calor. Parte dessa energia emitida se perde no espaço, o restante é absorvido por certos gases atmosféricos, presentes normalmente em quantidades muito pequenas. A energia absorvida é então irradiada de volta à superfície terrestre. Esse fenômeno natural, chamado de efeito estufa, é o responsável pela manutenção do calor do planeta (HELENE, 2007). A

Figura 2 representa um esquema ilustrativo do efeito estufa.

Figura 2 - Esquema ilustrativo do efeito estufa.



Fonte: APROBIO, 2019

Qualquer fator que o altere processo natural do efeito estufa, ou mesmo a distribuição da energia dentro da atmosfera, pode afetar o clima, alterando as temperaturas atmosféricas e oceânicas e os correspondentes padrões de circulação e tempo, bem como o ciclo hidrológico (MOREIRA, 2009). Segundo Braga (2005), a emissão dos chamados gases de efeito estufa (GEE), dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) óxido nitroso (N_2O) e clorofluorcarbonos (CFC's) aumenta a quantidade de energia que é mantida na atmosfera em decorrência da absorção do calor refletido ou emitido pela superfície do planeta, o que provoca a elevação da temperatura da atmosfera. Admite-se que, além de provocar modificações climáticas, o aquecimento da Terra possa causar a elevação do nível médio dos mares, ter impactos na agricultura e na silvicultura, afetando todas as formas de vida do planeta.

A intensificação do efeito estufa e conseqüentemente o aumento da temperatura global é causada por agentes naturais que envolvem aos fenômenos naturais que compõem o sistema climático como atividades vulcânicas e variações da atividade solar e também por fatores antropogênicos que envolvem as atividades humanas. Fatores internos são complexos e estão associados a sistemas climáticos caóticos não lineares, isto é, inconstantes, devido a variáveis como a atividade solar, a composição físico-química atmosférica, o tectonismo e o vulcanismo. Fatores externos são antropogênicos e relacionados a emissões de gases-estufa por queima de combustíveis fósseis, principalmente carvão e derivados de petróleo, indústrias, refinarias, motores e queimadas (DA COSTA SILVA, DE PAULA, 2009).

Grande parte do aquecimento observado durante os últimos 50 anos se deve a um aumento nas concentrações de gases-estufa de origem antropogênica. Em um período de 100 anos houve um aumento médio da temperatura global dos continentes de $0,85^\circ\text{C}$, da temperatura global do oceano de $0,55^\circ\text{C}$ e da temperatura global da Terra de $0,7^\circ\text{C}$ (IPCC 2023). Modelos matemáticos climáticos projetam que as temperaturas globais de superfície provavelmente aumentarão no intervalo entre $1,1$ e $6,4^\circ\text{C}$, e o nível médio das águas do mar subirá entre 9 a 88 cm entre 1990 e 2100 (IPCC 2023).

Os combustíveis fósseis são constituídos pelo petróleo, pelo gás natural e pelo carvão mineral. A utilização de combustíveis fósseis pela humanidade, particularmente o carvão mineral, remonta a milhares de anos. A revolução industrial, iniciada na Inglaterra, no século XVIII, aumentou a necessidade de abastecimento energético das indústrias e a exploração e extração de carvão mineral disparou. Posteriormente, no século XIX, a exploração do petróleo deu uma nova lufada de ar fresco no acesso à energia aos pequenos e grandes industriais mundiais. Para além disto, no século XX, a exploração do gás natural permitiu também que

durante muitos anos se vivesse uma era de despreocupação energética generalizada (RIBEIRO,2014).

5.2 Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Conforme Lara e Lemos (2017), o inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) é um documento indispensável para a análise das questões relacionadas à intensificação do efeito estufa causado pelas atividades humanas. As informações produzidas são fundamentais para a proposição de políticas municipais de mudanças climáticas e de planos de ações estratégicas que contemplem medidas objetivas a serem adotadas para a mitigação e adaptação às emissões dos GEE na localidade. O Inventário mostra-se uma referência fundamental para que se conheça o nível de emissões de GEE e suas principais fontes geradoras.

A elaboração de inventários de emissões de GEE para municípios tem como base as metodologias propostas pelo *Global Protocol for Community - Scale Greenhouse Gas Emission Inventories* (GPC). A Metodologia GPC foi criada pela instituição Governos Locais pela Sustentabilidade (ICLEI), em parceria com a *World Resources Institute* (WRI) e a *Climate Leadership Group* (C40) em 2014, tendo como base os Manuais para Inventários de GEE Nacionais de 2006, publicados pelo IPCC. (IPCC, 2023; WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2010). O GPC tem como objetivo ser uma metodologia robusta e clara, que permita maior agregação e confiabilidade de dados e comparações mais confiáveis entre diferentes inventários, pré-estabelecendo requisitos e provendo orientações para os cálculos e reportes de resultados dos inventários (LARA; LEMOS, 2017). A metodologia apresentada no Programa Brasileiro GHG Protocol divide as emissões em três grandes escopos (WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2010).

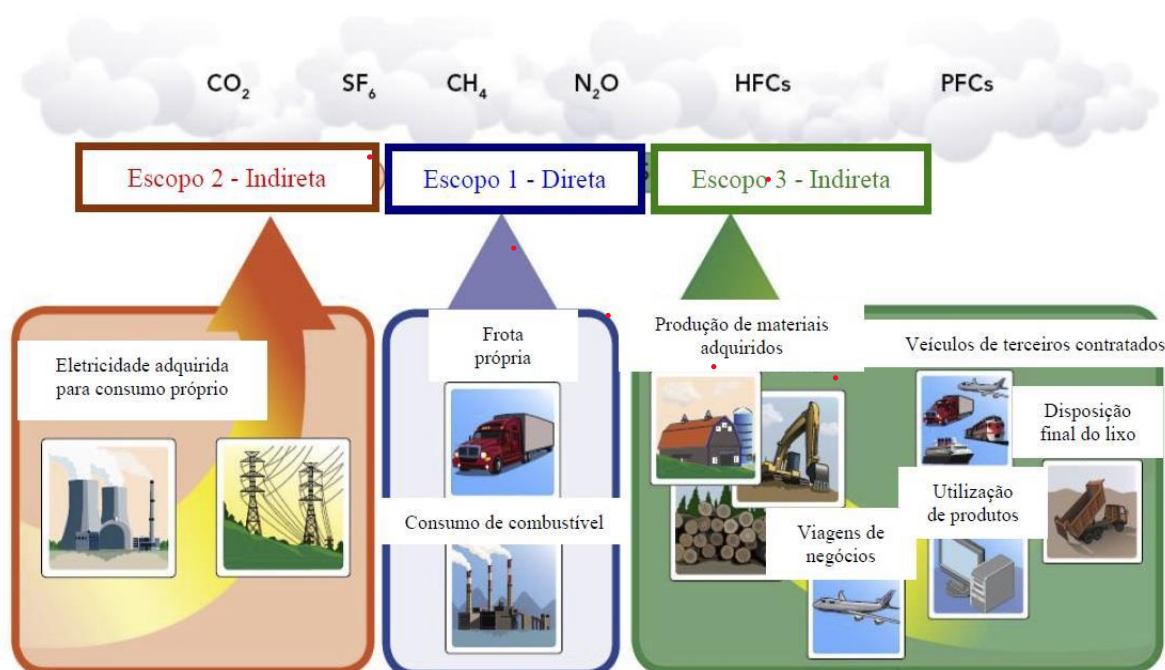
No contexto das emissões de Escopo 1, se enquadram as indústrias que geram emissões de processos e que possuem ou controlam plantas de geração de eletricidade normalmente terão emissões diretas de todas as categorias principais de fontes. Já as empresas que possuem atividades em escritório poderão não ter quaisquer emissões diretas, exceto se possuírem ou operarem um veículo, equipamento que realize combustão ou equipamento de refrigeração e ar condicionado, na Figura 3 são apresentados exemplos dessas emissões (WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2010).

Emissões de Escopo 2 são as emissões referentes ao consumo de eletricidade, calor ou vapor adquiridos por uma consistem em empresa/organizações. Na Figura 3 são apresentados exemplos dessas emissões. Quase todos os tipos de negócios geram emissões indiretas, devido

à compra de eletricidade, que é utilizada em seus processos ou serviços (WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2010).

As emissões de Escopo 3 são as outras emissões indiretas provenientes de atividades *up-stream* (cadeia de suprimentos) e *downstream* (revendedores, distribuição, uso do produto, disposição final) de uma empresa, assim como emissões associadas aos contratos outsourcing de fábrica ou franchising, não incluídos nos escopos 1 e 2, na Figura 3 são apresentados exemplos dessas emissões (WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2010).

Figura 3 - Escopos de Emissões de GEE pelo *GHG Protocol*.



Fonte: Adaptado de Pinho (2009).

O foco deste trabalho foi voltado para emissões automotivas evaporativas, desta forma as análises de dados são todas voltadas para o setor II – Transporte - onde estão incluídos os veículos leves movidos a gasolina e/ou etanol. O estudo se enquadra no escopo 2, o qual se refere a frota atualizado da localidade, ou seja, dentro do seu limite geográfico, não considerando veículos que transitam em datas e horários esporádicos. O inventário de emissões de GEE pode ter como foco: dióxido de carbono (CO₂); metano (CH₄); óxido nitroso (N₂O); dióxido de carbono biogênico (CO₂ biogênico).

5.3 Poluição de origem automotiva

A poluição por monóxido de carbono (CO) é encontrada, em altos níveis de concentração, em áreas de intensa circulação de veículos nos centros urbanos (PCPV, 2005; DRUMM, et al. 2014). O CO₂ é um gás incolor e inodoro, venenoso e produto de combustões

incompletas em veículos automotores. O gás é emitido diariamente em centenas de milhões de toneladas à atmosfera, sendo oriundos de processos naturais e antropogênicos. Consiste em um poluente que apresenta grande toxicidade ao ser humano. É um produto intermediário resultante do processo de combustão em situações de baixa concentração de oxigênio (GUIMARÃES, 2011; DRUMM, et al. 2014).

O Material Particulado (MP) se refere a todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera. As fontes destes poluentes vão desde as incômodas “fuligens” emitidas pelos veículos até as fumaças expelidas pelas chaminés industriais, passando pela poeira que se deposita nas ruas e é movimentada pelos veículos (DRUMM, et al. 2014). De acordo com os autores, na legislação brasileira preocupava-se, até 1989, apenas com as Partículas Totais em Suspensão (PTS), ou seja, todos os tipos e tamanhos de materiais sólidos ou líquidos que ficam suspensos no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça ou fuligem com uma faixa de tamanho menor que 100 μm , causando efeitos significativos em pessoas com doença pulmonar, asma e bronquite (PCPV, 2005; DRUMM, et al. 2014).

O dióxido de nitrogênio (NO_2) é um gás de cor marrom alaranjada, altamente tóxico ao ser humano, com odor forte e irritante. Pode levar a formação de ácido nítrico, nitratos (o qual contribui para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos. Além disto, pode levar a formação da chuva ácida, causando danos à vegetação e à colheita (VESILIND; MORGAN, 2011; DRUMM, et al. 2014). Originado do processo de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, esse gás é responsável também por causar sérios problemas de saúde (PCPV, 2005).

O ozônio (O_3) é um gás altamente reativo, incolor e inodoro nas concentrações ambientais, sendo o principal componente da névoa fotoquímica. É produzido quando os hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio reagem na atmosfera, ativados pela radiação solar. Embora tenha origem natural nas camadas superiores da atmosfera, onde exerce uma importante função ecológica, absorvendo as radiações ultravioletas do sol, pode ser nocivo nas camadas inferiores da atmosfera (BRAGA, 2005; DRUMM, et al. 2014).

O óxido de nitrogênio (NO_x) também é liberado dos motores automotivos e é considerado um gás que apresenta riscos ao meio ambiente, pois interfere no ciclo do ozônio de forma negativa, sob a ação de luz solar se transforma em NO_2 e tem papel importante na formação de oxidantes fotoquímicos como o ozônio. (TUNDO E ZECCHINI, 2007; DRUMM, et al. 2014).

Os óxidos de enxofre (SO_x) são classificados como poluentes primários, que são aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão. No homem, causam irritações no sistema

respiratório e na pele, e podem levar ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Os principais sintomas aparentes ao ser exposto a esses gases é tosse, irritação nos olhos, náuseas, vômitos e dificuldades na respiração. (VERGNHANINI FILHO, 2020). Quando se está preocupado unicamente com a poluição ambiental é usual considerar que todo o enxofre do combustível é lançado na atmosfera unicamente como SO_2 sendo, muitas vezes, “ SO_x ” e “ SO_2 ” tratados como “sinônimos” (CETESB, 2019).

Os Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) que escapam para a atmosfera devido à evaporação. As emissões evaporativas contêm componentes aromáticos, como o benzeno, que são os poluentes atmosféricos perigosos. A emissão dos COV's é um fator determinante na formação de ozônio na atmosfera dos grandes centros urbanos (SZWARC, ALFRED, 2014)

Em termos de emissões atmosféricas, os veículos são responsáveis por 10% das emissões globais de CO_2 , sendo que os Estados Unidos da América são responsáveis por 45% deste total. Desde 1970, esse país diminuiu em 60% as emissões dos poluentes regulamentados, devido à obrigatoriedade do uso de catalisadores nos sistemas de descargas dos veículos. No entanto, no mesmo intervalo de tempo as emissões de CO_2 pelos automóveis aumentaram em 70% (GUARIEIRO, VASCONCELLOS, SOLCI - 2011).

Com o aumento das emissões atmosféricas nas últimas décadas, são notáveis os impactos causados pela poluição atmosférica nas comunidades e no meio ambiente, que são afetados negativamente de modo constante pelos níveis elevados de poluição do ar, visto que a qualidade do ar é diretamente influenciada pela distribuição de emissões veiculares e industriais, bem como a intensidade das mesmas revela-se de crucial importância para estudo destas emissões (CETESB, 2011, DRUMM, et al. 2014)

Essas emissões, devido ao processo de combustão e queima incompleta do combustível, são compostas de gases como: óxidos de carbono (CO e CO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC), dentre os quais estão alguns considerados cancerígenos, óxidos de enxofre (SO_x), partículas inaláveis (MP_{10}), entre outras substâncias (DRUMM, et al. 2014). De acordo com os autores, os veículos automotores são responsáveis pelas emissões de 83,2% de CO ; 81,4% de HC ; 96,3% de NO_x ; 38,9% de MP_{10} e 53% de SO_x na Região Metropolitana de São Paulo e concluíram que estes produzem mais poluição atmosférica que qualquer outra atividade humana e, com isso, se tornam grandes agentes agressores do meio ambiente e da saúde pública.

