

Análise da emissão de material particulado através do sistema de transporte rodoviário

Analysis of emission of particulate material through the road transport system

DOI:10.34117/bjdv7n3-375

Recebimento dos originais: 08/02/2021

Aceitação para publicação: 16/03/2021

Ramiro Nogueira Oliveira

MBA em Gestão da Manutenção Engenheiro Mecânico

E-mail: engmec.ramiro@gmail.com

Lidianne do Nascimento Farias

Mestre em Engenharia Civil e Ambiental Engenheira Civil

E-mail: fariaslidianne@gmail.com

RESUMO

O material particulado é proveniente da queima do óleo diesel nos motores de combustão interna, portanto tem se apresentado como um dos principais poluidores do meio ambiente devido a quantidade de caminhões utilizados no Brasil no transporte rodoviário de cargas. Nesse contexto, o presente estudo teve por objetivo principal contribuir para a melhoria do sistema de controle de emissão de material particulado brasileiro, por meio de análise crítica dos dados oriundos dos ensaios de opacidade realizados em um Organismo de Inspeção Acreditado - OIA, entre os anos de 2017 e 2018, na cidade de Feira de Santana -BA. Os ensaios foram realizados conforme prescrições da ABNT NBR 13037 que determina a metodologia para os ensaios de opacidade, através da utilização de um opacímetro. Com os resultados obtidos, foi possível determinar a influência do ano de fabricação e quilometragem dos veículos nos valores obtidos. Por fim, recomenda-se que a manutenção correta dos transportes rodoviários é fundamental para manter o índice de opacidade dentro do especificado pelo fabricante.

Palavras-chave: Material particulado, Transporte rodoviário, Opacidade, Opacímetro.

ABSTRACT

The particulate material comes from the burning of diesel oil in the internal combustion engines, therefore it has presented itself as one of the main polluters of the environment due to the number of trucks used in Brazil in the road transport of cargo. In this context, the main objective of this study was to contribute to the improvement of the Brazilian particulate material emission control system, through a critical analysis of data from opacity tests performed at an Accredited Inspection Body - OIA, between the years 2017 and 2018, in the city of Feira de Santana - BA. The tests were performed according to the ABNT NBR 13037 method, which determines the methodology for the opacity tests, using an opacimeter. With the results obtained, it was possible to affect the year of manufacture and mileage of the selected values. Finally, it is recommended that the correct maintenance

of road transport is essential to maintain the opacity index within the specified manufacturer.

Keywords: Particulate material, Road transport, Opacity, Opacimeter.

1 INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica é um dos problemas ambientais mais graves da modernidade, como também um contratempo bastante antigo (LOUREIRO, 2005). Entre as contribuições para esse tipo de problema, está a emissão de gases poluentes e material particulado proveniente da combustão dos motores, que vem gerando grande impacto ao meio ambiente e a saúde da população. Dessa forma, visando melhorar o controle dos materiais particulados gerados na combustão dos motores de ciclo diesel, se fazem necessários testes de emissões em caminhões (PARISI, 2013).

O óleo diesel é um dos combustíveis mais utilizados no mundo e o seu consumo não se restringe somente ao uso veicular. Além de sua aplicação automotiva, também é empregado nos setores agrícola, ferroviário, marítimo, de geração de energia e como fonte de calor para pequenas caldeiras e fornos industriais. Em países mais frios é usual a utilização de diesel para aquecimento residencial. Assim, as propriedades do óleo diesel variam bastante em função do local onde é utilizado (BRUNETTI, 2013).

Uma das maneiras de inspeção e controle dos motores do ciclo diesel em sistemas de transportes são os ensaios de opacidade (índice de fumaça em aceleração livre), que visa verificar a quantidade de material particulado emitido pelos motores conforme os limites do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA e dos fabricantes dos caminhões. As especificações deverão ser atendidas, caso contrário, serão realizadas manutenções para que voltem a operar dentro dos limites (CONAMA, 2009).

Os materiais particulados (MP) são provenientes da queima do diesel nos motores de combustão interna junto a outros gases, os quais tem sua composição distribuída da seguinte maneira: CO (monóxido de carbono) 0,045%; NO_x (número de oxidação) 0,15%; HC (carbono + hidrogênio = hidrocarbonetos) 0,03%; SO₂ (dióxido de enxofre) 0,025%; MP (material particulado) 0,15%. O MP é uma mistura de partículas muito pequenas, com espessura cerca de cinco vezes menor que um fio de cabelo, ou mesmo que gotículas de substâncias líquidas (PARISI, 2013).

