



## AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO E NÚMERO DE PARTÍCULAS EMITIDAS NA QUEIMA DE MISTURAS DIESEL/BIODIESEL

<sup>1</sup> Yasmim Santos Costa (CIMATEC) – [yasmiimsc@gmail.com](mailto:yasmiimsc@gmail.com); <sup>2</sup> Lílian Lefol Nani Guarieiro (CIMATEC) – [lilianguarieiro@gmail.com](mailto:lilianguarieiro@gmail.com); <sup>3</sup> Ilan Sousa Figueirêdo (CIMATEC) – [ilanfigueiredo@gmail.com](mailto:ilanfigueiredo@gmail.com).

**Resumo:** O presente trabalho teve como objetivo avaliar o tamanho e número das emissões de partículas oriundas da queima de diesel com altas porcentagens de biodiesel. As misturas combustíveis estudadas foram B10, B20, B30, B40 e B50 e as partículas emitidas pela combustão dos mesmos foram coletadas utilizando um contador de partículas modelo 3910 da TSI, acoplado ao túnel de diluição com diluição de 1/20 (gases da exaustão/ar de diluição). O resultado obtido apresentou uma distribuição de moda de acumulação variando entre 27,4 e 365,2 nm, a depender do tipo de mistura em análise, e uma tendência de deslocamento das modas de acumulação para partículas menores à medida que a porcentagem de biodiesel aumenta na mistura, cenário este que pode interferir na saúde humana.

**Palavras-Chaves:** Emissões; Nanopartículas; Biocombustíveis; Diesel.

## EVALUATION OF THE DISTRIBUTION OF SIZE AND NUMBER OF PARTICLES ISSUED IN BURNING OF DIESEL /BIODIESEL MIXTURES

**Abstract:** This project had the purpose to evaluate the distribution of size and number of particles issued in burning of diesel mixtures with high percentages of biodiesel. The fuel mixtures studied were B10, B20, B30, B40 and B50 and the particles emitted from the combustion of them were collected using a TSI model 3910 particle counter coupled to the dilution tunnel (1/20, exhaust/dilution air). The result showed the distribution of accumulation changing between 27.4 and 365.2 nm, depending on the type of mixture that is in analysis, and a tendency of the distributions to shift to the left as the percentage of biodiesel increases in the mixture, once that the amount of smaller particles increase, a scenario that may interfere in human health.

**Keywords:** Emissions; Nanoparticles; Biofuels; Diesel.



## 1. INTRODUÇÃO

Os motores ciclo diesel possuem características específicas que proporcionam melhorias nas condições de dirigibilidade e economicidade quando comparados com outros combustíveis, portanto, o seu uso vem sendo cada vez mais frequente. Entretanto, como estamos vivendo em uma sociedade cada vez mais consciente com as questões ambientais, a preocupação com os poluentes emitidos da combustão de combustível fósseis vem aumentando. Dessa maneira, a emissão de poluentes oriundos de motores ciclo diesel se tornou uma grande preocupação devido ao seu impacto na natureza [1-3].

A partir do conhecimento das consequências do uso de combustíveis, veio à tona a necessidade da implantação do uso de combustíveis que sejam menos agressivos ao meio ambiente e assim, os combustíveis de fontes renováveis, ou biocombustíveis, vem surgindo como alternativa aos combustíveis fósseis. Contudo, além das questões ambientais que envolve a emissão de poluentes, também é necessário ter conhecimento sobre outras características dos biocombustíveis nos motores, como desempenho e consumo durante o uso [1-3].

As diferenças existentes no uso destes combustíveis têm origem nas diferenças em suas propriedades químicas, térmicas e físicas, como densidade, poder calorífico e principalmente o teor de oxigênio presente em cada combustível. Este último, confere uma característica interessante ao biodiesel, uma vez que, ao possuir valores elevados de oxigênio em sua composição, possuem maior êxito no processo de combustão e por consequência diminuem a emissão de hidrocarbonetos [1,4].