5.4 Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores (PROCONVE)

O Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) foi instituído a partir da Resolução Conama nº 18, de 6 de maio de 1986, com o objetivo de reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores para atender os Padrões de Qualidade do Ar, especialmente nos centros urbanos. As determinações da Resolução Conama foram reforçadas pela Lei 8.723, de 28 de outubro de 1993, que estabeleceu a redução dos níveis de emissão de monóxido de carbono, óxido de nitrogênio, hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, fuligem, material particulado e outros compostos poluentes nos veículos comercializados no país.

Os sistemas atuais aplicados em carros nacionais produzidos até dezembro de 2021 atendem as leis de emissões conforme PROCONVE L6 (fase 6), 1500 a 2000 mg / dia de teste em 48h e limites de emissões no reabastecimento 50 mg/ litro de combustível, que acompanham uma evolução desde a fase L1 de 1989 a 1991, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Evolução das fases do PROCONVE.

Fase PROCONVE/ Resolução CONAMA	Período	CO (g/Km)	HC (g/Km)	NMHC (g/Km)	Nox (g/Km)	RCHO (g/Km)	MP (g/Km)	Evap. (g/teste)	CO-M.L. (%vol)
L1/18/86	1989-1991	24,0	2,10	na	2	na	na	6,0	3,00
L2/18/86	1992-1996	12,0	1,20	na	1,4	0,15	na	6,0	2,50
L3/15/95	1997-2004	2,0	0,30	na	0,6	0,03	0,05	6,0	0,50
L3/315/02	mai/13							2,0	
L4/315/02	2005(40%)	2,0	0,30	0,16	0,25 ou 0,60	0,03	0,05	2,0	0,50
	2006(70%)								
	2007(100%)								
L5/315/02	2009-2013	2,0	0,30	0,05	0,12 ou 0,25	0,02	0,05	2,0	0,50
L5/415/09	2012 (1)							1,5/2,0	
L6/415/09	2013 (2)	1,3	na	0,05	0,08	na	0,025	na	na
	2014 (6)		0,30			0,2	na	1,5/2,0	0,20
	2015								
L7/492/18	2022	1,3	0,3	0,05	0,08	0,2	na	0,5	0,20

Fonte: Adaptado por R. Silva (BRASIL, 2018)

Com a implementação dessas e de outras normas que as seguiram, o PROCONVE passou por várias fases que reduziram paulatinamente os limites de emissão de poluentes por veículos leves e pesados. As últimas fases previstas para cada uma das categorias são: MAR-1, para máquinas agrícolas e rodoviárias, que se iniciou em 1º de janeiro de 2015; L-7, para veículos leves e P-8 para veículos pesados, ambas com início em 1º de janeiro de 2022 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2018; INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2021).

De acordo com a resolução N.492 do Ministério do Meio Ambiente/ Conselho Nacional do Meio Ambiente de 20 de dezembro de 2018 que estabelece as exigências para o PROCONVE L7, no capítulo II parágrafo terceiro descreve “O respiro do sistema de alimentação de combustível dos veículos deve se dar unicamente por meio do “canister”. Esse dispositivo é destacado para os experimentos desse trabalho.

5.5 Respiro do sistema de alimentação de combustível dos veículos automotores a combustão (CANISTER)

Um dos componentes essenciais do sistema de controle de emissões evaporativas é o canister, os quais são dispositivos empregados em automóveis e outros veículos movidos a gasolina e similares. Consistem em uma carcaça de plástico que contém carbono de alta capacidade superficial de material adsorvente. As moléculas de hidrocarbonetos são atraídas para a superfície não polar do carvão ativado e armazenadas nos poros por adsorção física. Nesse contexto, a adsorção:

[...] é uma operação de transferência de massa, a qual estuda a habilidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície determinadas substâncias existentes em fluidos líquidos ou gasosos, possibilitando a separação dos componentes desses fluidos. Uma vez que os componentes adsorvidos concentram-se sobre a superfície externa, quanto maior essa superfície externa por unidade de massa sólida, tanto mais favorável será a adsorção (NASCIMENTO, *et al.*, 2020).

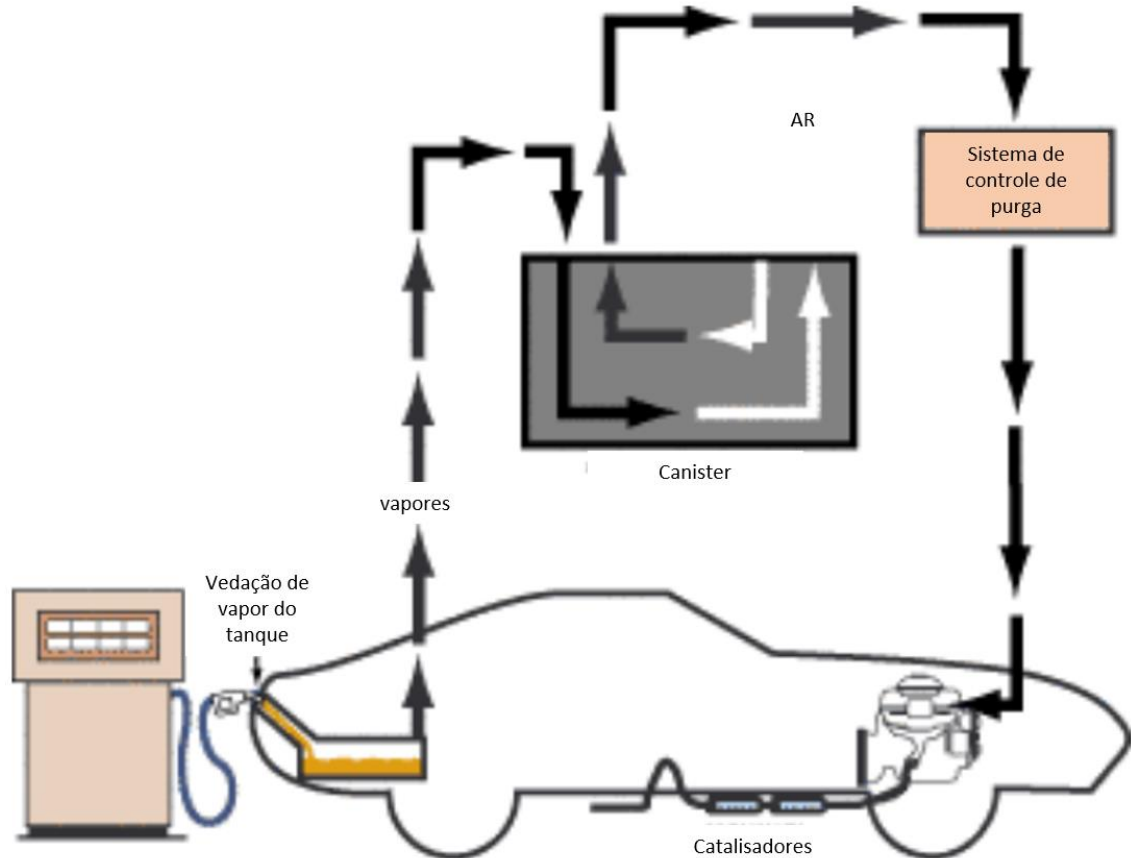
No caso da adsorção, os componentes que se unem à superfície são chamados adsorvatos, enquanto que a fase sólida onde se retém o adsorvato, chama-se adsorvente. A adsorção ocorre de forma predominante com o carro estacionado e o motor desligado. Já a remoção das substâncias a partir da superfície é chamada dessorção, quando o vapor segue para o motor em funcionamento.

Com a implementação do sistema de canister atendendo as especificações do PROCONVE L7 para cada veículo fabricado a partir de janeiro de 2022, se tornou obrigatório que atenda a especificação. O enchimento do canister ocorre durante eventos diurnos e de reabastecimento. Os canisters vêm em várias formas e tamanhos e são proporcionais ao volume de vapor gerado no tanque de combustível, é responsável pela absorção do vapor de combustível e filtragem, liberando ar limpo na atmosfera. O vapor absorvido no carvão ativado é reutilizado pelo motor.

De acordo com Szwarc et al. (2014) o conceito básico do ORVR utilizado para a captação e reaproveitamento dos vapores de combustível a bordo dos veículos são uma

readequação do sistema de canister de carvão ativado para a captação de vapores dos respiros de pressão do veículo. O sistema é demonstrado por meio da Figura 4

Figura 4 - Conceito básico do ORVR.



Fonte: SZWARC, et. al. (2014)

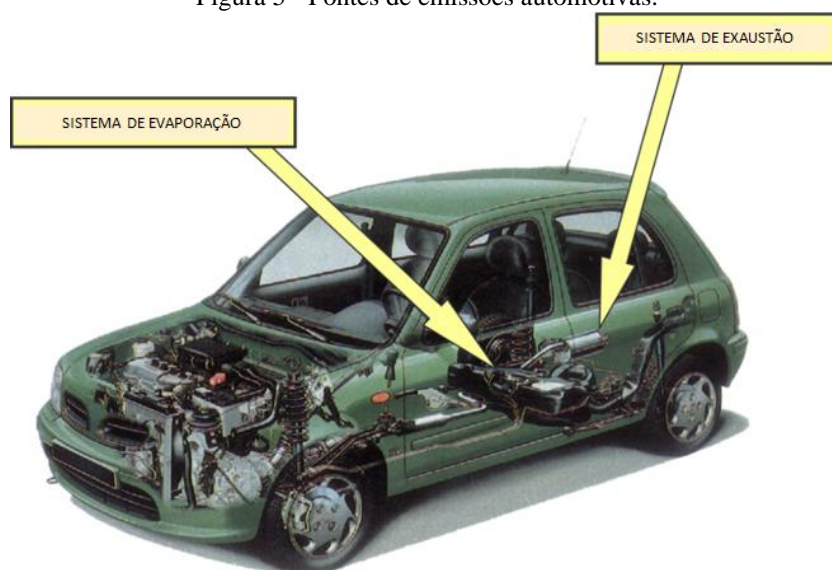
Uma alternativa de bom custo e de eficácia comprovada para a redução da emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (COV) durante o abastecimento é a adoção da tecnologia de recuperação de vapores de abastecimento conhecida internacionalmente como On board Refueling Vapor Recovery (ORVR) ou Recuperação de vapor de reabastecimento a bordo (SZWARC, et. al. 2014; ALFRED,2014). De acordo com Fung e Maxwell (2011), a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) adotou controles ORVR para veículos leves por meio de um regulamento final publicado em janeiro de 1994, por serem equipamentos econômicos e eficazes.

A aplicação do filtro canister ORVR para atendimento ao PROCONVE L7 tem como função a redução das emissões evaporativas que são hidrocarbonetos – COV's (Compostos Orgânicos Voláteis) que escapam para a atmosfera devido à evaporação. Dentre os principais poluentes emitidos de maneira evaporativa são os Hidrocarbonetos não Metano (NMHC). Os veículos são responsáveis pela emissão de 72% NMHC na atmosfera (SILVA,2016). Os Hidrocarbonetos não metano, representados como Compostos Orgânicos Voláteis (COV) são

precursores na formação do ozônio troposférico e apresentam potencial causador de efeito estufa (MMA, 2018). Além disso, estão associados à problemas respiratórios e cancerígenos em função da sua alta toxicidade (ALMEIDA, 2007).

Os HC (hidrocarbonetos não queimados) são produzidos durante o uso de veículos automotores (MENDES, 2004). Na Figura 5 temos a representação das duas fontes de emissões automotivas sistema de exaustão e evaporação, mostrando o combustível disperso no ar como não queimado e por evaporação. Como a composição média de exatamente H1.85C, os hidrocarbonetos podem ser considerados nocivos.

Figura 5 - Fontes de emissões automotivas.



Fonte: Adaptado de S. RIKO AUTOMOTIVE HOSES (2022).

Existem quatro principais tipos de perda de combustível para atmosfera: 1 - evaporação: canister, tampa; 2 - permeabilidade dos materiais: tanque de combustível, tubos; 3 - ligação: conectores e juntas defeituosos; e vapor durante o reabastecimento (MENDES, 2004). De acordo com o autor, o uso de veículos automotores pode originar as emissões de gases e partículas pelo escapamento do veículo, as emissões evaporativas de combustível, as emissões de gases do cárter do motor (subprodutos da combustão que passam pelos anéis de segmento do motor e por vapores do óleo lubrificante). Desta forma, devem ser consideradas as emissões de partículas provenientes do desgaste de pneus, freios e embreagem, a suspensão de partículas de poeira do solo e as emissões evaporativas de combustível nas operações de transferência de combustível.

Dentre as principais fontes que emitem COV's e Nox (óxido de nitrogênio), estão a queima e evaporação de combustíveis por veículos automotores (CETESB, 2017). Alguns fatores propiciam a geração de vapor de combustível, podendo este surgir em três momentos diferentes, apresentados no Quadro 1.

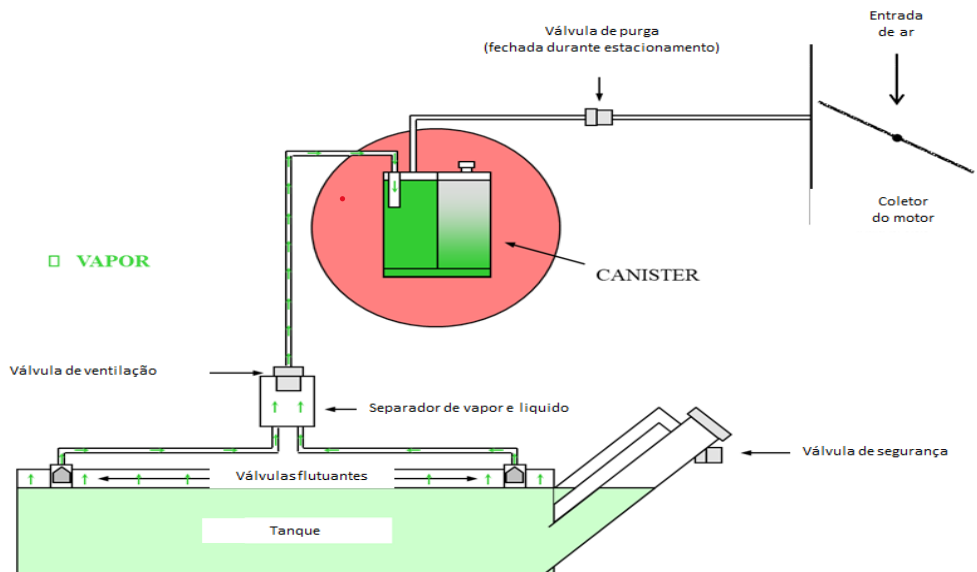
Quadro 1 - Fatores propiciam a geração de vapor de combustível.