Uma das premissas do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE (PROCONVE, 2012) é que os veículos utilizados no transporte de cargas, movidos a motores ciclo diesel, diminuam o nível de material

particulado emitido na atmosfera proveniente da combustão, este programa obrigou as montadoras a inserirem novas tecnologias para transformar seus veículos mais eficientes quanto ao aspecto de emissões, e influenciou as indústrias de combustíveis, devido à obrigatoriedade de fornecimento de diesel com menor teor de enxofre (PROCONVE, 2012).

Diante do contexto apresentado, este trabalho tem como objetivo analisar dados coletados nos ensaios de opacidade, tendo como variáveis a quilometragem, ano de fabricação, valor do ensaio, quantidade de reprovações e motivo das mesmas. Para tal, buscou-se pesquisar na literatura as normas e procedimentos do ensaio, realizar ensaios de opacidade e coletar os dados para pesquisa.

É importante destacar que os veículos mais antigos não possuem sistemas catalíticos e outras tecnologias de injeção que ajudem na redução de emissão de material particulado e gases poluentes. Já os mais novos, apresentam várias tecnologias como tratamento pós-combustão e sistemas injetores inteligentes, que permitem diminuir a emissão de poluentes e MP. Independentemente da idade do veículo, se faz necessário realizar os ensaios para se verificar a quantidade e a variação de material particulado que emitem na atmosfera.

No momento atual, a Bahia não dispõe de programas de controle e monitoramento do ar como o estado do Rio de Janeiro, que a mais de uma década fixou o programa de manutenção e inspeção de veículos em uso. Todavia, todos os veículos caminhão tipo trator e caminhão tipo carga em domínio nacional que fazem o transporte de produtos perigosos e que necessitam do CIV (Certificado de Inspeção veicular) para carregamento, são obrigados a realizar o ensaio de opacidade junto a uma inspeção de segurança veicular por empresa que esteja credenciado pela CGCRE (Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO).

O trabalho justifica-se devido à região não dispor de dados referentes de poluição de veículos pesados, para se discutir a influência dos caminhões na poluição atmosférica, por isso, a importância de elaborar estudos através de ferramentas de estatística que concede avaliar de forma eficiente uma quantidade de dados.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho constitui-se de um estudo de caso de cunho exploratório e quantitativo, onde foi realizado coletas e análises de dados. A coleta de dados foi realizada em uma unidade técnica especializada localizada na cidade de Feira de Santana – BA, no

período de agosto de 2017 a março de 2018, avaliando veículos de oito fabricantes que foram produzidos entre os anos de 1972 a 2017. Nesse estudo, os fabricantes não são identificados e os resultados apresentados são designados por letras (Tabela 1).

2.1 ENSAIO DE OPACIDADE

Para o levantamento de dados em campo foi utilizado o método da NBR 13037 (ABNT, 2001) junto a da CONAMA 418, com o opacímetro NA-9000, dotado de um sistema analisador de opacidade de fluxo parcial provido de um módulo controlado por microprocessador, onde o programa de medição funciona através de um computador do tipo IBM-PC, controlando o processo de medição e executando diagnóstico do próprio sistema com calibração automática.

Ao dar início ao ensaio de opacidade, o programa utilizado solicita aceleração rápida do veículo até a rotação de corte ou curso máximo e manter até o software indicar para desacelerar. Esse procedimento é feito com repetição de 10 vezes. Entretanto, o primeiro valor de opacidade da primeira aceleração é descartado e quando não houver variação de $0,25m^{-1}$ em quatro repetições, o programa encerra o teste e exhibe “APROVADO” na tela e relatório a ser impresso. Quando o motor ultrapassa os limites estabelecidos, o programa demonstra na tela “REPROVADO” junto com o relatório onde consta os valores do ensaio a ser entregue ao proprietário para ser realizada a manutenção e retorno para refazer o procedimento.

Dessa forma, para a coleta de dados do estudo foram considerados 640 amostras de ensaios registrados de índice de emissão de particulados em aceleração livre (opacidade).

Por fim, a análise estatística foi realizada pelo método descritivo no programa Microsoft Office Excel, a partir dos dados de ensaios de opacidade realizados que sumarizou e descreveu os dados do conjunto de fabricantes.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Para melhor análise dos ensaios realizados, os transportes foram divididos em dois grupos por fabricantes:

- Grupo 01: Transportes com ano de fabricação maior ou igual a 2012 acompanhando a normativa PROCONVE P7, a fase que está em vigor desde janeiro de 2012 que equivale a 44,84% dos ensaios do trabalho;
- Grupo 02: Transportes com ano de fabricação menor a 2012, que atende a fases

anteriores da normativa, com equivalência de 55,16% dos ensaios do trabalho.