O processo de combustão dos motores pode emitir partículas constituídas por compostos tóxicos, que quando inalados pelos humanos, podem causar grandes problemas, principalmente, respiratórios. Entretanto, essa situação pode se agravar cada vez mais, uma vez que quanto maior a eficácia da combustão, maior é a quantidade de partículas emitidas e seus diâmetros tornam-se cada vez menores. A Agência de Proteção Ambiental norte americana (do inglês *Agency Environmental Protection* – EPA) denomina partículas ultrafinas (UFP) aquelas que apresentam diâmetros inferiores que 100 nm ( $MP_{0,1}$ ), e são apontadas na literatura como as mais nocivas por possuírem o poder de adentrar o sistema respiratório humano e alcançar a corrente sanguínea com maior facilidade [1,2].

Visto a necessidade de ter um maior conhecimento sobre o impacto dos combustíveis nas emissões de poluentes, este trabalho teve como objetivo analisar quantitativamente e qualitativamente as partículas emitidas na combustão de diesel/biodiesel no motor ciclo diesel, a fim de se obter uma distribuição do número, tamanho de partículas.

## 2. METODOLOGIA

Para amostragem do material particulado foi utilizado um motor ciclo diesel (4 cilindros, potência contínua 82CV, 66KVA, potência intermitente 90CV, 73KVA e



aspiração turbo) acoplado a um dinamômetro estacionário (AVL com capacidade de absorver até 240 kW). Um sistema de diluição tipo CVS (do inglês Constant Volume Sampling) foi utilizado para diluir uma alíquota da exaustão. Foram realizados um total de 6 ensaios (3 referentes ao motor em repouso e 3 referentes ao motor em funcionamento) para avaliar a distribuição de número e tamanho de partículas emitidas na queima de cada mistura combustível, B10, B20, B30, B40 e B50.

Inicialmente o motor passou por um processo de estabilização por um período de 30 minutos e então, a partir do sistema de coleta montado, foram aplicadas as condições do motor de 1500 rotações por minuto (rpm), 175 Nm de carga máxima de torque, e temperatura de 80 °C para que fosse dado início à coleta das amostras. Além disso, durante os testes foram avaliadas outras condições como temperatura ambiente, temperatura dos gases de escapamento e umidade do ar apenas para ter maior controle sobre o as condições normais do motor, não interferindo nas coletas realizadas.

As análises quantitativas e qualitativas das nanopartículas, referentes ao número e tamanho das partículas emitidas pela combustão no motor diesel, respectivamente, foram realizadas a partir da coleta de dados em ensaios em dinamômetro hidráulico conectado a um motor de combustão interna ciclo diesel. Na saída do escapamento do motor, foi conectado um túnel de diluição CVS com uma taxa de diluição média constante de 20/1 (ar de diluição/exaustão).

O instrumento utilizado para a coleta das partículas ultrafinas foi o contador de partículas de modelo 3910 da TSI, que foi acoplado ao CVS para avaliar as partículas de diâmetro entre 11,5 nm e 365,2 nm. Após todo o processo de preparo do motor, deu-se início aos ensaios, ao qual foram coletadas 10 amostras em triplicata (total de 30 amostras), cada uma com duração de 10 min (total de 30 min). Os dados dispostos pelo software NanoScan Manager, do contador de partículas, foram exportados para uma planilha do Microsoft Excel para posterior tratamento e análise das informações obtidas dos ensaios das misturas combustíveis BX.

Além das amostras de nanopartículas oriundas da queima das misturas BX (X% de biodiesel adicionado ao diesel) foram também amostradas partículas que poderiam estar presentes no ar de diluição, anteriormente à queima, para que estas fossem subtraídas dos dados finais obtidos.