ENQUANTO O CARRO ESTÁ ESTACIONADO	PERDAS DE IMERSÃO QUENTE	<i>O carro é parado após a condução e estacionado por 1 hora em temperatura ambiente constante</i>
	PERDAS DIURNAS	<i>O automóvel esteve previamente estacionado a temperatura constante durante 20/36 horas. Em seguida, a temperatura ambiente é aumentada por meio dia e reduzida por meio dia, como durante um dia ensolarado</i>
ENQUANTO O CARRO ESTÁ EM MOVIMENTO	PERDAS CONTÍNUAS	<i>O carro é conduzido em um banco de teste de dinamômetro.</i>
DURANTE O ABASTECIMENTO	PERDAS DE PUFF	<i>Quando a tampa de enchimento é retirada.</i>
	PERDAS NO REABASTECIMENTO	<i>Vapores são empurrados para fora do tanque de entrada de combustível e gerados por respingos de combustível.</i>

Fonte: Adaptado de S. RIKO AUTOMOTIVE HOSES (2022).

Durante o período em que o carro está estacionado, devido à volatilidade da gasolina e a variação de temperatura/pressão no tanque de combustível, ocorre o surgimento de vapor de combustível, o qual adsorvido pelo carvão presente no canister. O esquema pode ser visualizado por meio da Figura 6.

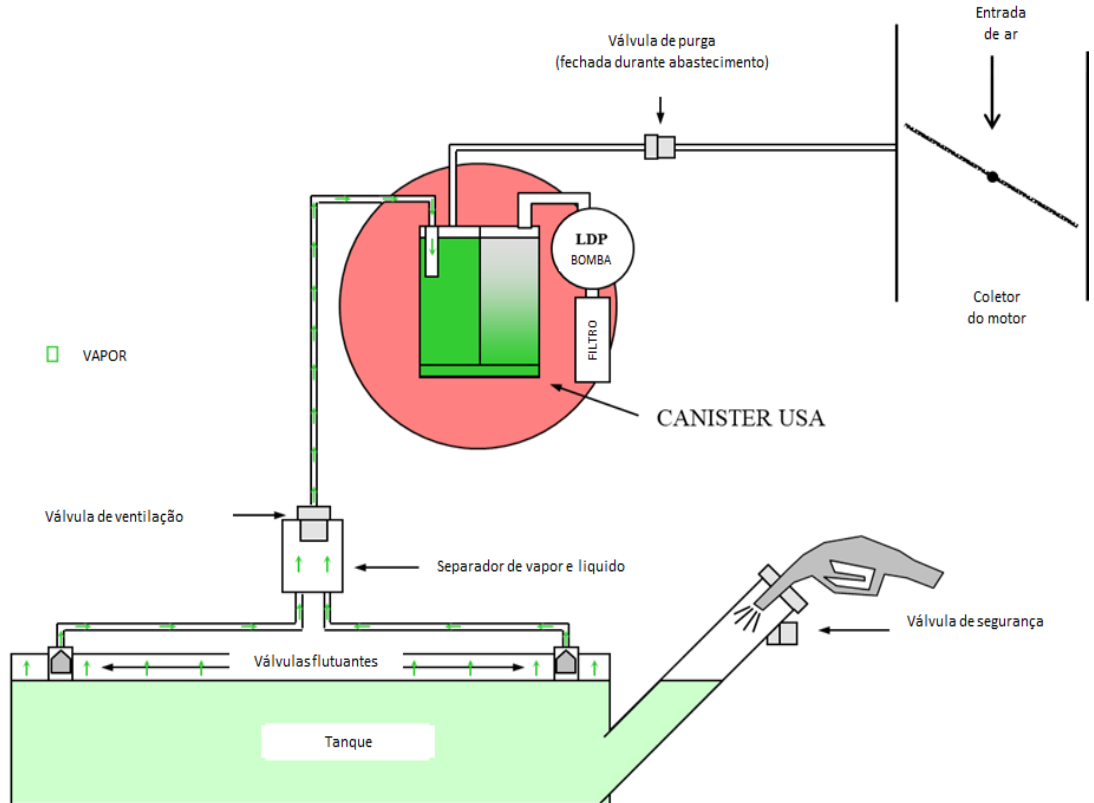
Figura 6 - Esquema ilustrativo do sistema de adsorção do canister.



Fonte: Adaptado de S. RIKO AUTOMOTIVE HOSES (2022).

No momento de reabastecimento do veículo, o combustível líquido que entra no tanque tende a expulsar os vapores ali presentes, este vapor é adsorvido pelo canister para posteriormente ser sugado para a câmara de combustão no momento de purga do motor. O esquema do sistema de purga do canister pode ser visualizado por meio da Figura 7.

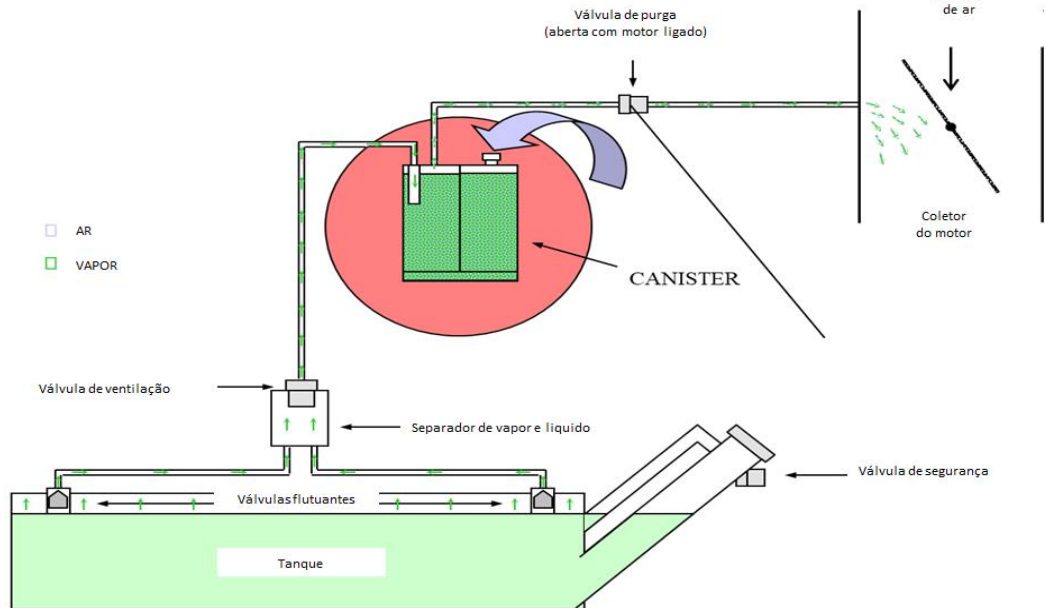
Figura 7 - Esquema ilustrativo do sistema de purga do canister.



Fonte: Adaptado de S. RIKO AUTOMOTIVE HOSES (2022).

No momento em que o carro está em funcionamento, a válvula de purga se abre, fazendo com o motor crie um vácuo na linha de vapor de combustível e consequentemente essa linha é preenchida pelo ar que entra no sistema pela porta da ATM do canister, iniciando o processo de dessorção do carvão, levando os HC adsorvidos para o sistema de combustão do veículo, onde ocorre a queima destes hidrocarbonetos não queimados. O esquema pode ser visualizado por meio da Figura 8.

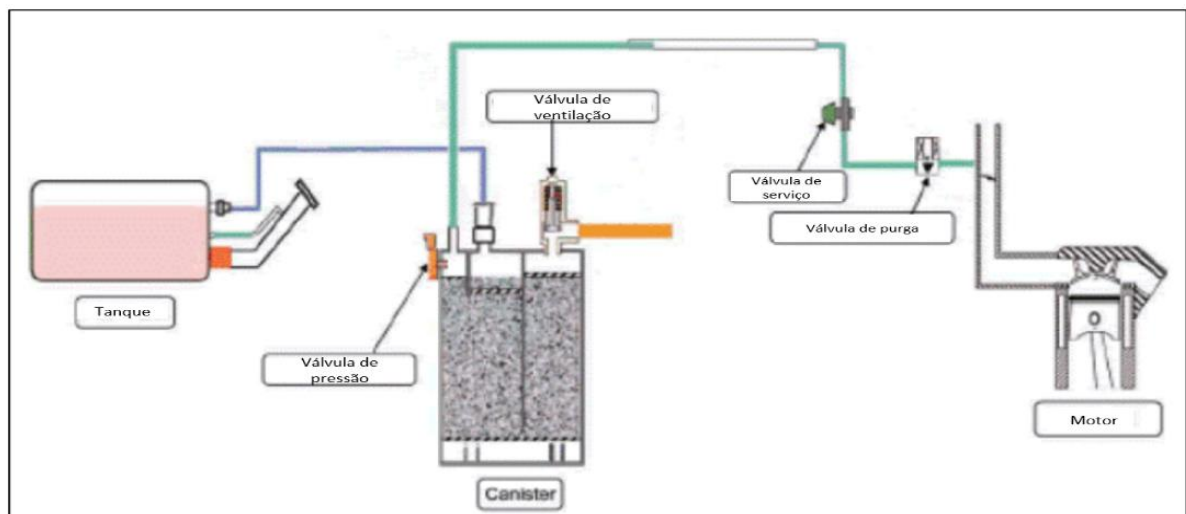
Figura 8 - Esquema ilustrativo do sistema de dessorção do canister e queima dos HC's adsorvidos



Fonte: Adaptado de S. RIKO AUTOMOTIVE HOSES (2022).

Uma análise da eficiência e penetração do ORVR realizada pela EPA - *Environmental Protection Agency* (US), demonstrou um alto grau de eficiência e confiabilidade em veículos de propriedades dos consumidores, e mostrou que o sistema é altamente eficiente (EPA, 2011a; EPA, 2011b). Adotando uma abordagem ORVR / Estágio II, em áreas severamente poluídas para veículos novos. A partir de 1994, os EUA puderam tirar proveito dos controles no Estágio II, para reduzir as emissões de COV's (FUNG e MAXWELL,2011). O esquema pode ser visualizado por meio da Figura 9.

Figura 9 - Componentes do sistema ORVR.

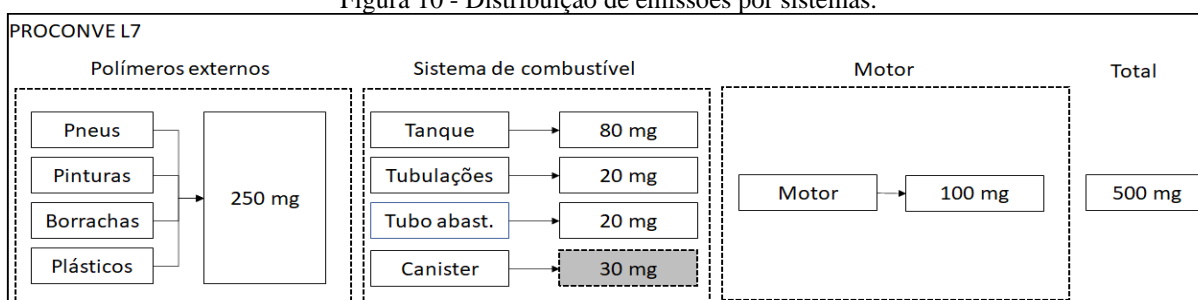


Fonte: Szwarc e Alfred (2014).

Nesse aparato, o carvão ativado consiste em um carvão amorfo com características absorptivas, usado em aplicações de adsorção de fases líquida e gasosa, feito de uma ampla variedade de matérias primas com base em carvão e por vários métodos de processamento.

As propriedades físicas chave incluem: área de superfície, tamanho mediano do poro, distribuição do tamanho do poro e volume do poro. A ativação da matéria-prima cria poros e uma ampla área de superfície interna dentro da estrutura do carvão (MECA, 2019). As moléculas orgânicas concentram-se na superfície interna através de atração física ou reação química, a adsorção física é reversível. Tamanho do poro pela classificação IUPAC - União internacional da Química Pura e Aplicada: macroporo ($>500\text{\AA}$), mesoporo ($20\text{--}500\text{\AA}$) e microporo ($<20\text{\AA}$). A adsorção e dessorção de carvão é a ligação reversível das moléculas a uma superfície, acontece devido a fracas interações de atração conhecidas como “Forças de Van der Waals” (MECA, 2019). A especificação prevista no PROCONVE L7 se refere a emissões diurnas totais emitidas por um veículo em 500 mg/dia teste 48h, sendo divididas em três sistemas sendo Polímeros externos, sistema de combustível, demonstrado na Figura 10.

Figura 10 - Distribuição de emissões por sistemas.



Fonte: Adaptado de S. RIKO AUTOMOTIVE HOSES (2022).

Podemos verificar que as normas e tecnologias demonstradas na literatura consultada nos permitem aferir o resultado real de eficiência do canister quanto a nível de redução de emissões. Ao multiplicar quantidade de veículos emplacados, será possível obter o número aproximado de redução das emissões e também realizar projeções futuras de acordo com média de renovação completa da frota durante os anos. Este índice de redução poderá ser aplicado periodicamente a uma quantidade atualizada de veículos emplacados e se obter quanto se reduziu as emissões veiculares naquele período, gerando assim um dado importante quanto a melhoria de indicadores ambientais.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

Por meio das referências bibliográficas e publicações técnicas que abordam o sistema Canister ORVR para emissões evaporativas automotivas no contexto do programa CONAMA PROCONVE L7, testou-se um sistema Canister ORVR desenvolvido para o contexto do CONAMA PROCONVE L7. Desta forma, buscou-se quantificar o potencial de redução de emissões do sistema Canister ORVR para a frota de veículos de maior comercialização no Brasil, nos anos de 2021 e 2022.

