

DETECÇÃO DE CO e CO₂ EMITIDOS POR UM MOTOR A GASOLINA DE CICLO OTTO

*Mateus Mesquita¹, Daniel Maia Pessanha¹, Marcelo da Silva Sthel³, Guilherme Rodrigues Lima⁴,
Silas das Dores Alvarenga², Wily Câmara² e Francisco de Assis Léo Machado^{2*}*

RESUMO

MESQUITA, M.; PESSANHA, D.M.; SHTEL, M.S.; LIMA, G.R.; ALVARENGA, S.D.; CÂMARA, W.; MACHADO, F.A.L. Detecção de CO e CO₂ emitidos por um motor a gasolina de ciclo Otto. **Perspectivas Online: Exatas & Engenharia**, v. 7, n.18, p.15-21, 2017.

As alterações climáticas tem levado diversos grupos de pesquisas a discutir soluções e alternativas que possam ao menos desacelerar o desequilíbrio ambiental. Os combustíveis fósseis, por exemplo, são um dos grandes vilões do aquecimento global. O uso desenfreado de derivados do petróleo tem contribuído demasiadamente para a elevação da temperatura terrestre. Gases como o monóxido de carbono (CO) e o dióxido de carbono (CO₂) por exemplo, provenientes da combustão que ocorre em diversos tipos de motores são considerados

altamente poluentes pois impactam diretamente no efeito estufa. Neste trabalho a concentração em ppm de CO e CO₂ emitidos por um motor a gasolina foram analisados. As medidas foram realizadas com auxílio de um analisador de gás portátil com os motores operando em alta e baixa rotação. Os resultados encontrados para CO e CO₂ em alta rotação foram menores do que em baixa rotação, em ambos os casos, os valores estão dentro do padrão estabelecido pela legislação brasileira vigente.

Palavras-chave: Monóxido de Carbono (CO); Dióxido de Carbono (CO₂); Motor de Combustão Interna.

ABSTRACT

The climate change suffered by the planet has caused several researchers to discuss solutions and alternatives that could slow down the environmental impact. Fossil fuels, for example, are a major contributor to global warming. The excessive use of petroleum derivatives has contributed too much to the elevation of the terrestrial temperature. Gases such as carbon monoxide (CO) and carbon dioxide (CO₂), for example, from combustion that occurs in several types of engines are considered highly polluting

because they directly affect the greenhouse effect. In this work the concentration in ppm of CO and CO₂ emitted by a gasoline engine were analyzed. The measurements were performed using a portable gas analyzer with the motors operating at high and low rotation. The results for CO and CO₂ in high rotation were lower than in low rotation, in both cases, the values are within the standard established by current Brazilian legislation.

Keywords: Carbon Monoxide (CO); Carbon Dioxide (CO₂); Internal Combustion Engine.

¹Institutos Superiores de Ensino do CENSA – ISECENSA – Acadêmico do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica – Rua Salvador Correa, 139, Centro, Campos dos Goytacazes, RJ, CEP: 28035-310, Brasil;

²Institutos Superiores de Ensino do CENSA – ISECENSA – Laboratório de Engenharia Mecânica – Rua Salvador Correa, 139, Centro, Campos dos Goytacazes, RJ, CEP: 28035-310, Brasil;

³Universidade Estadual Norte Fluminense – UENF – Laboratório de Ciências Físicas – Avenida Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ, CEP: 28013-602, Brasil;

⁴Universidade Federal do Espírito Santo – Departamento de Química e Física – Alto Universitário, s/nº, Guararema, Alegre, ES, CEP:29500-000, Brasil

(*)e-mail: franciscoleomachado@gmail.com

Data de chegada: 20/05/2017 Aceito para publicação: 28/07/2017

1. INTRODUÇÃO

A poluição do ar atmosférico é um problema ambiental que tem chamado a atenção de diversos grupos de pesquisa pois seus efeitos afetam diretamente à saúde da população e aos ecossistemas. Dentre as diversas fontes emissoras de gases poluentes destacam-se os veículos automotivos de combustão interna, embora esses veículos utilizem tecnologias de redução de emissões, eles apresentam uma grande contribuição para o aumento da poluição do ar atmosférico.