Figura 1. Diagrama de coleta das partículas



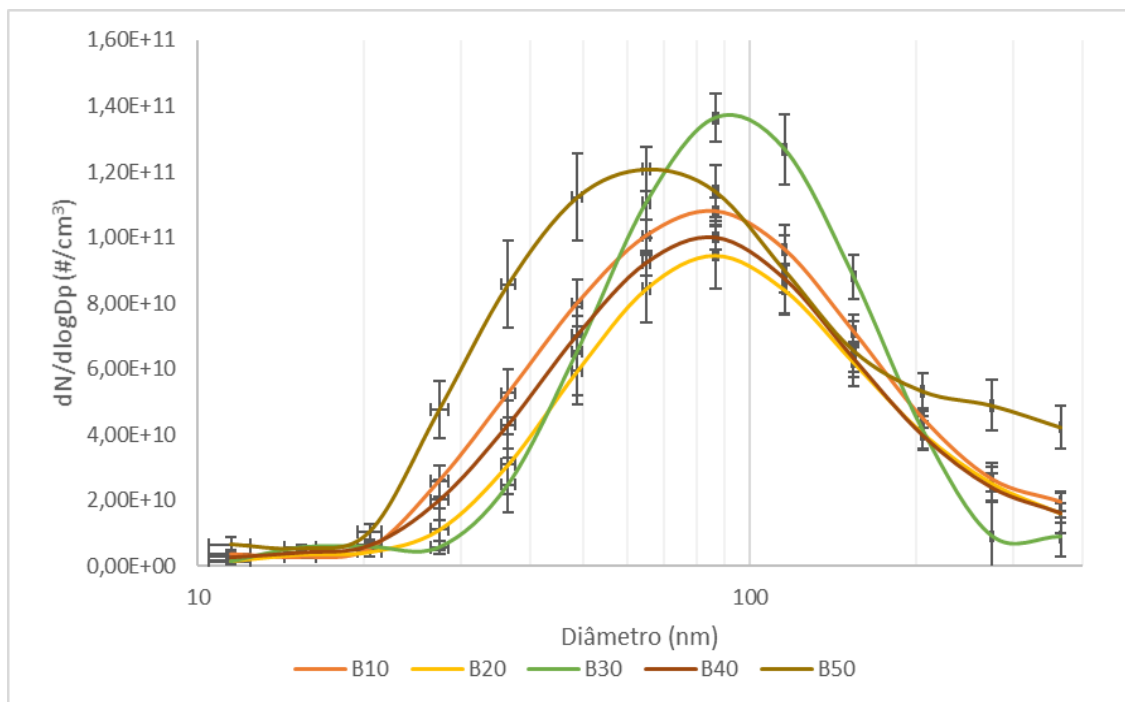


### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos ensaios realizados foi possível perceber que o perfil das partículas emitidas na combustão das misturas foi modificando a medida em que se aumentou a porcentagem de biodiesel na mesma. A adição de biodiesel na mistura modifica a composição química do combustível fazendo com que as consequências do seu uso sejam modificadas, mesmo que de forma pouco expressiva.

A partir da coleta dos dados referentes à emissão das nanopartículas durante a combustão, foi possível demonstrar o perfil das emissões através do gráfico da moda de acumulação, no que diz respeito ao diâmetro das mesmas e o volume de sua emissão. Os gráficos referentes ao perfil de distribuição de tamanho e número de partículas da queima de todas as misturas combustíveis BX estão dispostos abaixo:

**Figura 1.** Distribuição de número e tamanho de partículas emitidas na queima das misturas B10, B20, B30, B40 e B50



A queima das misturas combustíveis apresentou maior concentração de partículas de diâmetros entre 36,5 e 205,4 nm para os combustíveis B10 e B40, 48,7 e 205,4 nm para os combustíveis B20 e B30, e 27,4 e 365,2 nm para a mistura B50 (Tabela 1). Observando estes dados percebe-se que o diâmetro das partículas de maior emissão tende a diminuir com o aumento da porcentagem de biodiesel ao diesel, como demonstra a Tabela 1 abaixo, na qual observa-se que o diâmetro da



partícula mais emitida permaneceu 86,6 nm para todas as misturas à exceção do B50, que obteve o valor de 64,9 nm.

O número de partículas emitidas pela combustão destes combustíveis também sofre alteração quando se modifica o combustível utilizado. Observa-se na Tabela 1, disposta abaixo, que a tendência das partículas emitidas por minuto, bem como a quantidade total de partículas emitidas possui uma tendência a aumentar junto ao incremento de biocombustível na mistura.

Tabela 1. Resultados das misturas B10, B20, B30, B40, B50.