Através de análises quantitativas de dados obtidos em resultados de testes do produto principal deste trabalho denominado “canister”. Os resultados foram obtidos de forma quantitativa, classificando assim a base metodológica proposta. Para estruturação da presente dissertação, o trabalho foi dividido em quatro etapas, sendo elas: 1) coleta de dados, 2) compreensão e análise, 3) compilação e 4) avaliação de artigos científicos, as quais visam uma organização cronológica das atividades de acordo com a obtenção de dados e aplicações efetivas em busca da proposta e resultados esperados.

Para a determinação dos fatores de emissão evaporativa, baseado no guia europeu, são realizados em laboratório os ensaios usualmente conhecidos como SHED ou Câmara Selada, conforme a norma NBR 11481e o *running losses* (redução da emissão evaporativa do veículo em movimento) sendo o último não realizado no Brasil. A SHED demonstrada na Figura 11 é também utilizada para mensurar o vapor emitido pelo sistema de combustível, durante o período em que o veículo está parado, este processo é chamado de emissões diurnas, e consiste em avaliar durante um período de 48 horas a quantidade de vapor que o sistema permite escapar para atmosfera.

Mesmo o carro estando parado, a formação do vapor de combustível continua a acontecer, devido a variação de temperatura e variação da pressão no tanque de combustível, esta variação potencializa a geração do vapor de combustível, que é adsorvido pelo carvão presente no canister, esta adsorção é também normatizada e tem um valor mínimo aceitável.

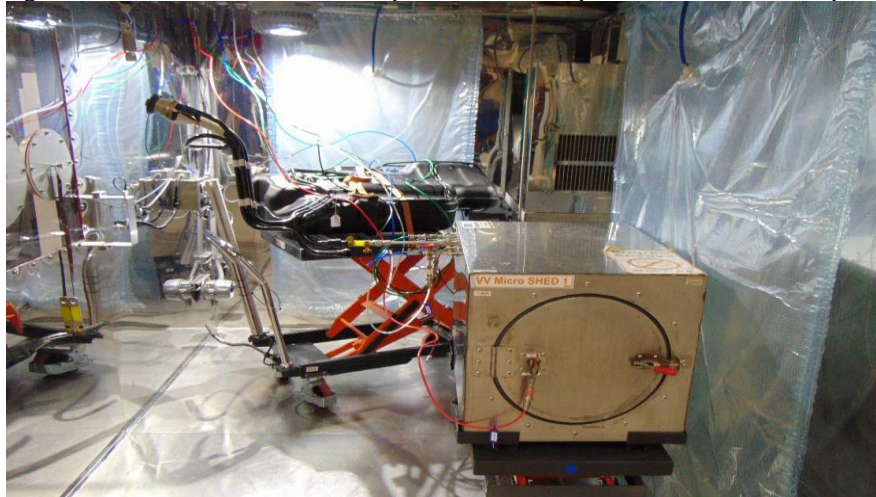
Figura 11 - Câmara SHED montada para teste.



Fonte: Ferreira, Lopes e Bales (2010).

A SHED também é utilizada para mensurar o vapor emitido pelo sistema de combustível, durante a fase de reabastecimento, nesse ensaio o sistema de combustível pode ficar dentro da SHED e com o auxílio de abastecedor o tanque é reabastecido, o canister deve ser capaz de absorver todo o vapor de combustível gerado no reabastecimento. Para esse trabalho, foi montada a SHED mostrada na Figura 12.

Figura 12 - Câmara SHED montada para teste em tanque de combustível completo.



Fonte: Adaptado de S. RIKO AUTOMOTIVE HOSES (2022)

O ensaio SHED tem como objetivo específico quantificar as emissões evaporativas de combustível de um veículo estacionado. É realizado em uma câmara completamente selada destinada a criar as condições especificadas pela norma. O ensaio é realizado em duas etapas:

a diurna (ensaio de evaporação a frio) e a *hot soak* - ensaio de evaporação a quente (Ferreira, Lopes e Bales, 2010). Foram disponibilizados resultados de testes pela empresa S. Riko Automotive Hoses SA para validação dos sistemas canister desenvolvido para atender as especificações de emissões previstas na norma.

6.1 Teste do sistema Canister ORVR para emissões evaporativas

Para a determinação dos fatores de emissão evaporativa foram realizados ensaios em laboratório com a utilização de Câmara Selada (SHED), conforme a norma NBR 11481 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010). O ensaio do tipo “*Running Losses*” não é realizado no Brasil. A etapa diurna do ensaio conforme NBR 11481 foi realizada para quantificar o vapor de combustível emitido em consequência da exposição de um veículo ao sol após um período desligado, típico do que ocorre no veículo no período matutino.

Para essa simulação, o combustível foi aquecido dentro do reservatório durante uma hora. Utilizou-se o ensaio denominado *hot soak* para quantificar a emissão de vapor de combustível devido ao aumento de temperatura no reservatório após o uso do veículo (FERREIRA, LOPES E BALES,2010). Para o teste do sistema de filtro de carvão canister e a determinação de emissões evaporativas, foi utilizada uma câmara mini SHED acoplada em um tanque de combustível, o qual permanece em uma câmara climatizada para controle da temperatura.

6.2 Procedimento do teste emissões

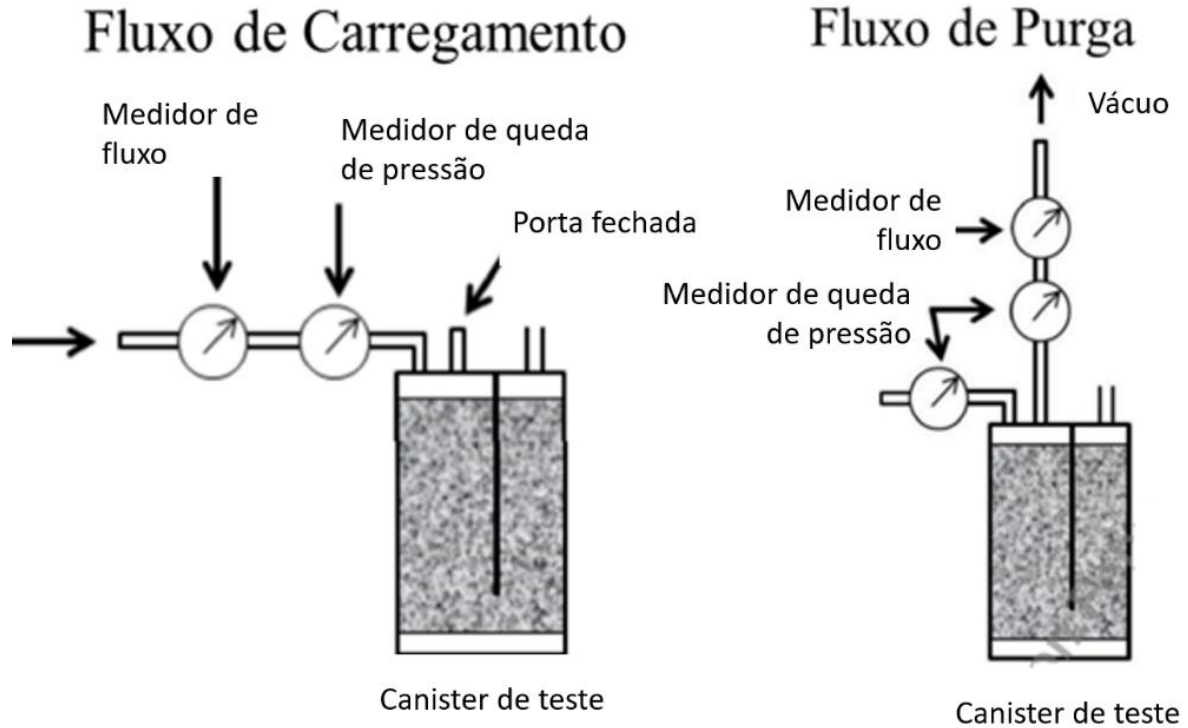
O principal objetivo deste teste foi avaliar a dinâmica com que o fluxo do fluido (ar/vapor de combustível) consegue percorrer as câmaras do canister, sendo que deve haver um equilíbrio deste fluxo já que a extrema facilidade de passagem acarreta em uma não adsorção do vapor de combustível. Essa condição faz com a eficiência do canister seja baixa e uma extrema dificuldade de passagem do fluxo prejudica a purga e conseqüentemente a dessorção dos hidrocarbonetos não queimados, prejudicando também a eficiência do canister. Iniciamos os testes por meio do Ensaio de Queda de Pressão (*Pressure Drop*).

6.2.1 Ensaio de Queda de Pressão (*Pressure Drop*)

Este ensaio tem seus valores mínimos e máximos especificados em normas pelas montadoras de automóveis. A Figura 13 indica como o ensaio deve ser realizado, uma análise

virtual de um canister. Apresenta uma imagem real do teste e um exemplo de resultado obtido após realização do teste:

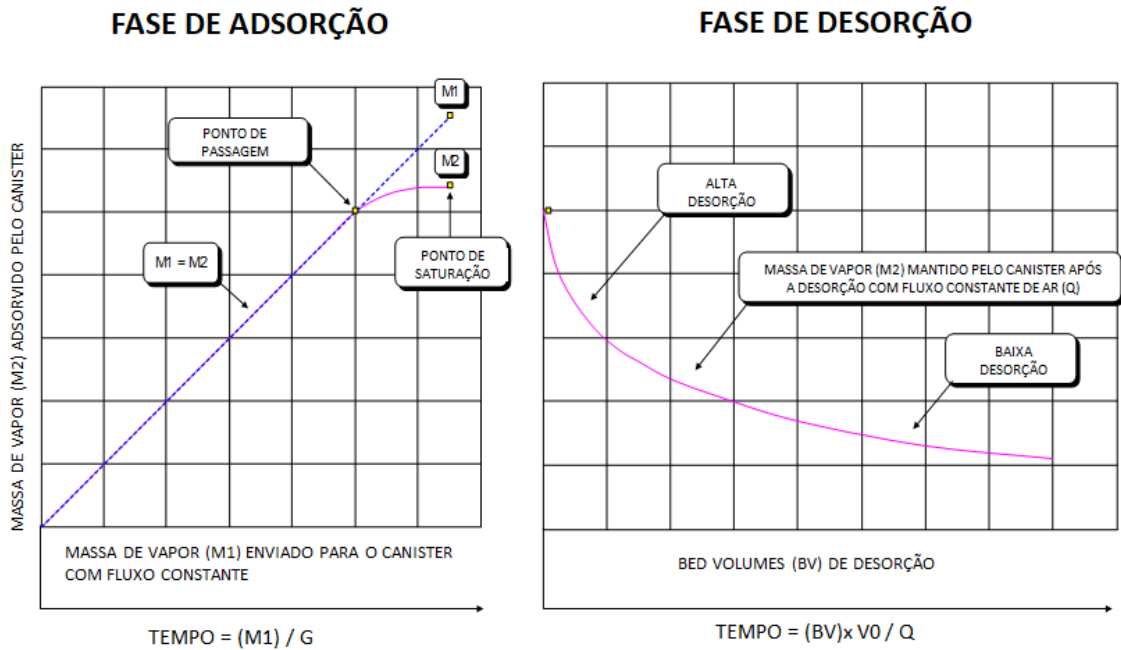
Figura 13 - Ilustração do fluxo do fluido para realização do teste do canister.



Fonte: Adaptado de S. RIKO AUTOMOTIVE HOSES (2022).

As fases de funcionamento de um canister podem ser divididas em duas: adsorção e dessorção. As fases estão representadas na Figura 14.

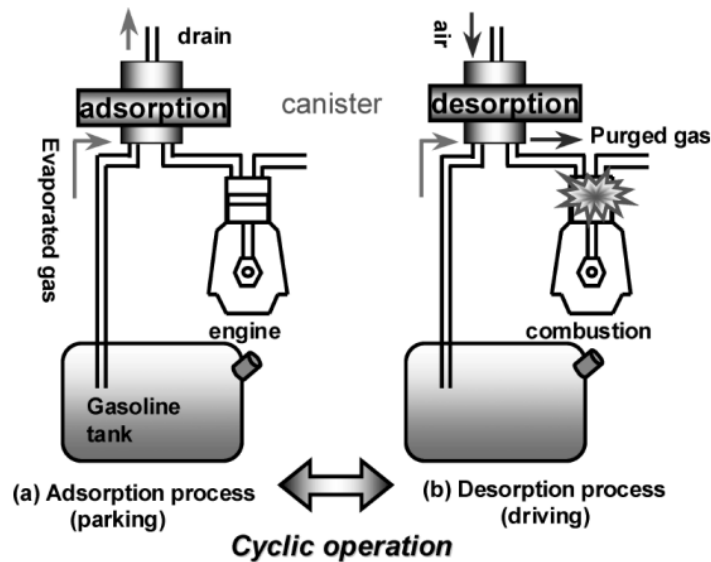
Figura 14 - Representação gráfica das duas fases de funcionamento do canister, adsorção e dessorção



Fonte: Adaptado de S. RIKO AUTOMOTIVE HOSES (2022).

São essas duas fases que definem a capacidade de trabalho do canister. O resultado foi obtido em função da relação entre adsorção e dessorção do canister, proporcionando sua validação em bancada, conforme demonstrado na Figura 15.

Figura 15 - Desenho esquemático do processo nas fases de adsorção e dessorção.



Fonte: SATO e KOBAYASHI (2011)

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Testes de emissões de VOC e HC em câmara SHED

Por meio dos testes, buscamos verificar as taxas de emissões de *volatile organic compound* (VOC) e hidrocarbonetos (HC), por meio de três aparatos de canisters distintos nomeados como 1, 2 e 3, pela variação do tempo. Também está representado no gráfico o perfil de temperatura no interior da SHED e do combustível dentro do tanque.

Essa temperatura representa uma variação que considera dois dias ensolarados, onde os picos representam a exposição do veículo durante o dia e os vales representam a exposição durante a noite. Na Figura 16 demonstramos o aparato utilizado para testes da dessorção em queda de pressão do canister.