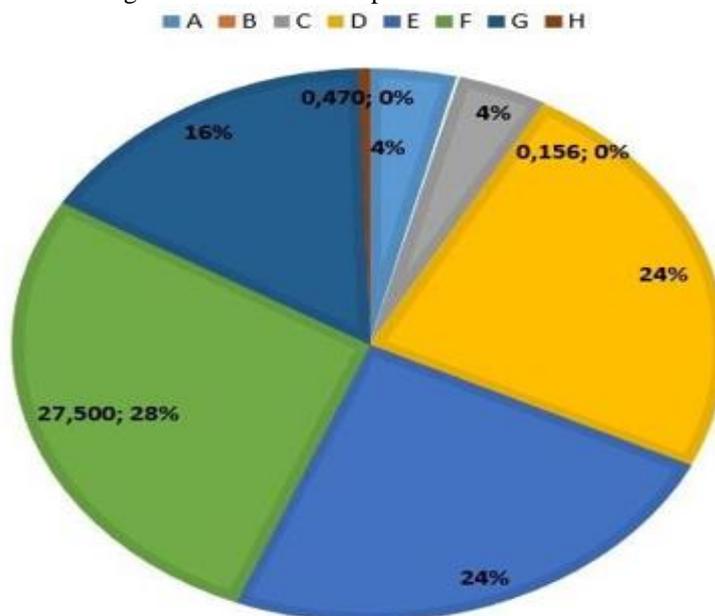
A Tabela 1 mostra a distribuição dos dados por fabricantes e grupos, o percentual de cada um deles, bem como o número total de ensaios realizados no período da pesquisa.

Tabela 1 - Número de ensaios e percentual por fabricante

FABRICANTE	GRUPO 01	GRUPO 02	TOTAL	% TOTAL	% GRUPO 01	% GRUPO 02
A	14	11	25	3,906	4,878	3,116
B	0	1	1	0,156	0	0,283
C	9	17	26	4,062	3,136	4,816
D	57	97	154	24,062	19,860	27,479
E	83	70	153	23,906	28,910	19,830
F	76	100	176	27,500	26,481	28,329
G	45	57	102	15,938	15,690	16,147
H	3	0	3	0,470	1,045	0
TOTAL	287	353	640	100	100	100

A Figura 1 representa os ensaios realizados na ITL, com destaque para o fabricante “F” pelo maior número de motores ensaiados.

Figura 1 - Índice de transportes ensaiados



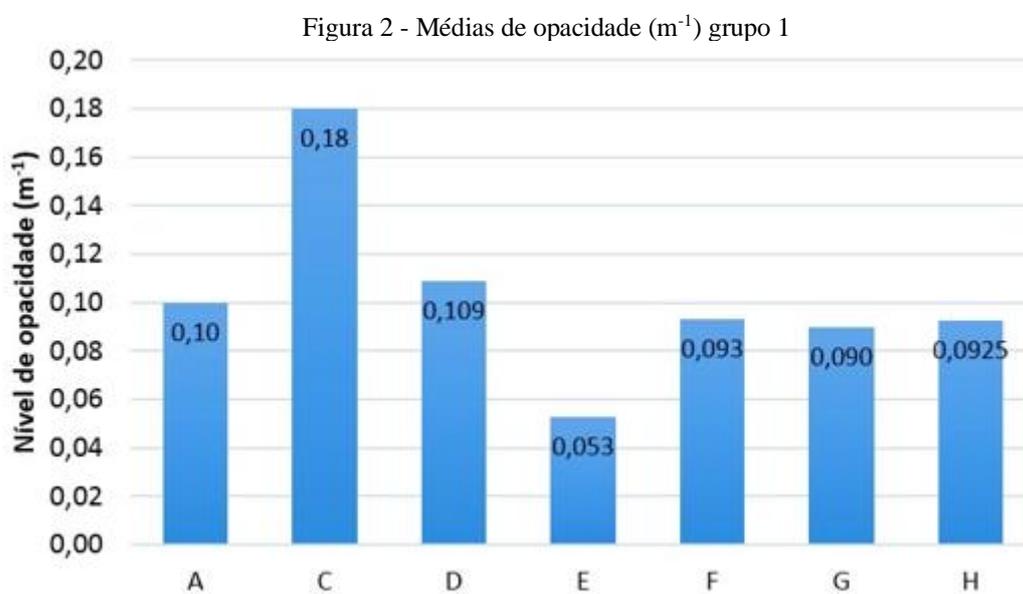
Ressalta-se que a dimensão apresentada acima refere a todos os veículos que foram reprovados e aprovados no ensaio de opacidade ou índice de emissão de fumaça em aceleração livre, excluindo veículos que foram rejeitados por outros motivos que

impossibilitaram a realização do ensaio como vazamento de óleo, nível baixo de combustível, emissão de fumaça preta, branca ou azul, dentre outros, que não foram contabilizados nos ensaios.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