No Brasil em torno de 80% da população se concentram nos centros urbanos, onde conseqüentemente se concentra grande parte da frota automotiva brasileira (COSTA PINTO, 2005). Os poluentes emitidos pelo tubo de escapamento dos veículos são resultados da combustão incompleta que ocorre no motor. Na queima da gasolina nos motores de ciclo OTTO, os gases da exaustão são constituídos basicamente de monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC), estes poluentes em contato com o sistema respiratório podem produzir efeitos nocivos à saúde da população.

Para Dutra *et. al* (2004), o crescimento descontrolado da frota de veículos, fruto do aumento populacional, a ineficiência dos transportes coletivos e a inadequação dos sistemas viários, vêm causando um processo contínuo de saturação das vias de tráfego dos centros urbanos. Nestes locais o aumento da emissão de gases poluentes é agravado pela manutenção inadequada dos motores e pela adulteração e deterioração dos sistemas de escapamento, atingindo muitas vezes níveis de poluição superiores aos padrões aceitáveis.

Atualmente os padrões de emissões no tubo de escapamento dos veículos automotores são regidas pela Resolução 418/2009 de 25 de novembro de 2009 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e pela Instrução Normativa nº 6, de 8 de junho de 2010 do Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). Esta Instrução Normativa define o procedimento de inspeção veicular e critérios para elaboração de planos de controle de poluição veicular, bem como determina limites de emissões e procedimentos para a avaliação do estado de manutenção do veículo em uso.

Levando em consideração que os veículos a gasolina tem um impacto significativo na matriz energética, haja vista que a gasolina é um derivado do petróleo, neste trabalho, foram realizadas medidas de emissões de monóxido (CO) e dióxido de carbono (CO₂) em um motor a gasolina (ciclo Otto) de bancada que pertence ao Laboratório de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Ensino do Censa (ISECENSA), localizado no município de Campos dos Goytacazes-RJ, no intuito de verificar se os motores atendem as normas brasileiras vigentes, desta forma, todas as medidas foram realizadas tomando como base parâmetros definidos pela Resolução 418/2009 do CONAMA.

2. METODOLOGIA

2.1. Resolução nº 418, de 25 de Novembro de 2009

Esta resolução dispõe sobre critérios para a elaboração de Planos de Controle de Poluição Veicular - PCPV e para a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M pelos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e determina novos limites de emissão e procedimentos para a avaliação do estado de manutenção de veículos em uso.

Os valores de referência para os gases emitidos pelo escapamento dos veículos estão expressos em partes por milhão (ppm), onde se adota que 10000 ppm corresponde a 1%.

Tomando como base o Anexo I desta resolução, adotamos o limite máximo de emissão de $CO_{\text{corrigido}}$ como 0,3%, para veículos que operam com motor do ciclo Otto à gasolina. Este limite de emissão é para veículos fabricados a partir de 2006. Ainda com base na resolução verificamos as velocidades de rotação do motor, em marcha lenta (baixa rotação) e em alta rotação. Para marcha lenta a velocidade angular deve estar na faixa de 600 a 1200 rpm e ser estável dentro de ± 100 rpm. A velocidade angular em regime acelerado (alta rotação) deve ser de 2500 rpm com tolerância de ± 200 rpm.

Para o CO, o valor a ser adotado é o $CO_{\text{corrigido}}$, o objetivo básico deste parâmetro é corrigir o valor medido de CO, para obter o real emitido pelo motor e detectar vazamentos no escapamento (entrada de ar falso) através do cálculo do fator de diluição dos gases de escapamento, este valor deve ser igual ou inferior a 2,5. No caso do fator de diluição ser inferior a 1,0, este deverá ser considerado como igual a 1,0, para o cálculo do valor corrigido de CO. No caso de vazamento, o valor medido pelo CO resulta menor que o real, presente nos gases de escape.