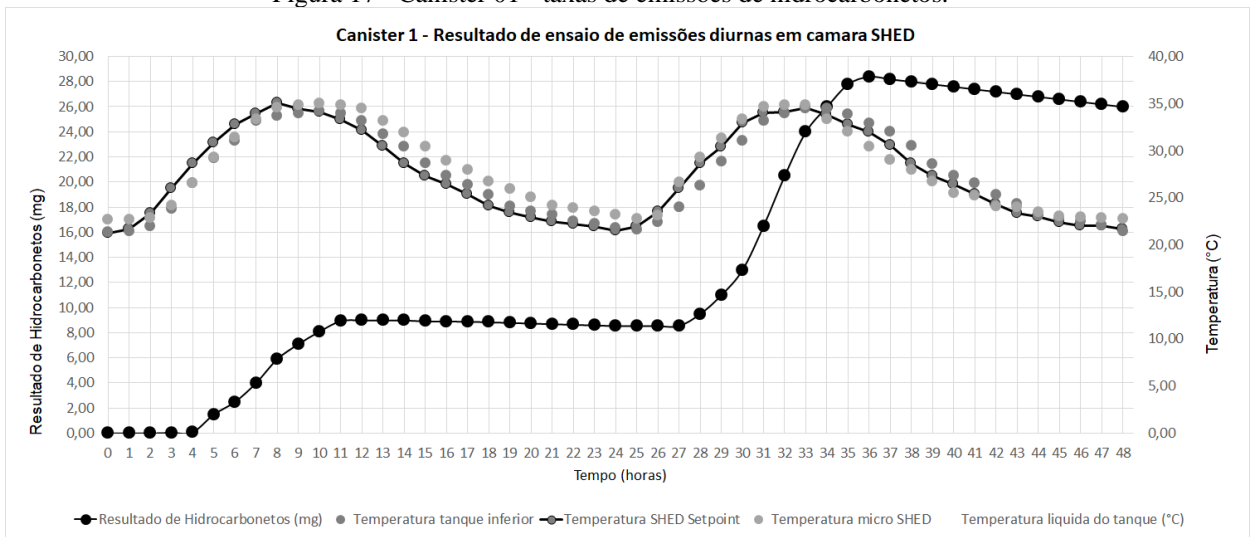
Figura 16 - Dispositivo de bancada para teste de dessorção em queda de pressão.



Fonte: Elaborado por R. Silva

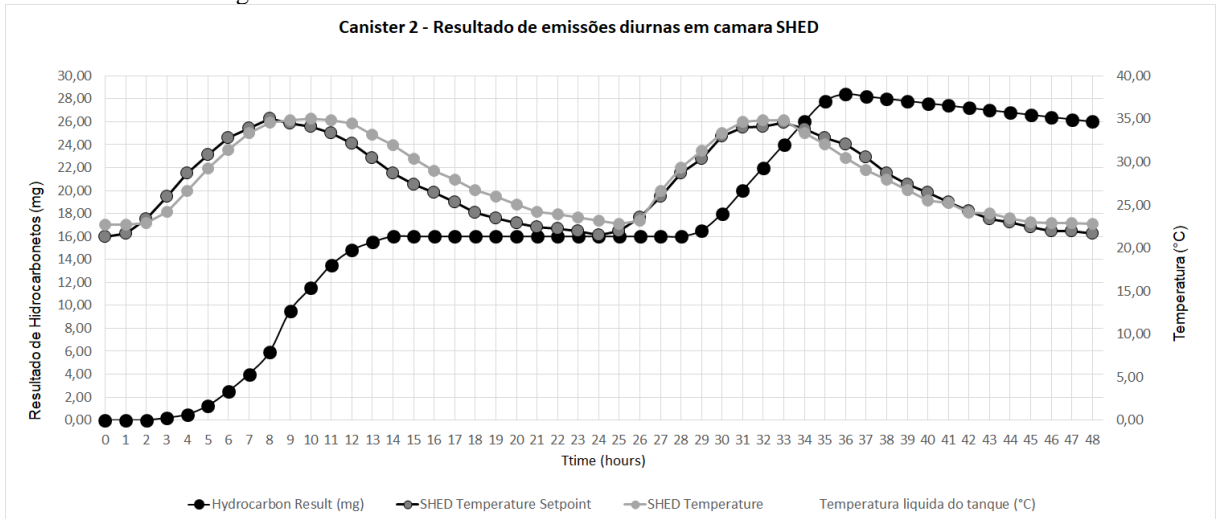
É possível notar que nas primeiras 24 horas a emissão máxima do canister 01 foi de 8,94 mg de hidrocarbonetos e no segundo dia essa emissão atingiu 27,59 mg de hidrocarbonetos, conforme Figura 17. Por meio das linhas preta e cinza podemos observar as condições de temperatura idênticas aplicadas nos três aparatos. A linha azul representa variação de emissões de hidrocarbonetos.

Figura 17 - Canister 01 - taxas de emissões de hidrocarbonetos.



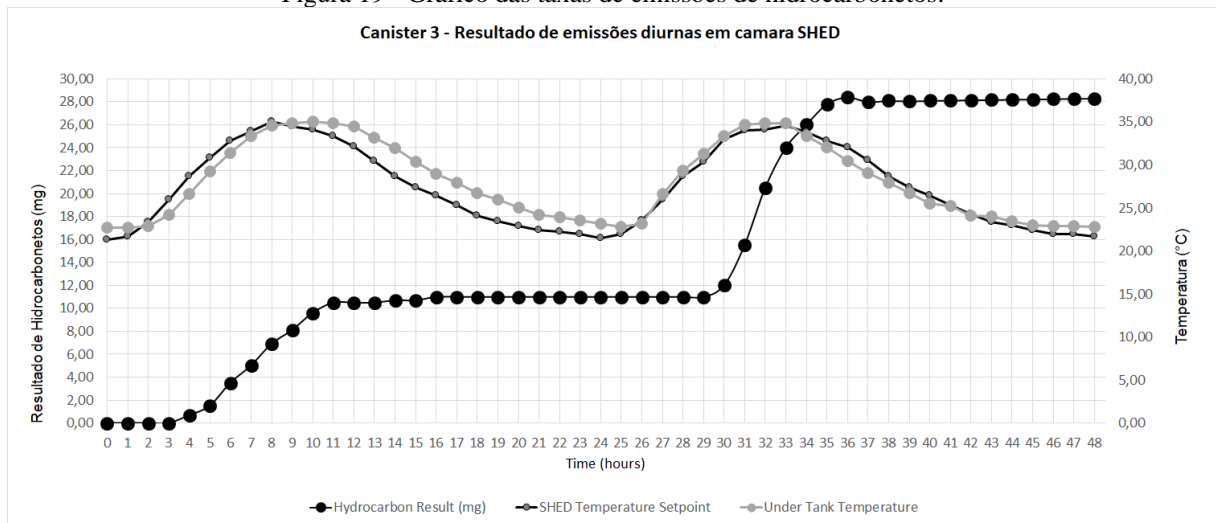
No canister 02, nas primeiras 24 horas a emissão máxima do canister 1 foi de 16,5 mg de hidrocarbonetos e no segundo dia essa emissão atingiu 31,8 mg de hidrocarbonetos, conforme demonstrado na Figura 18.

Figura 18 - Canister 2 - Gráfico das taxas de emissões de hidrocarbonetos.



No canister 03, nas primeiras 24 horas a emissão máxima do canister 1 foi de 16,00 mg de hidrocarbonetos e no segundo dia essa emissão atingiu 31,9 mg de hidrocarbonetos. Os resultados estão demonstrados na Figura 19.

Figura 19 - Gráfico das taxas de emissões de hidrocarbonetos.



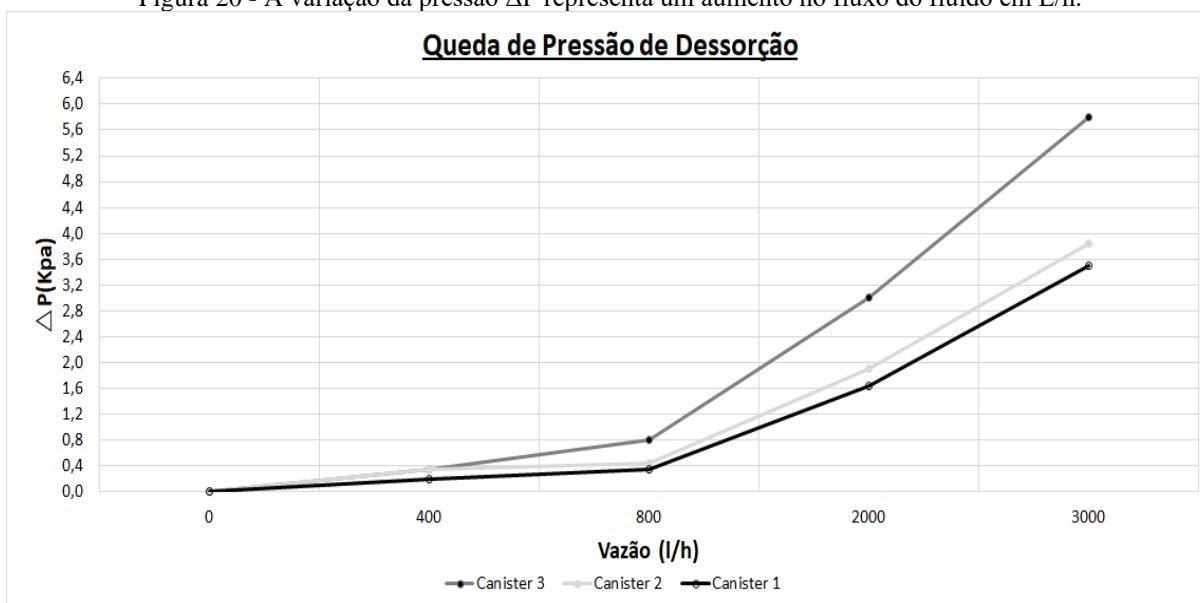
Fonte: Elaborado por R. Silva

Os três canister são considerados aprovados conforme a especificação para este teste, porém o canister 1 apresentou uma melhor performance observada através das curvas de emissões de HC's com uma estabilização após as 10 horas de teste, uma retomada após gradativa após 27 horas de teste e uma leve queda após as 37 horas de teste até a finalização do ciclo de 48 horas.

7.2 Queda de pressão

No processo de dessorção aplicado no fluxo de fluido e vapor no canister apresenta um comportamento ilustrado na Figura 20. O dispositivo de teste demonstrado na Figura 16, é montado em bancada onde a cada hora se obtém a variação de pressão ΔP e o aumento do volume de dessorção.

Figura 20 - A variação da pressão ΔP representa um aumento no fluxo do fluido em L/h.



Nos testes para queda de pressão, os três canisteres obtiveram resultados satisfatórios, demonstrando a fluidez dos vapores de combustível entre as câmaras na camada de carvão ativado. O canister 1 avaliado neste teste apresentou uma melhor performance uma vez que a uma pressão ΔP próximo de 3,6 kPa atingiu a vazão de 3000 l/h, menor ΔP para atingir a vazão dentre os três canister testados.

7.3 Resultados de emissões diurnas

A especificação de emissão para o canister em atendimento a norma é de 30 mg por dia com uma deterioração permitida devido ao envelhecimento por carbono em 10%, o resultado de teste para os três canisters (01, 02 e 03) foram aprovados dentro das especificações esperadas, porém o Canister 01 será considerado para a sequência deste estudo escolhido por apresentar melhor performance. Na Tabela 2, estão representados os resultados obtidos em 48 horas de teste para o canister 01.

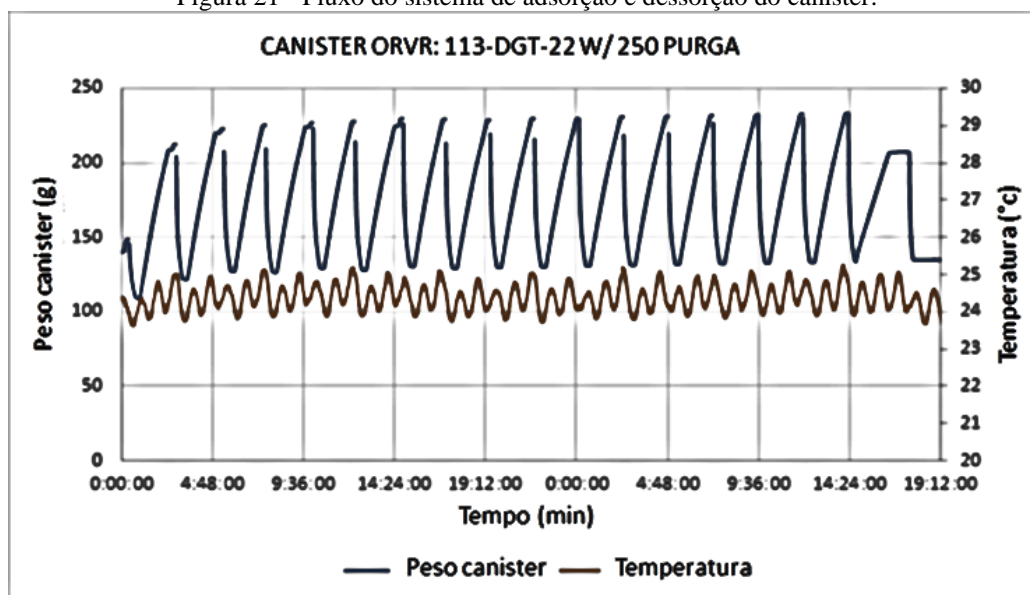
Tabela 2 - Resumo dos resultados dos testes do canister 01 em 48h.

Peso	Amostra - canister 1.5L	Diferença
Antes da preparação	1461.7	-
Após do carregamento a 40g/h até 2g BT	1492.5	30.8
Após de 1h canister aquecido	1492.2	-0.3
Após purga 225L a 22.7 L/min	1458.0	-34.2
Após 1h canister aquecido a 22.2°C	1457.6	-0.4
Após teste (emissão + Permeabilidade)	1484.3	26.7
0h - 24h		6.2mg
24h - 48h		23.7mg

Fonte: Elaborado por R. Silva

A Figura 21, mostra o resultado dos testes realizados no canister 1, observa-se que durante a aplicação submissão de vapor de gasolina GWC, a purga é registrada em média a cada quatro horas aproximadamente quando o peso do canister registra entre 210 e 240 g, retornando a um peso entre 110 e 130 g, peso obtido pela adsorção de vapor de gasolina.

Figura 21 - Fluxo do sistema de adsorção e dessorção do canister.



Fonte: Adaptado por R. Silva

Este teste foi aplicado apenas no canister 1 como forma de confirmação do ciclo de purga, de acordo com os testes anteriores demonstravam que o ciclo de purga estava eficiente.