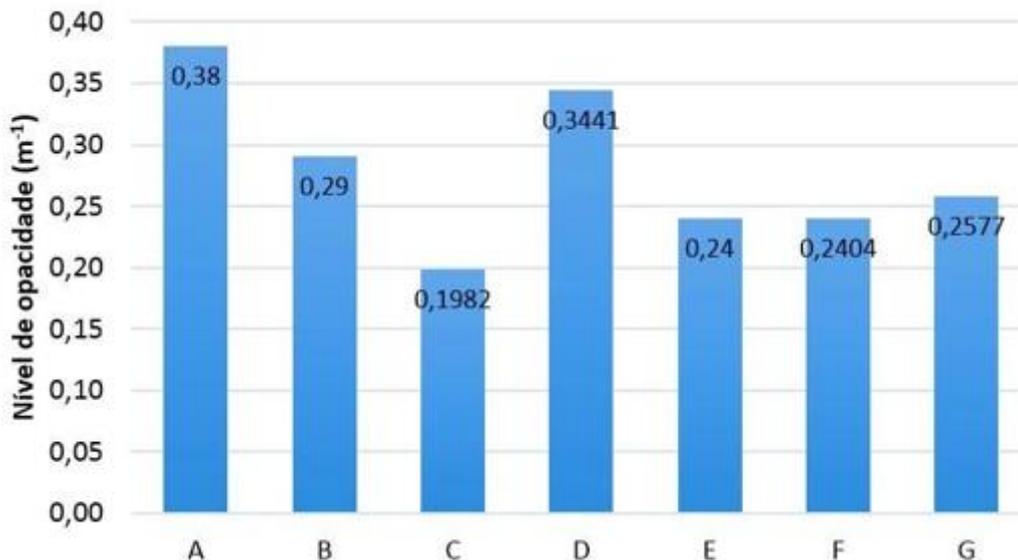
3.1 NÍVEL DE OPACIDADE

Com base na Figura 2, observa-se o percentual de veículos ensaiados em função da fase da normativa PROCONVE P7 (PROCONVE, 2012). A Figura 2 a seguir, indica as médias de opacidade por fabricante para o grupo 01, onde a maior média está situada no fabricante “C”.



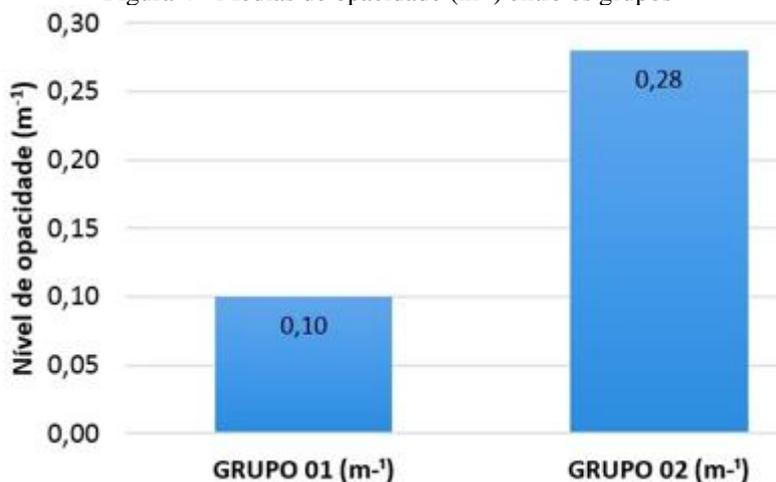
A próxima figura (Figura 3), demonstra as médias de opacidade para o grupo 02, onde a montadora “A” ficou com o maior índice e “C” o menor, entre os demais fabricantes.

Figura 3 - Médias de opacidade (m^{-1}) grupo 02



Analisando as médias da Figura 4, entre o grupo 01, que obteve como resultado um nível de opacidade de $0,10 m^{-1}$, e o grupo 02 com $0,28 m^{-1}$, notou-se que os veículos mais antigos têm a tendência de maior emissão de material particulado.

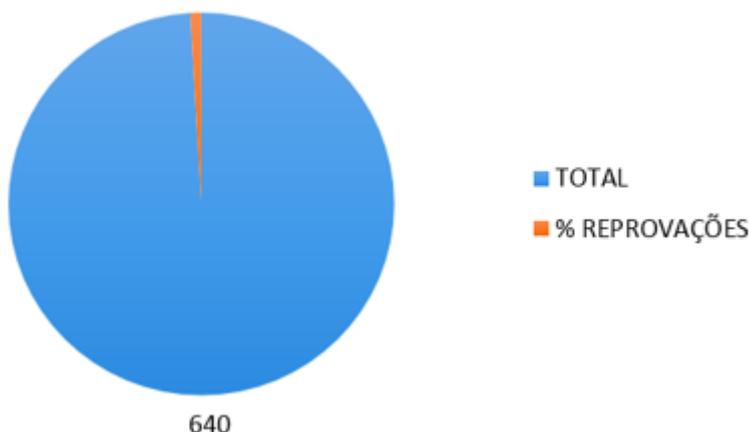
Figura 4 - Médias de opacidade (m^{-1}) entre os grupos