BX	Maior concentração (Da)	Maior emissão	Partículas/min	Total
B10	36,5 < Da < 205,4 nm	86,6 nm	$6,36 \times 10^{11}$ partículas/cm <sup>3</sup>	$1,91 \times 10^{13}$ partículas/cm <sup>3</sup>
B20	48,7 < Da < 205,4 nm	86,6 nm	$5,17 \times 10^7$ partículas/cm <sup>3</sup>	$1,55 \times 10^9$ partículas/cm <sup>3</sup>
B30	48,7 < Da < 205,4 nm	86,6 nm	$6,15 \times 10^7$ partículas/cm <sup>3</sup>	$1,84 \times 10^9$ partículas/cm <sup>3</sup>
B40	36,5 < Da < 205,4 nm	86,6 nm	$5,69 \times 10^7$ partículas/cm <sup>3</sup>	$1,71 \times 10^9$ partículas/cm <sup>3</sup>
B50	27,4 < Da < 365,2 nm	64,9 nm	$8,02 \times 10^7$ partículas/cm <sup>3</sup>	$2,41 \times 10^9$ partículas/cm <sup>3</sup>

A análise dos resultados referentes às emissões leva a entender que a porcentagem de biodiesel na mistura com o diesel é diretamente proporcional à eficiência da combustão do combustível. À esta observação pode-se associar ao poder calorífico do biodiesel, que devido ao seu alto teor de oxigênio promove uma combustão mais completa do combustível, fazendo com que cada vez mais as partículas emitidas estejam em volumes maiores e diâmetros menores. Outro fator que pode estar associado à esta percepção é a proporção inferior de carbono/hidrogênio e ausência de compostos aromáticos nas misturas de maior teor de biodiesel quando comparado ao diesel puro. <sup>[4]</sup>

#### 4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos e apresentados pôde-se concluir que o espectro de tamanho das partículas emitidas pelas misturas combustíveis (BX) é deslocado para onde constam as partículas de menores diâmetros, à medida que se eleva a porcentagem de biodiesel na mistura, confirmando, assim, que a maior presença de oxigênio no combustível proporciona uma combustão mais efetiva diminuindo assim o tamanho das partículas, além de aumentar, mesmo que de forma pouco expressiva, o número das mesmas emitidas na combustão.

Os resultados obtidos por este projeto obtiveram resultados semelhantes aos realizados anteriormente pelos autores das referências citadas, dando maior confiabilidade aos resultados obtidos pela equipe. Desta forma, a partir dos ensaios,



têm-se, agora, noção da nocividade do uso de combustíveis com maiores teores de biodiesel, visto que cada vez mais, mais partículas do tipo ultrafinas são emitidas podendo causar maiores problemas no organismo humano.

## Agradecimentos

Agradeço primeiramente à Prof<sup>a</sup> Lílian Guarieiro pela oportunidade de fazer parte deste projeto, à Fapesb pelo apoio financeiro, ao Centro Universitário Senai Cimatec pelo apoio estrutural e tecnológico, e aos meus parceiros, Ilan Figueirêdo, Eliete Alves e Keize Katiane, pelo apoio durante o desenvolvimento do projeto, tanto durante a campanha de coleta quanto no tratamento dos resultados.

## 5. REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup> GUARIEIRO, Lílian Lefol Nani; GUERREIRO, Egídio Teixeira de Almeida; AMPARO, Keize Katiane dos Santos; LEÃO, Danilo J.; TORRES, Ednildo A.; ANDRADE, Jailson B. **Estudo do perfil de distribuição de tamanho e número de partículas emitidas na queima de misturas de diesel/biodiesel/etanol**. Salvador, 2014.
- <sup>2</sup> GUARIEIRO, Lílian Lefol Nani; GUERREIRO, Egídio Teixeira de Almeida; AMPARO, Keize Katiane dos Santos; LEÃO, Danilo J.; TORRES, Ednildo A.; ANDRADE, Jailson B.; REGIS, Ana Clara D.; SANTOS, Aldenor Gomes; FERREIRA, Victor P.; MANERA, Victor Bonfim. **Assessment of the use of oxygenated fuels on emissions and performance of a diesel engine**. Salvador, 2014.
- <sup>3</sup> IACONO, Giuseppe Eugênio Peruzo. **Desempenho do motor de um trator agrícola utilizando misturas diesel/biodiesel/etanol**. Cascavel, 2017.
- <sup>4</sup> SCHMITT, Gabriel Ruver. **Revisão sobre o impacto da utilização do biodiesel em motores a diesel e suas emissões**. Porto Alegre, 2013.