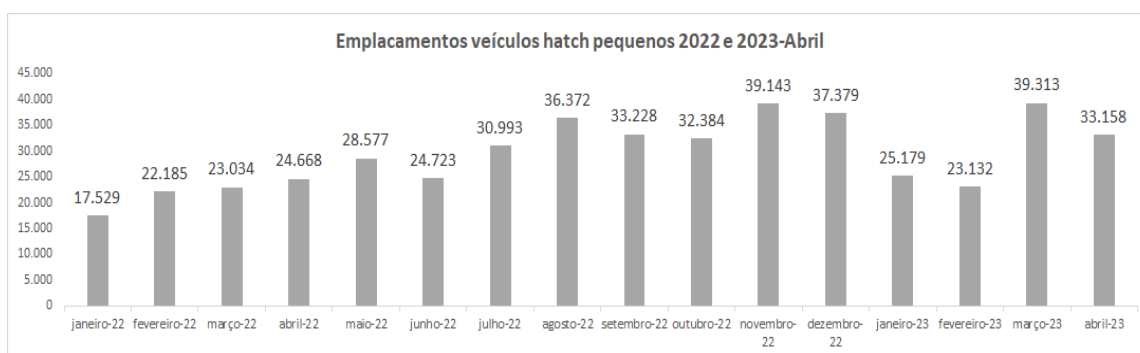
7.4 Discussão

Os resultados obtidos nos experimentos, demonstraram a performance produto canister 01 desenvolvido para atendimento a norma de emissões previstas para o programa de redução de emissões automotivas PROCONVE L7. A resolução PROCONVE L7 define uma quantidade máxima de emissões de 500 mg em 48 h de teste em todo o sistema de emissões,

sendo que o canister tem uma representatividade de 30 mg sobre esta especificação. O canister 01 apresentado neste estudo obteve uma performance de 23,7 mg em 48 h de teste, ou seja, um resultado com uma margem positiva perante a especificação de emissões de 30 mg.

O equipamento testado pode ser aplicado a toda linha de modelos de veículos da categoria Hatch pequenos produzidos no Brasil. De acordo com a Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores (FENABRAVE) no ano de 2022 até o mês de abril de 2023 foram emplacados 350.215 veículos desta categoria. No ano de 2023 até abril 120.782, uma média de 29.437 a cada mês durante este período observado na Figura 22.

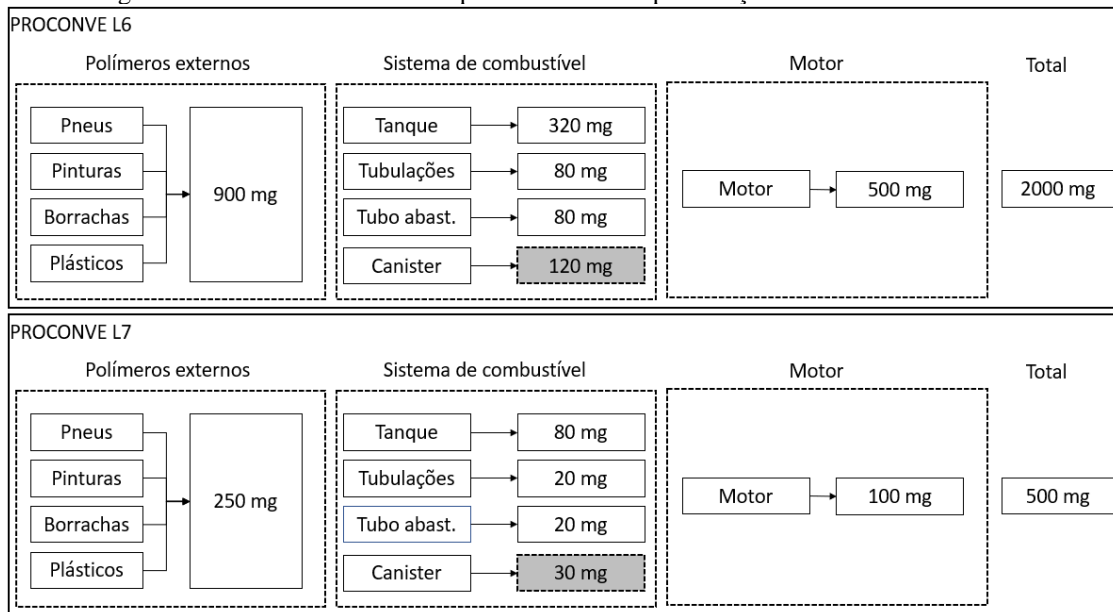
Figura 22 - Emplacamentos veículos Hatch pequenos em 2022 a 2023 até o mês de abril



Fonte: FENABRAVE (2023).

Considerando as especificações de emissões evaporativas do programa PROCONVE L6 e L7 em seus índices mais elevados permitidos no sistema de combustíveis mais especificamente para o canister, os valores do L6 são de 1500 a 2000 mg de emissões em 48h de teste e L7 de 500 mg de emissões em 48 h de teste, sendo o canister responsável na L6 por 120 mg e na L7 por 30 mg de emissões máxima em 48 h de teste. Na Figura 23 estão representadas a distribuição para cada sistema de acordo com a especificação PROCONVE para o L6 e L7.

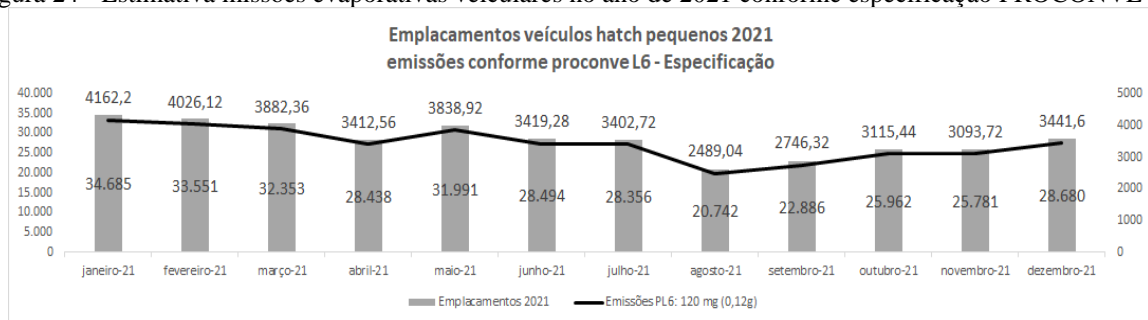
Figura 23 - Emissões distribuídas por sistema nas especificações PROCONVE L6 e L7.



Fonte: Elaborado por R. Silva.

A redução de emissões consideradas para o PROCONVE L7 em relação ao L6 é bastante expressiva, sendo uma redução de 25% de um nível para outro. Para as especificações de emissões definidas para o PROCONVE L6, as quais estavam vigentes até o mês de dezembro de 2021 e considerando os emplacamentos de veículos Hatch pequenos para aquele ano, temos os índices de emissões ocorridos entre janeiro de 2021 e dezembro de 2021, representados na Figura 24.

Figura 24 - Estimativa missões evaporativas veiculares no ano de 2021 conforme especificação PROCONVE L6.



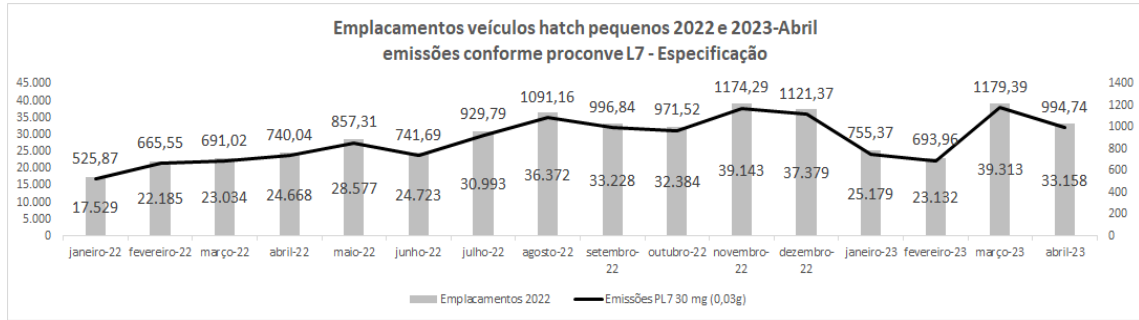
Fonte: FENABRAVE (2023).

A quantidade de veículos da categoria Hatch pequenos emplacado no Brasil no ano de 2021 que atendem a especificação do PROCONVE L6, geraram um volume total de 41.030,28 g de compostos orgânicos voláteis (COV) e hidrocarbonetos (HC) considerando o percentual voltado para o sistema de carvão ativado canister.

A partir de janeiro de 2022 entrou em vigência o PROCONVE L7. Nessa versão se aprova um teor 25% menor na especificação para emissões automotivas em relação ao

PROCONVE L6. Conforme desmontado na Figura 24, no ano de 2022 a quantidade de veículos da categoria Hatch pequenos emplacados de janeiro a dezembro geraram um volume total de 10.506,45g de COV e HC, considerando o percentual voltado para o sistema de carvão ativado canister, um volume de 30.523,83g menor que o ano de 2021.

Figura 25 - Estimativa emissões evaporativas veiculares no ano de 2022 e 2023 até abril conforme especificação PROCONVE L7.

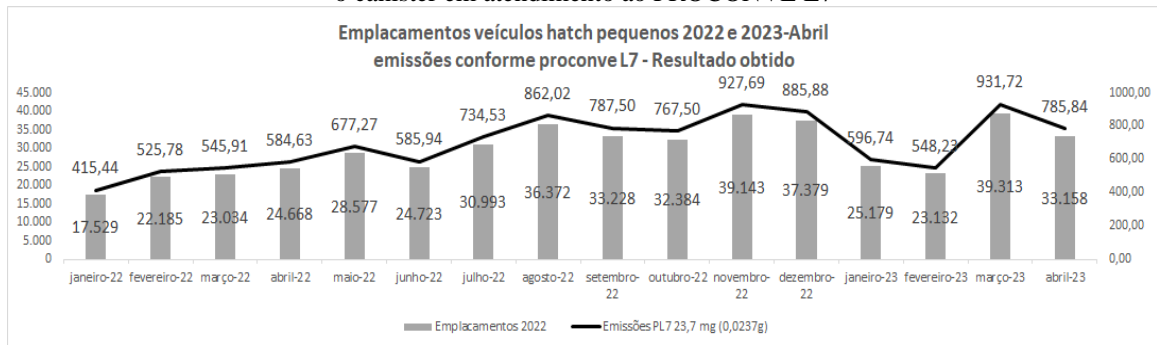


Fonte: FENABRAVE (2023).

Conforme a evolução proposta pelo programa PROCONVE para reduções de emissões automotivas no Brasil, a especificação de emissões definidas na fase L7 deverá seguir até o ano de 2030. No ano de 2023 de janeiro a abril foram emplacados 120.782 veículos Hatch pequenos representando de 3623,46g de COV e HC.

O sistema de carvão ativado para redução de emissões evaporativas veiculares é dimensionado de acordo com o sistema como um todo, sendo que as especificações de projeto definem margens mais seguras sempre buscando a máxima eficiência do sistema e considerando margens de segurança abaixo do limite máximo de especificações. Na Figura 26 está representado a quantidade de veículos Hatch pequenos emplacados no Brasil agora com as emissões considerando o resultado real obtido nos testes.

Figura 26 - Emissões evaporativas veiculares no ano de 2022 e 2023 até abril conforme resultado dos testes para o canister em atendimento ao PROCONVE L7



Fonte: FENABRAVE (2023).

O resultado de teste obtido para o canister foi de 23,7mg (0,023g) sobre a especificação de emissão máxima de 30 mg, foram 6,3 mg mais eficiente do que a especificação. Considerando a quantidade de veículos da categoria Hatch pequenos no ano de 2022, foram emitidos 8.300,10 g de COV e HC. A quantidade de emissões no ano de 2022 com o canister testado foram de 2.256,35g menor do que a especificação do PROCONVE L7, comprovando a eficácia do equipamento desenvolvido para aplicação no seguimento de veículos Hatch pequenos.

A Figura 27 apresenta um resumo das estimativas de emissões considerando os emplacamentos de carros Hatch no ano de 2021 onde a especificação vigente era para o PROCONVE L6, emplacamentos no ano de 2022 onde a especificação vigente passou a ser o PROCONVE L7 e ainda veículos emplacados no ano de 2023 até o mês de abril também com a vigência do PROCONVE L7. Na terceira coluna está apresentado a estimativa de reduções considerando o resultado obtido no teste do canister 1.

Figura 27 – Resumo das estimativas de reduções nos anos de 2021, 2022 e 2023

Total de carros emplacados no Brasil Hatch pequenos	Estimativa de emissões (gramas)	Estimativa de emissões Utilizando resultados canister 1 (gramas)
2021 - Proconve L6: 341.919	41030,28	-
2022 - Proconve L7: 350.215	-	8054,945
2023 - Proconve L7 (Janeiro a Abril): 120.782	-	2862,5334

Fonte: FENABRAVE (2023)

Em uma visão geral dos índices apresentados se comprova a boa evolução na redução de emissões automotivas proposto pelo PROCONVE para veículos nacionais, alinhado a boa performance de produtos desenvolvidos que garantem resultados satisfatórios podemos afirmar se comprova a melhora significativa da qualidade do ar no território brasileiro.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração deste trabalho partiu da análise do tema que se tornou bastante discutido nos últimos anos, a questão do aquecimento global. Dentro deste contexto foram revisados os vários eventos promovidos pelos líderes das principais nações, sendo em 1972 o principal marco a Conferência de Estocolmo, oficialmente denominada de “Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano”. Nos anos seguintes outros grandes encontros aconteceram até a recente COP-27 realizada no Egito em 2022.

Em uma abrangência maior sobre o tema, este trabalho seguiu em uma linha de entendimento das causas da acelerada degradação do clima global acentuado pelo aumento da camada de ozônio. Neste contexto foram explorados vários trabalhos sobre a questão de aumento de emissões de GEE, os gases que o compõe e principalmente as suas fontes geradoras. Das diversas fontes geradoras, a queima de combustíveis fósseis se configura entre as maiores fontes.

Foram identificadas várias ações em tentativas para redução das emissões oriundas de queima de combustíveis fóssil, principalmente sobre as emissões veiculares que os últimos anos apresentaram um aumento exponencial na frota mundial de veículos. Vários países foram pioneiros em ações para redução de emissões veiculares, tanto em tecnologias aplicadas diretamente aos veículos quanto ações para fabricação de veículos que utilizam combustíveis alternativos e outras fontes de energia limpa.