3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS TRANSPORTES REPROVADOS

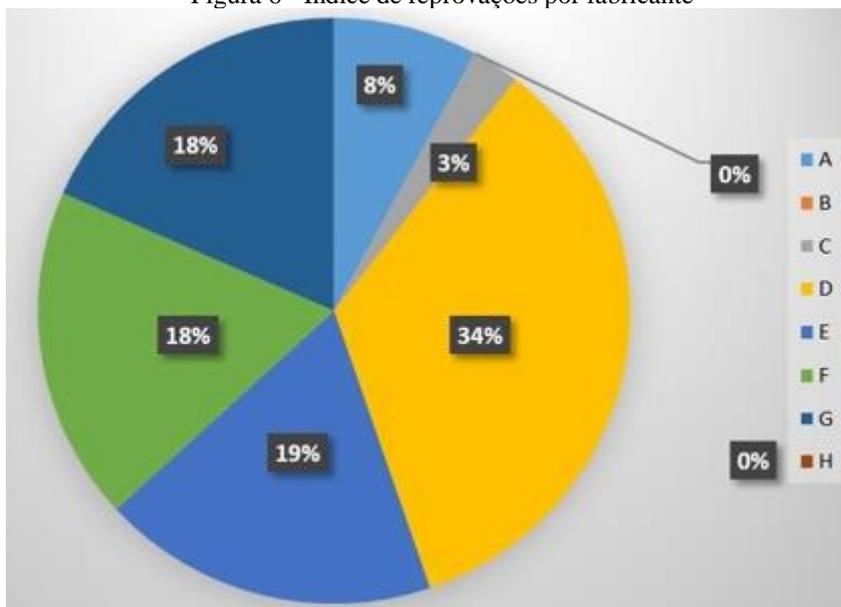
A comparação entre a quantidade total de ensaios e a base contendo veículos reprovados traz algumas indicações que serão demonstradas na análise estatística descritiva dos resultados. A Figura 5 traz o índice de reprovações total.

Figura 5 - Percentual de reprovações totais
5,9375



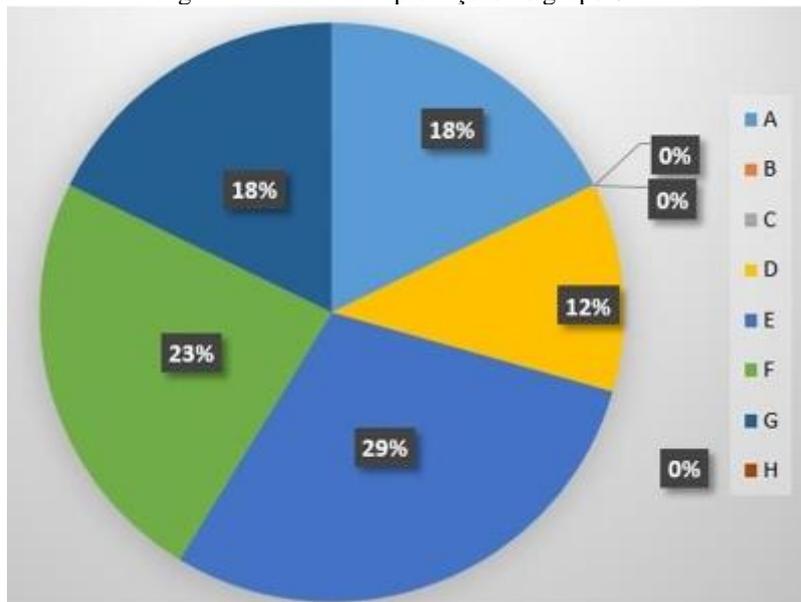
Conforme a Figura 6 pode-se perceber o percentual de reprovações por fabricante, que totalizaram 38 veículos, unindo os dois grupos. Ressalta-se também que o fabricante “H” e “B” tiveram zero de percentual devido a nenhum veículo deles serem reprovados. Já o maior índice de reprovações ficou para o fabricante “D”.