2.2. Fator de Diluição e $CO_{\text{corrigido}}$

A ideia do fator de diluição é que havendo diluição dos gases de escape por vazamento na tubulação de escapamento, as quantidades (em volume) de CO_2 e CO, medidas pelo analisador, resultarão tanto menor quanto maior seja a entrada de ar. Sem a presença de vazamentos e para a gasolina, a soma ($CO + CO_2$) deve estar próxima a 15%, quanto menor é o valor desta soma (com relação a 15%), maior é a diluição. Na verdade, o valor de diluição é uma indicação da presença de ar falso no escape, mas não define a quantidade, em porcentagem, deste ar (Manavella, 2017). O valor de diluição real pode ser determinado pela equação 1. O CONAMA estabelece que o veículo para aprovação deve ter diluição mínima de 6 %.

$$\text{Diluição real} = 1 - [(\%CO + \%CO_2) / 15] \quad (1)$$

O valor de $CO_{\text{corrigido}}$ é obtido, a partir do CO_{medido} , através da equação 2.

$$CO_{\text{corrigido}} = F.C. \times \% CO_{\text{medido}} \text{ com } F.C. = 15 / [\%CO_{\text{medido}} + \%CO_2] \quad (2)$$

O fator de correção (F.C.) serve para determinar, de forma aproximada, o CO real presente nos gases de escape, na presença de vazamento. Em um motor a gasolina, em bom funcionamento, a quantidade de CO_2 gerado no escape é de aproximadamente, 15%. Portanto, o fator de correção $15/[CO_2+CO]$ é uma aproximação de quão diluídos estão os gases de escape. A ideia é que os átomos de carbono, que não são transformados em CO_2 , aparecem como CO e, portanto, a somatória deveria ser 15%. Quanto maior a diluição, menor é a soma, pelo que, havendo entrada de ar falso, os valores de CO e CO_2 , medidos pelo analisador, resultam (em volume) menores que os reais emitidos pelo motor. Na ausência de diluição, os valores de CO medido e CO corrigido, resultam similares. O valor a ser utilizado, para certificação do veículo é o CO corrigido. Valores de $CO_{\text{corrigido}}$ superiores ao CO_{medido} , são indicação de que os gases de escape estão diluídos; há presença de ar falso.

2.3. Detecção do Monóxido (CO) e Dióxido de Carbono (CO_2)

Com a utilização de um analisador de gás portátil Optima 7 (Figura 1) fabricado pela *MRU Air Emissions*, foi identificada a quantidade em volume de monóxido (CO) e dióxido de carbono (CO_2) emitido por um motor de bancada movido a gasolina comum. O combustível foi adquirido em um posto de gasolina

no município de Campos dos Goytacazes-RJ. O analisador é composto de sensores eletroquímicos que podem identificar até sete (7) gases distintos. A detecção dos gases no escapamento foi feita com a utilização de uma sonda, que ao ser inserido no escapamento do motor encaminha o fluxo de gases. Os gases passam por um filtro físico para a retirada de possíveis particulados e vapor d'água antes de serem detectados pelos sensores eletroquímicos em série. Após a estabilização da rotação do motor, foi estipulado um tempo de 2 minutos de detecção para cada medida, realizando três repetições em baixa e alta rotação e o valor adotado foi o valor médio.



Figura 1: Analisador de Gás Portátil.

A rotação do motor foi medida com auxílio de um Tacômetro modelo MDT-2244B (Figura 2), fabricado pela Minipa. Os valor adotado para baixa rotação e alta rotação foram de 1200 rpm e 2500 rpm, valor que está em acordo com o padrão estabelecido pela resolução do CONAMA acima citada.



Figura 2: Tacômetro modelo MDT-2244B

3. RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÕES

Utilizando gasolina comum em baixa rotação (1200 rpm), os valores médios encontrados para CO e CO₂, foram de 0,10% e 7,09%, respectivamente. Substituindo esses valores na equação 2 determinamos um valor de 0,22% para o CO_{corrigido}. Este valor está em pleno acordo com o que é estabelecido na resolução do CONAMA, que recomenda que para veículos a gasolina, que utilizam motores que operam com o ciclo Otto, o valor de CO_{corrigido} deve ser menor ou igual a 0,3%.