Liderado pelos Estados Unidos e posteriormente adotado pela Europa, os programas de redução de emissões automotivas vem evoluindo ao longo dos anos onde são definidas metas para as montadoras de veículos as incentivando a adotarem as melhores tecnologias para melhoria nos projetos de veículos quanto a menores índices de emissões e eficiência energética. No ano de 1989 o Brasil seguindo a tendência das grandes potências mundiais em tecnologia, lançou o Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores - PROCONVE regulamentada pelo CONAMA. Desta forma, justifica-se a relevância em pesquisar o tema proposto, no sentido de contribuir com a redução de emissões dos veículos e para a redução do efeito estufa.

O elemento central deste estudo foi o teste e obtenção dos resultados reais de três canisters produzidos pela empresa S Riko Automotive Hoses Brasil a qual cedeu os dados para este estudo, dentro das regras internas de *compliance*. Por meio da pesquisa, concluímos que os três canisters estudados foram aprovados nos testes definidos em norma, sendo que foi definido

o canister 1 devido a sua melhor performance e aplicabilidade em um seguimento de veículos com volumes expressivos de emplacamentos no Brasil, os veículos Hatch pequenos.

O resultado dos testes do canister 1, definido para sequência do estudo foi relacionado a quantidade de veículos Hatch pequenos emplacados no Brasil durante o ano de 2022 para estimativa das emissões geradas naquele ano com a introdução do canister 1 no mercado. Também foi estimado os níveis de emissões considerando os emplacamentos de veículos Hatch pequenos no Brasil no ano 2021, onde o PROCONVE L6 era a legislação vigente.

Ao final do estudo, as análises confirmaram a eficácia da aplicação do elemento canister em veículos automotores para a redução de emissões. Os resultados obtidos para o canister estudado apresentaram a eficiência acima do esperado segundo o PROCONVE L7. O programa tem prevista uma nova evolução para níveis de emissões e abrangência para veículos agrícolas e pesados a serem definidos para atingimento a partir de 2030. A expectativa é que a normativa futura tenha como referência os percentuais adotados na evolução do PROCONVE L6 para o PROCONVE L7 o que garantirá produção de veículos com índices de emissões em níveis baixos.

Concluimos que, apesar do grande movimento de eletrificação automotiva, essa tendência vem sendo questionada levando ao aumento de tecnologias híbridas, as quais mantêm o motor a combustão nos veículos. Desta forma, justificamos a necessidade de abordagem da redução das emissões desses motores, considerando também a grande frota existente e em fabricação no mundo.

Como sugestão para estudos futuros sobre este sistema, consideramos relevante uma nova estimativa de melhoria da qualidade do ar nos centros urbanos de acordo com a evolução do Programa PROCONVE. Este estudo constitui um produto técnico tecnológico – PTT com a criação de uma web site com o histórico estudado neste trabalho sobre o programa PROCONVE, bem como a melhoria os níveis de emissões automotivas ao longo da evolução deste programa. Além deste histórico é possível calcular qual o nível de emissões em uma determinada região ou de uma determinada frota realizando o mesmo cálculo apresentado neste estudo.

9 REFERÊNCIAS

ALVIM, Débora Souza et al. Estudos dos compostos orgânicos voláteis precursores de ozônio na cidade de São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, p. 189-196, 2011.

APROBIO. Associação dos Produtores de Biocombustíveis do Brasil. **Você sabe o que é o efeito estufa?** - Acesso em 23 de novembro de 2021. Disponível em: www.aprobio.com.br/noticia/voce-sabe-o-que-e-o-efeito-estufa. Acesso em: 20 nov. 2021.

ANDRADE-CASTAÑEDA, Hernán Jair; ARTEAGA-CÉSPEDES, Cristhian Camilo; SEGURA-MADRIGAL, Milena Andrea. Emissão de gases de efeito estufa por uso de combustíveis fósseis em Ibagué, Tolima (Colômbia). **Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, v. 18, n. 1, p. 103-112, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 11481 - **Veículos rodoviários. Método para a medição de emissão evaporativa proveniente de veículos rodoviários automotores leves**. 2010. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/4718/abnt-nbr11481-veiculos-rodoviaros-automotores-leves-medicao-da-emissao-evaporativa>. Acesso em: 20 nov. 2021.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844p

BORSARI, Vanderlei; DE ASSUNÇÃO, João Vicente. As emissões de gases de efeito estufa por veículos automotores leves. **Interface EHS**. 2010, 5.2.

BRAGA, Benedito. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 336 p.

BRANCO, Fabio C. et al. Monitoramento de Emissões Veiculares por Sensoriamento Remoto. In: **Anais.... AEA – Brazilian Society of Automotive Engineering – SIMEA**. 2021.

CETESB. **Relatório Anual de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo**. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, SP.2004. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>. Acesso em: 10 mar. 2022.

CETESB. **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo**. Secretaria do Meio Ambiente, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo. 2011. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>. Acesso em: 10 mar 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução N. 492, de 20 de dezembro de 2018. **Estabelece as Fases PROCONVE L7 e PROCONVE L8 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE para veículos automotores leves novos de uso rodoviário, altera a Resolução CONAMA nº 15/1995 e dá outras providências**. Diário Oficial da União nº 246, Brasília, 24 dez 2018. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=765. Acesso em: 10 mar 2022.

DIAS, Cristiane; BALES, Marcelo Pereira; DA SILVA, Silmara Regina. Benefits of new programa de controle da poluição do ar por veículos automotores. Phases for light duty vehicles, considering vehicle refueling emissions in the São Paulo Metropolitan Area. In: **Anais...** AEA – Brazilian Society of Automotive Engineering – SIMEA. 2021.

DOS SANTOS DIAS, Edson. Os (des) encontros internacionais sobre meio ambiente: da conferência de Estocolmo à rio+ 20-expectativas e contradições. **Caderno Prudentino de Geografia**, 2017, 1.39: 06-33 p.

DA COSTA SILVA, Robson Willians; DE PAULA, Beatriz Lima. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra Didática**, 2009, 5.1: 42-49 p.

DRUMM, Fernanda Caroline et al. Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 66-78, 2014.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017**. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pde>. Acesso em: 10 mar 2022.

FERREIRA, Leandro Malta; LOPES, Diego Ribeiro; BALES, Marcelo. Proposta de aperfeiçoamento da metodologia para o inventário de emissões evaporativas proveniente do sistema de alimentação de combustível de veículos do ciclo Otto. Relatório Cetesb. 2010. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2013/12/otto.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.

FUNG, Freda; MAXWELL, Bob. onboard refueling vapor recovery: evaluation of the ORVR program in the US. **International Council on Clean Transportation**, Washington, DC, 2011.

GALDINO, Tevenilson Gustavo de Medeiros. **Tecnologias para controle das emissões de NOx em motores Diesel – PROCONVE P7**. 2021. 55 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2021.

GADOTTI, Moacir. **Carta da terra**. São Paulo: Editora e Livraria Instituto Paulo Freire, 2010. Disponível em: http://acervo.paulofreire.org:8080/jspui/bitstream/7891/2812/1/FPF_PTPF_12_048.pdf. Acesso em: 10 mar. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. cap. 4.3, p. 44-45.

GUARIEIRO, Lilian LN; VASCONCELLOS, Pérola C.; SOLCI, Maria Cristina. Poluentes atmosféricos provenientes da queima de combustíveis fósseis e biocombustíveis: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, 2011, 3.5: 434-445 p.

GUIMARÃES, Paulo RB et al. Relações entre as doenças respiratórias e a poluição atmosférica e variáveis climáticas na cidade de Curitiba, Paraná, Brasil. 2012.

HELENE, M. E. M. ; BUENO, M. A. F. ; GUIMARÃES, M. R. F. ; PACHECO, Maria R.; NUNES, E. **Poluentes atmosféricos**. 1. ed. São Paulo, SP: Scipione, 2007. 63 p.

HÖHNE, Niklas et al. Evolution of commitments under the UNFCCC: Involving newly industrialized economies and developing countries. Berlin, Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt), 2003. Disponível em: <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20525027>. Acesso em: 10 mar. 2022.

ICLEI. GPC – Global Protocol for Community. **Protocolo Global para Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Escala Comunidade**. Produção: ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade. 2015. 34 p.

INTERGOVERNMENTAL PANNEL OF CLIMATE CHANGES (IPCC). **Policymakers summary of the scientific assessment of climate change**. Report to IPCC from working group 1, second draft, ASCE. 1990.

IPCC. Intergovernmental Pannel of Climate Changes. **Climate Change**. Gênova. 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/>. Acesso em: 10 mar. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Programa de controle de emissões veiculares (PROCONVE)**. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/emissoes/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-PROCONVE>. Acesso em: 10 mar 2022.

IZUMI, MARCIO YOSHIDA. **Influência das emissões automotivas no efeito estufa**. Monografia de graduação (Escola de engenharia química de Lorena-SP) - Universidade de São Paulo – EEL/USP. 2012. 41f.

JACOBI, Pedro Roberto, et al., Mudanças climáticas globais: a resposta da educação. **Revista Brasileira de Educação**, 2011, 16: 135-148 p.

LARA, Leonardo Gome. LEMOS, Carlos Fernando. Plano de ação para a redução de emissões dos gases de efeito estufa (GEE) do município de Betim-Mg, a partir da análise do seu inventário. Dissertação (Mestrado em sustentabilidade e tecnologia ambiental). IFMG campus Bambui. 2017. Disponível em: <https://repositorio.bambui.ifmg.edu.br/index.php/mpsta/index>. Acesso em: 10 mar. 2022.

LEIRIÃO, Luciana Ferreira Leite; ABE, Karina Camasmie; MIRAGLIA, Simone Georges El Khouri. Avaliação do Impacto do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores no Número de Óbitos por Problemas Cardiorrespiratórios na Região Metropolitana de São Paulo. Avaliação de Impacto em Saúde (Ais), p. 131, 2017.

MACIEL, Luís A. C. **Controle de emissões evaporativas durante reabastecimentos: um estudo para o Brasil**. 2015. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, 2015.

MENDES. Avaliação de programas de controle de poluição atmosférica por veículos leves no Brasil. 2004. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro 2004, 189f.

MCMURRY, J. Química orgânica. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. v. 1. 925 p.

MINISTERIO DA INFRAESTRUTURA (Brasil). **Frota de veículos 2021**. Disponível em <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/frota-de-veiculos-2021> - Acesso em: 10 mar. 2022.

MECA - Manufacturers of Emission Controls Association. **Emission Control of Small Spark-ignited Off-Road Engines and Equipment**. 2009. Disponível em: <http://www.meca.org/galleries/defaultfile/SORE%20white%20paper%200109%20FINAL.pdf> . Acesso em: 10 mar. 2022.

MIKERIN, N. A.; TER-MKRTICH'YAN, G. G.; GLAVIZNIN, V. V. **Emissions of hydrocarbons from evaporation of fuel. Regulation and test methods. Ways to ensure future requirements**. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. p. 012102.

MIGUEL, R. D. L. **Levantamento de emissões atmosféricas por meio de veículos automotores e sua contribuição para a poluição do ar: um estudo de caso na UTFPR Londrina**. 2021. 66p. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2021.

MILLER, Joshua; POSADA, Francisco. **Brazil PROCONVE P-8 emission standards. ICCT Policy Updat**. 2019. Disponível em: https://theicct.org/sites/default/files/publications/P8_emissions_Brazil_update_20190227.pdf. Acesso em: 10 mar. 2022.

MIRANDA, A. S.; OLIVEIRA, R. H. **Estudo e quantificação das emissões de gases de efeito estufa provenientes das atividades antropogênicas na UFV-Campus Florestal: ano base de 2011**. 2014. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa - Campus Florestal. 2014.

MOREIRA, H. M. **A atuação do Brasil no regime internacional de mudanças climáticas de 1995 a 2004**. São Paulo: UNESP, UNICAMP, PUC-SP, 2009.

MUNDUSCARBO. **Inventário Municipal de Emissões de Gases de Efeito Estufa de Belo Horizonte**. Relatório Técnico, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: http://www.pbh.gov.br/smpl/PUB_P015/Relat%C3%B3rio+Final+Gases+Estufa.pdf. Acesso em: 10 mar. 2022.

AN, F. et al. **Passenger vehicle greenhouse gas and fuel economy Standards: A global update**. ICCT - International Council on Clean Transportation. Washington, DC, 2017.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do, et al. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. E-book. 2. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária. 2020. (Estudos da pós-graduação). Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/53271>. Acesso em: 09 ago. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU completam 2 anos**. 2017. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu-completam-2-anos>. Acesso em: 21 nov. 2022.

RIBEIRO, Daniel. Combustíveis fósseis. **Revista de Ciência Elementar**, v. 2, n. 2, 2014. Disponível em: https://web.archive.org/web/20220301054612id_/https://rce.casadasciencias.org/rceapp/static/docs/artigos/2014-172.pdf. Acesso em: 09 ago. 2022.

SOUSA, Rafael Arromba. **Principais problemas ambientais e as legislações brasileiras**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Disponível em: https://www.ufjf.br/baccan/files/2012/11/Aula-7-Quimica-Atmosf%C3%A9rica_Parte2-Thalles1.pdf. Acesso em: 21 nov. 2022.

SZWARC, Alfred et al. Redução da emissão evaporativa do veículo em movimento e no reabastecimento de combustível. In: **Anais...Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva**, v. 22, 2014. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/84b3/13f010679fd549dcb41e6dc8c78d3d810fe.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2022.

PCPV. **Plano de Controle de Poluição Veicular do Estado de Sao-Paulo-2020 - 2022**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2021/01/PCPV-Plano-de-Controle-de-Poluicao-Veicular-do-Estado-de-Sao-Paulo-2020-2022.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2022.

PROCONVE. **Programa de Controle de Emissões Veiculares**. Disponível em <https://www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/PROCONVE_163.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2022.

ROCHA, G.O. et al., Química sem fronteiras: O desafio da energia. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 10, p. 1540-1551, 2013.

SALVO JUNIOR, Orlando de; SOUZA, Maria Tereza Saraiva de. A regulamentação como indutora de tecnologias ambientais para a redução de emissões tóxicas em veículos leves no Brasil. **Cadernos EBAPE. BR**, v. 16, p. 748-760, 2018.