Figura 6 - Índice de reprovações por fabricante



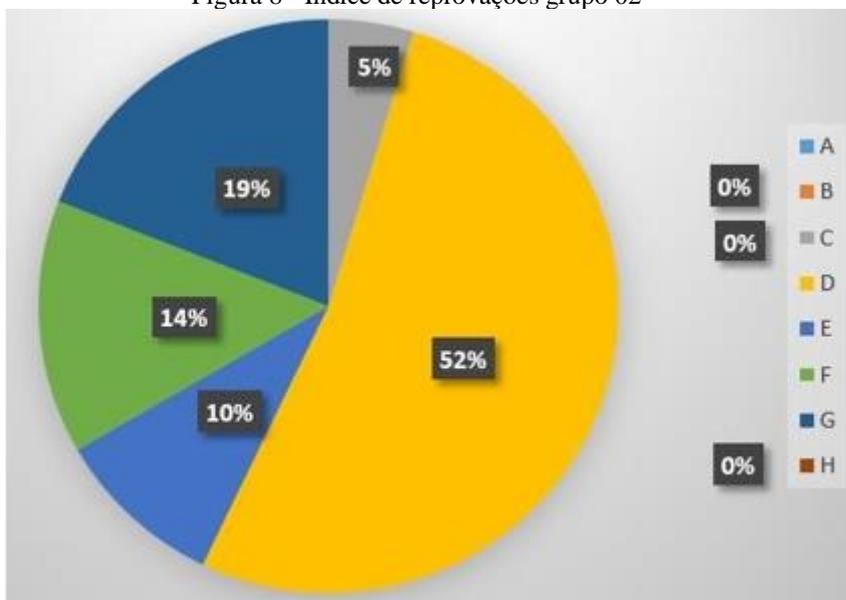
Na Figura 7, o fabricante “E”, tem o maior índice de reprovações para o grupo 01. Ressalta-se que, o fabricante tem o maior número de veículos ensaiados do grupo, no total de oitenta e três veículos, o que pode lhe proporcionar um índice maior que os demais.

Figura 7 - Índice de reprovações do grupo 01



A Figura 8 reúne o percentual de reprovados no grupo 02, onde os veículos mais antigos ensaiados estão dentro da fatia do fabricante com o maior índice de reprovações, o fabricante “D”. Ressalta-se que o fabricante “H” não teve veículos nesse grupo, assim como o fabricante “B” e “C” não tiveram nenhum veículo reprovado.

Figura 8 - Índice de reprovações grupo 02



3.2.1 Motivos de reprovações nos ensaios

Os veículos que não foram rejeitados durante a pré-inspeção, durante o ensaio de opacidade, foram reprovados por outras ocasiões. Desse modo, houveram quatros

motivos que reprovaram no total de trinta e oito veículos, estes foram divididos conforme a Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 - Motivos de reprovações nos ensaios

MOTIVOS DE REPROVAÇÕES	QUANTIDADE
Não atingir rotação necessária	26
Limite acima do permitido	3
Funcionamento irregular do motor	8
Emissão de fumaça azul durante ensaio	1
TOTAL	38

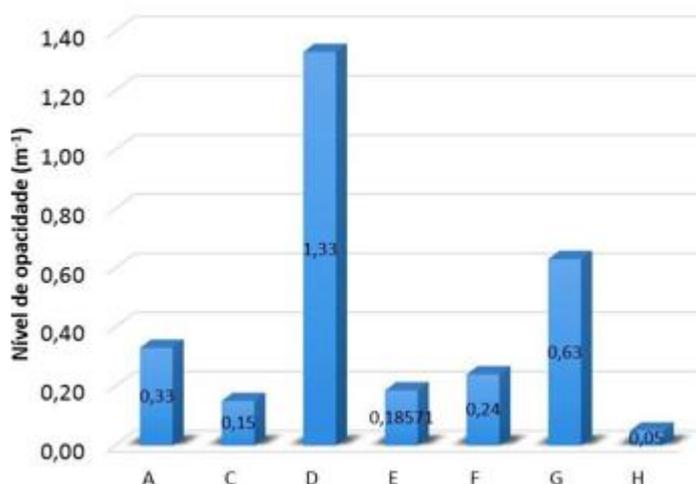
3.3 ANÁLISE DOS ENSAIOS POR CLASSES

Outro ponto de partida dos ensaios se deu através da análise entre as classes dos veículos, divididas em:

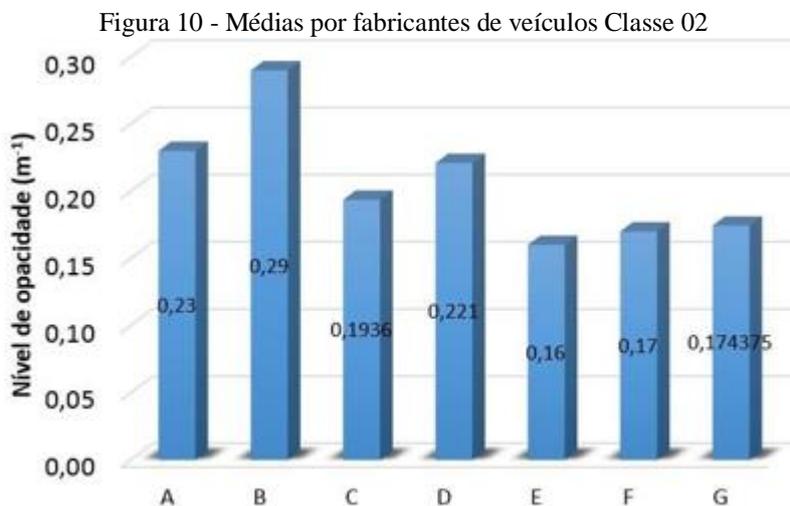
- Classe 01: Veículos com hodômetro acima de um milhão de quilômetros;
- Classe 02: Veículos com hodômetro abaixo de um milhão de quilômetros.