Em alta rotação (2500 rpm), utilizando a mesma gasolina comum, foi observado que tanto o valor de CO quanto o de CO₂ medidos diminuíram, 0,08% e 6,15%, respectivamente. Substituindo novamente esses valores na equação 2 encontramos um valor de 0,17% para o CO_{corrigido}. Esses resultados também estão em acordo com a resolução do CONAMA. O que podemos observar é que o valor do CO_{corrigido} em alta rotação é menor do que o valor de CO_{corrigido} em baixa rotação. Segundo Faggi 2012, quando o motor está frio, em baixa temperatura, existe a necessidade de uma mistura rica, ou seja, a relação ar/combustível na câmara de combustão requer uma quantidade maior de combustível em relação à de ar para compensar o combustível que condensou nos dutos da admissão do motor, o fato da mistura ser mais rica em combustível, implica em uma combustão incompleta, aumentando assim a produção CO e CO₂. Em nossos experimentos, durante a alta rotação a temperatura do motor era maior do que durante a baixa rotação, o que justifica a diminuição na produção de CO e CO₂ e conseqüentemente a produção de CO_{corrigido}.

Para Martins 2013, a mistura rica além de propiciar falta de oxigênio e combustão incompleta, pode ocasionar a formação de depósitos de carbono na câmara, nos segmentos, nas válvulas e nos eletrodos, além de aumentar o consumo de combustível, porém uma vantagem da mistura rica é que a temperatura no interior da câmara de combustível é mais baixa. A mistura quando é pobre, por apresentar uma quantidade maior de oxigênio em relação ao combustível, faz com que a temperatura da chama na vela de ignição seja mais alta, justificando a temperatura na câmara de combustão ser mais elevada na mistura pobre em relação a mistura rica.

No nosso caso, em baixa rotação, como o motor estava operando em temperaturas mais baixas que é característica de uma mistura rica, houve o aumento da emissão de CO e CO₂.

4. CONCLUSÕES

O valor encontrado para o CO_{corrigido} em alta rotação, foi menor que o valor encontrado para baixa rotação. A mistura rica, que predominou durante a baixa rotação, e que apresentou menores temperaturas, favoreceu a combustão incompleta e o aumento na emissão de gases como o CO e o CO₂. Tanto em alta rotação quanto em baixa rotação os valores de CO_{medido}, estão dentro do padrão estabelecido pela Resolução n^o 418, de 25 de Novembro de 2009 do CONAMA.

Vale ressaltar, que durante a combustão incompleta, outros gases poluentes e nocivos à saúde humana também são emitidos pelo escapamento, tais como: Hidrocarbonetos (HC) e Dióxidos de Nitrogênio (NO_x). A detecção desses gases, bem como, o estudo de emissões de gases em motores a diesel, também serão alvos de estudos deste trabalho em um futuro próximo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Resolução N° 418 de 25 de Novembro de 2009.

Dutra, G. E., Valle R.M., Gomes, B.C., Fioravante, E. F., Dutra, L.G. Emissão de gases poluentes por veículos leves a gasolina na atmosfera de Belo Horizonte. Seminário de Tecnologia de Motores Combustíveis e Emissões 2004, STMCE-2004, 6 e 7 de dezembro, BH, MG.

FAGGI, R. Formação de Mistura Ar Combustível em Motores de Ignição por Faísca a Quatro Tempos. Especialização – Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia/ Programa de Engenharia Automotiva. São Caetano do Sul, 2012.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instrução Normativa n° 6, de 8 de junho de 2010.

Manavella, H.J. Conceitos de Diluição e CO_{corrigido}. Disponível em <http://www.hmautotron.eng.br/artigos/Diluicao-COcorr.pdf>. Acesso em: abril de 2017.

Martins, J. Motores de Combustão Interna. 4^o Edição, Porto:Publindústria, 2013. 480p.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. Revista Produção, v. 17, n.1, p. 216-229, Jan. / Abr. 2007.