SARRACINI, Fernando; MIYASHITA, Eduardo Mizuho; CARVALHO, Fernanda Linares. **NMOG Emissions Results According to PROCONVE L7**. Regulation. Flex Fuel Case Study. SAE Technical Paper, 2021.

SATO, Kazunari; KOBAYASHI, Noriyuki. Adsorption and desorption simulation of carbon canister using n-butane as model compound of gasoline. **Journal of the Japan Petroleum Institute**, v. 54, n. 3, p. 136-145, 2011.

S RIKO AUTOMOTIVE HOSES. Manual Técnico. Uso interno. 2022.

RIBEIRO, Daniel. Combustíveis fósseis. **Revista de Ciência Elementar**, 2014, 2.2 p.

SICILIANO, Bruno et al. An analysis of speciated hydrocarbons in hydrous ethanol (H100) and ethanol-gasoline blend (E22) for vehicle exhaust emissions. **Atmospheric Environment**, v. 285, p. 119248, 2022.

SILVA, Ricardo de lima; PIMENTA, Cristiane Ferreira; DUARTE, Neimar Freitas. Estudo comparativo dos limites legais de Emissões Atmosféricas no Brasil, EUA e Alemanha - VIII Semana de Ciência e Tecnologia IFMG - campus Bambuí. In: **Anais... I Seminário dos**

Estudantes de Pós-Graduação. 2015. Disponível em: <https://www.bambui.ifmg.edu.br/evento/imagens/SEP/2015/10.pdf>> Acesso em: 21 nov. 2022.

STEPANOV, Ilya A.; MAKAROV, Igor A. Greenhouse gas emissions regulation in fossil fuels exporting countries: opportunities and challenges for Russia. **Post-Communist Economies**, v. 34, n. 7, p. 916-943, 2022.

SZWARCFITER, L.; MENDES, F. E.; LA ROVERE, E. Enhancing the effects of the Brazilian program to reduce atmospheric pollutant emissions from vehicles. **Transportation Research**. Part D, v. 10, 2005. 153–160 p.

SZWARC, Alfred, et al. Redução da emissão evaporativa do veículo em movimento e no reabastecimento de combustível. In: **Anais...** Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva, 2014, 22 p. Disponível em: <https://aea.org.br/inicio/agenda/simposio-internacional-de-engenharia-automotiva-simea-2023>. Acesso em: 21 nov. 2022.

TEIXEIRA, E. C; FELTES, S; SANTANA, E. R. R. Estudo das emissões de fontes móveis na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande Do Sul. **Química Nova**, v. 31, p. 244, 2008.

TORRES, Leandro Marques et al. Poluição atmosférica em cidades brasileiras: uma breve revisão dos impactos na saúde pública e meio ambiente. **Naturae**, v. 2, n. 1, p. 23-33, 2020.

TUNDO, P.; ZECCHINI F. Mudanças climáticas globais . Publicado em julho de 2007 pelo Consórcio Interuniversitário Nacional “A Química para o Ambiente” e IUPAC União Internacional de Química Pura e Aplicada. Disponível em: <http://www.incaweb.org/publications/pdf/climate_monograph_por.pdf. Acesso em: 21 nov. 2022.

VITAL, Marcos Henrique Figueiredo. Aquecimento global: acordos internacionais, emissões de CO2 e o surgimento dos mercados de carbono no mundo. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 48, p. [167]-244, set. 2018.

UNFCCC. **Convenção-quadro das nações unidas sobre a mudança do clima**. Organização das Nações Unidas (ONU). Nova York. 2023. Disponível em: <https://unfccc.int/>. Acesso em 10 mar. 2022.

UNFCCC. **Convenção-quadro das nações unidas sobre a mudança do clima**. Organização das Nações Unidas (ONU). Nova York. 2023. Disponível em: <https://unfccc.int/about-us/about-the-secretariat>. Acesso em: 10 mai. 2023.

UTO INDUSTRIA, **Frota brasileira cresce para 44,8 milhões de veículos**. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.autoindustria.com.br/2019/05/14/frota-brasileira-cresce-para-448-milhoes-de-veiculos/>. Acesso em: 20 nov. 2019.

WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI). **Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol**. Monzoni, M.; Bhatia, P.; Biderman, R.; Fransen, T; Oliveira, B.; Strumpf, R.; Robinson, K. (Ed.). 2010, 77 p. Disponível em: fgv.br/ces/ghg. Acesso em: 21 nov. 2020.

VASQUES, Thiago. **Inventário de Emissões Veiculares no Estado de Santa Catarina**. 2018. 84 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2018.

VERGNHANINI FILHO, RENATO. Emissão de óxido de enxofre (SOX) na combustão industrial. Revista IPT: **Tecnologia e Inovação**, 2020: 4-14 p.



VESILIND, P. A.; MORGAN, S. M. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 2. ed, 2011.

WUEBBLES, Donald J.; JAIN, Atul K. Concerns about climate change and the role of fossil fuel use. **Fuel processing technology**, v. 71, n. 1-3, p. 99-119, 2001.

YABUSHITA, Evandro Eizo Roncaglia. **Inventário e proposta de gerenciamento de gases de efeito estufa (GEE) na UTFPR: estudo de caso do Câmpus Campo Mourão**. 2013. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/6830>. Acesso em: 20 nov. 2019.

10 ANEXO

1 - Termo de autorização com confidencialidade e sigilo

<p>SUMITOMO RIKO GROUP</p> <p> S Riko Automotive Hose do Brasil Ltda.</p> <p> S Riko Automotive Hose Tecalon Brasil S.A.</p> <p style="text-align: center;">TERMO AUTORIZAÇÃO COM CONFIDENCIALIDADE E SIGILO</p> <p>Por este termo, o Gerente Geral Industrial - Robson de Lima Silva, portador do CPF nº 034.937.406-62, fica AUTORIZADO a utilizar o documento “ relatório de testes de validação dos produto canister e documentos correlatos de propriedade das Empresas S Riko Automotive Hose do Brasil Ltda e S Riko Automotive Hose Tecalon Brasil S.A, única e exclusivamente para fins acadêmicos, os quais sejam “a utilização dos resultados objetivos a fim de determinar o potencial de reduções de emissões automotivas em uma determinada região, tema de sua dissertação de mestrado profissional”.</p> <p>Por este termo, Robson de Lima Silva, compromete-se:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A não utilizar as informações confidenciais, fotos e documentos a que tiver acesso, para gerar benefício próprio exclusivo e/ou unilateral, presente ou futuro, ou para uso de terceiros e a não repassar o conhecimento das Informações confidenciais, responsabilizando-se por todas as pessoas que vierem a ter acesso às informações, por seu intermédio; 2. A não efetuar nenhuma gravação ou cópia da documentação confidencial a que tiver acesso relacionado à empresa sem a devida permissão; 3. A não se apropriar para si ou para outrem de material confidencial ou sigiloso que venha a ser disponibilizado, inclusive fotografias e demais arquivos e documentos mencionados no preâmbulo deste termo. 4. A não utilizar imagens, constante em fotos e filmagens para outra finalidade que não seja a finalidade do serviço supracitado. 5. A não divulgar e/ou repassar o conhecimento das informações, por seu intermédio. <p>Neste termo, as seguintes expressões serão assim definidas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. “Informação confidencial” significará toda informação revelada relacionada à tecnologia apresentada associada com a Avaliação sob a forma escrita, verbal ou por quaisquer outros meios; 2. “Informação confidencial” inclui, mas não se limita às informações relativas às operações, processos, planos ou intenções, informações sobre produção, instalações, equipamentos, segredos de negócio, segredos de fábrica, dados, habilidades especializadas, projetos, métodos, metodologia, fluxogramas, especificações, componentes, fórmulas, produtos, amostras, diagramas, desenhos, fotos, gravações, desenhos de esquema industrial, patentes, oportunidades de mercado e questões relativas a negócios revelados durante a defesa acima mencionada;

SUMITOMO RIKO GROUP

 S Riko Automotive Hose do Brasil Ltda.

 S Riko Automotive Hose Tecalon Brasil S.A.

3. "Avaliação" significará todas e quaisquer discussões, conversações ou negociações entre, ou com as partes, de alguma forma relacionada ou associada com a defesa acima mencionada.

Caso o receptor da informação descumpra quaisquer obrigações previstas no presente documento estará sujeito as implicações e sanções de cunho civil e criminal cabíveis.

E PARA TODOS OS EFEITOS, firma o presente termo.

Juatuba, 31 de março de 2023



ROBSON DE LIMA SILVA
CPF: 034.937.406-62

11 APÊNDICE – PRODUTO TÉCNICO TECNOLÓGICO (PTT)



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS

FICHA TÉCNICA PARA A PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA

2023. MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA

AMBIENTAL (MPSTA) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas

Gerais (IFMG) Não há direitos reservados. A reprodução está autorizada, no todo ou em parte, desde que a obra original seja devidamente referenciada.

INFORMAÇÕES E CONTATOS

IFMG/BAMBUÍ – Fazenda Varginha – Rodovia Bambuí/Medeiros – Km 05

Caixa Postal 05 – Bambuí – MG - 38900-000 - www.bambui.ifmg.edu.br

REITOR DO IFMG - Kléber Gonçalves Glória

PRÓ-REITOR DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

Fernando Gomes Braga

DIRETOR GERAL DO IFMG – BAMBUÍ - Rafael Bastos Teixeira

COORDENADOR DO MPSTA – BAMBUÍ - Gustavo Augusto Lacorte

AUTORES

Robson de Lima Silva (aluno)

Carlos Fernando Lemos (orientador)

IMAGENS

Catálogo - Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

S586f Silva, Robson de Lima.
Ficha técnica para a produção técnica e tecnológica. / Robson de Lima Silva, Carlos Fernando Lemos. – Bambuí, 2023.
5 p.: il.; color.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
– Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em
Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2023.

1. Produto técnico. 2. Tecnologia social. 3. Emissões automotivas. I.
Lemos, Carlos Fernando. II. Título.

CDD 628.53

Classificação quanto ao subtipo do PTT (segundo Capes)*
<input type="checkbox"/> Carta, mapa ou similar
<input type="checkbox"/> Curso de Formação Profissional
<input type="checkbox"/> Empresa ou Organização Social Inovadora
<input type="checkbox"/> Manual/Protocolo/Procedimento Operacional Padrão (POP)
<input type="checkbox"/> Material Didático
<input type="checkbox"/> Patente depositada, concedida ou licenciada
<input type="checkbox"/> Produto Bibliográfico Técnico/tecnológico
<input type="checkbox"/> Processo/Tecnologia e Produto/Material não patenteável
<input type="checkbox"/> Software ou Aplicativo
<input checked="" type="checkbox"/> Tecnologia Social

*Essa seleção de PTT's poderá sofrer mudanças de acordo com os critérios de seleção pontuados pela Capes na Área de Avaliação.

1. APRESENTAÇÃO

Criado em 1986 o programa brasileiro de controle de emissões automotivas PROCONVE CONAMA, tem como principais objetivos, a redução dos níveis de emissão de poluentes por veículos automotores visando o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar, especialmente nos centros urbanos e promoção do desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automobilística, como também em métodos e equipamentos para ensaios e medições da emissão de poluentes.

Atualmente, o programa está em sua sétima fase o Proconve L7, que estabelece limites de emissões de Hidrocarbonetos (HCs) e Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) mais rígidos para veículos leves, tem como meta a redução de 500 mg/ dia - teste 48h sendo que o programa anterior Proconve L6 eram de 1500 a 2000 mg/dia – teste 48h.

A dissertação desenvolvida com o título “Redução de emissões automotivas no contexto do programa PROCONVE 17, descreve as ações aplicadas pelas montadoras de

automóveis para atingimento dos itens definidos, uma delas o redimensionamento do equipamento canister que adsorve os vapores de combustíveis gerados os retornando para a o sistema de combustão e não liberados na atmosfera.

O produto técnico tecnológico originado da dissertação consiste em web site onde as informações sobre o sistema o canister aplicado nos veículos reduzem as emissões de HCs e VOCs na atmosfera, bem como uma projeção quanto a quantidade total de emissões foram e serão reduzidas proporcional a quantidade de veículos que entram em circulação atendendo as especificações do Proconve 17.

O web site criado pode ser acessado pelo endereço eletrônico <https://sites.google.com/view/emissoesautomotivas/in%C3%ADcio>, as informações são obtidas na navegação pelo mesmo em seus subtítulos.



2. OBJETIVO(S)

Objetivo da Pesquisa

- Experimental
- Solução de um problema previamente identificado
- Sem foco de aplicação inicialmente definido

Demanda

- Espontânea
- Contratada
- Por concorrência

3. CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO (PTT)

3.1 Complexidade, vantagens, limitações e nível de complexidade (alta, média, baixa)

O acesso à internet nos dias atuais pela sociedade é bastante disponível através de redes de wifi gratuita em estabelecimentos privados como shopping centers, bares e restaurantes e públicos como escolas, universidades e programas de acesso à informação promovido pelos governos. Desta forma o website possui uma abrangência infinita com a vantagem de acesso em qualquer local que tenha cobertura de internet.

A linha de pesquisa está em plena discussão atual em todos os níveis sociais devido aos impactos atuais da crise climática em todos os continentes. Os pesquisadores e interessados em aprofundamento quanto ao tema, tem como principal fonte de informações a busca pela internet, tornando este produto técnico com ampla possibilidade de indicação pelas principais ferramentas de busca.

3.2 A qual linha de pesquisa do MPSTA o produto atende?

Planejamento e gestão ambiental

3.3 Qual o projeto de pesquisa o PTT pode ser vinculado?

Climatologia

3.4 Qual o caráter inovador?

() **Alto** - Desenvolvimento com base em conhecimento inédito

(x) **Médio** - Combinação de conhecimentos pré-estabelecidos

() **Baixo** - Adaptação de conhecimento existente

() Sem inovação aparente

3.5 Para qual público-alvo (situação) ele é indicado? o que ele visa oferecer a este público?

Pesquisadores, estudantes e demais profissionais que se interessam pelas questões climáticas e as ações que estão sendo empenhadas para enfrentamento do aquecimento global.

3.6 Abrangência territorial

Com o avanço tecnologia das informações, o acesso a informações disponíveis em web site torna a abrangência territorial não mensurável, porém o website está voltado a um produto específico da legislação brasileira e construído somente na língua portuguesa, a abrangência efetiva de consultas se limita ao território nacional brasileiro.