A Figura 9 mostra a média por fabricante para os veículos que pertencem a Classe 01, onde o veículo tem a maior depreciação devido a quantidade de quilometragem ou horas de funcionamento do motor. A maior média do índice de emissão de material particulado fica para o fabricante “D”. Já o fabricante “H”, tem o menor índice de emissão entre todos os fabricantes.

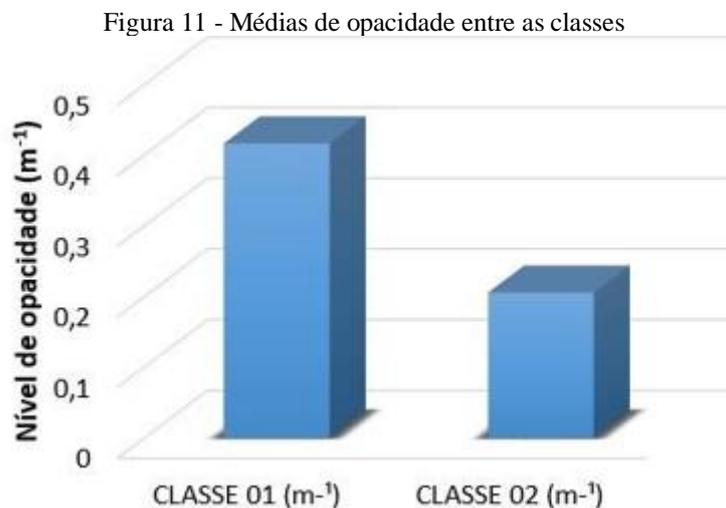
Figura 9 - Médias por fabricantes de veículos Classe 01



A Figura 10 demonstra as médias por fabricantes para os veículos Classe 02, que são os veículos com menor quantidade de quilometragem, onde o fabricante “E” teve a menor média entre os demais. E o fabricante “B” a maior média.



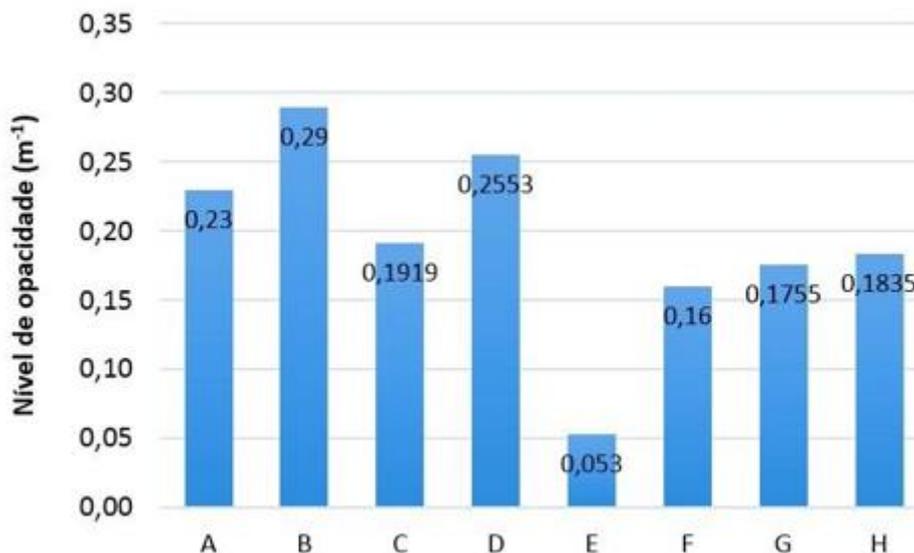
Analisando as médias da Figura 11, entre a Classe 01, que ficou em 0,4165 m⁻¹ e a Classe 02 em 0,2055 m⁻¹. Nota-se que os veículos com maior quilometragem têm tendência de maior emissão de material particulado.



3.4 ANÁLISE GERAL DOS FABRICANTES

De acordo a Figura 12, foi demonstrado as médias por montadoras sem as divisões de grupos ou classes. O fabricante “E” tem a menor média entre os demais, e o fabricante “B” ficou com a maior média, mesmo só tendo um veículo no estudo. Vale ressaltar que os maiores contribuintes do trabalho, fabricantes “G” e “H”, ficaram com médias bem próximas uma da outra.

Figura 12 - Médias geral por fabricantes



3.5 INTERPRETAÇÕES DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS

Os índices de opacidade para todos os veículos ensaiados dependem essencialmente das condições que o proprietário mantém o veículo. A qualidade do combustível utilizado, assim como a correta manutenção preventiva, interfere diretamente com a quantidade de material particulado que é despejado no ambiente.

Em hipótese, os valores de opacidade acima do limite especificado pelo fabricante ou médias muito altas estão relacionados com o sistema de injeção de combustível. Quando esse sistema não está funcionando nas condições especificadas pelo fabricante, como o tipo de combustível a ser utilizado, a manutenção periódica em peças ou equipamentos relacionados a combustão, como bicos injetores e pressão de trabalho da bomba de combustível, a tendência é que as emissões aumentem devido ao veículo não atender as condições especificadas para que o sistema se mantenha com índice menor de MP.

4 CONCLUSÕES

Em concordância com o definido no objetivo do presente estudo, foram analisados neste trabalho os resultados de emissões de material particulado através de veículos pesados movidos a motores do ciclo diesel utilizados na região de Feira de Santana- BA, visando contribuir para a melhoria do controle de emissões no sistema brasileiro.

Após análise dos dados de emissão de material particulado entre 640 transportes pesados de oito fabricantes, este estudo obteve as seguintes conclusões:

- Como esperado, o ano de fabricação do transporte rodoviário tem grande influência nos valores de emissão de material particulado. Conforme o grupo 02, com fabricação entre 1972 a 2011 tiveram maior valor de opacidade em relação ao grupo 01 com veículos entre 2012 a 2017;
- A quilometragem influencia diretamente nos valores de emissão de material particulado. Os veículos que apresentaram quilometragem acima de um milhão de quilômetros tiveram o índice maior dentre os que ficaram abaixo dessa faixa;
- O índice de reprovação é relativamente baixo, devido a ser realizado pré- inspeção antes de iniciar o ensaio, que já reprova o veículo sem a necessidade de realização do procedimento;
- Os fabricantes “F” e “G”, são concorrentes direto no ramo de veículos pesados e mantém os índices relativamente baixos e bem próximos um do outro, ou seja, a diferença mínima de emissão de material particulado;
- O fabricante “E” tem um índice de emissão de MP muito baixo devido a ser portador de várias tecnologias, no que resulta na baixa emissão;
- O fabricante “D” tem a maior fatia nos grupos de veículos antigos, e mesmo assim consegue uma média melhor que outros fabricantes;
- O maior motivo de reprovação, é devido os veículos não conseguirem a rotação de corte estipulado pelo próprio fabricante, que é ocasionado da falta ou incorreta manutenção do veículo;
- A análise estatística comprovou que existem diferenças nas emissões de material particulado entre os diferentes fabricantes de veículos pesados entre os oito fabricantes envolvidos.

Esta pesquisa se limitou a veículos utilizados em transporte de produtos perigosos, o que não impede que para trabalhos futuros sejam realizados em caminhões utilizados em diversas áreas com simulações de diferentes cargas no motor. Além disso, é pertinente a realização de um estudo de ensaio de opacidade para diferentes tipos de óleo diesel disponíveis no mercado nacional.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 13037. Veículos

rodoviários automotores - Gás de escapamento emitido por motor diesel em aceleração livre - Determinação da opacidade. Rio de Janeiro, 2001.

BRUNETTI, F. Motores de Combustão Interna. 12. ed. Vol 2. São Paulo: Blucher, 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. RESOLUÇÃO Nº 418, DE 25 DE NOVEMBRO DE 2009. Publicada no DOU nº 226, de 26/11/2009, p. 81-84.
Rio de Janeiro, 2009.

GOVERNO DO BRASIL. ANP aprova abastecimento com diesel de baixo teor de enxofre a partir de janeiro de 2012. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/anp-aprova-abastecimento-com-diesel-de-baixo-teor-de-enxofre-a-partir-de-janeiro-de-2012>. Acesso em: 20 abr. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS- IBAMA. Instrução normativa Ibama nº 6, de 8 de junho de 2010. Dou 09.06.2010. Rio de Janeiro.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. Opacímetro. 2012. Disponível em <<http://www.inmetro.rs.gov.br/opacimetro.html>>. Acesso em: 01 de nov. de 2017.

LOUREIRO, L. N. Panorâmica sobre Emissões Atmosféricas Estudo de Caso: Avaliação do Inventário de Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro para Fontes Móveis. Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2005.

PARISI. Inspeção Ambiental em Veículos Diesel. 2013.
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=dssf-XM7pUc>. Acesso em: 15 de out. de 2017.

PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES. PRONCOVE P7. Rio de Janeiro, 2012.