

10

Resultados

Este capítulo será destinado à apresentação e análise dos resultados obtidos dos experimentos com o óleo de dendê *in natura* em substituição ao óleo diesel no grupo gerador utilizado para este trabalho e os resultados da análise econômica, conforme metodologia apresentada no Capítulo 6. Essa análise será feita com base nos gráficos elaborados com os valores obtidos através das medições utilizando o aparelho TESTO.

Os gráficos apresentados neste capítulo são os resultados de um valor médio das medições. Foram realizadas onze medidas para cada carga, com os dois combustíveis em análise.

10.1

Desempenho

Os parâmetros analisados nos gráficos são a potência corrigida, o consumo específico de combustível, a temperatura de escape dos gases e a composição dos gases da exaustão.

A Figura 13 é uma demonstração de como se comportou o motor ao ser utilizado o óleo de dendê *in natura* como combustível em comparação ao óleo diesel. O gráfico faz uma comparação entre as potências medidas para cada carga entre os dois combustíveis utilizados no experimento. Pode-se observar que as potências em todas as cargas são muito semelhantes, seja utilizando o óleo diesel, seja utilizando o óleo vegetal.

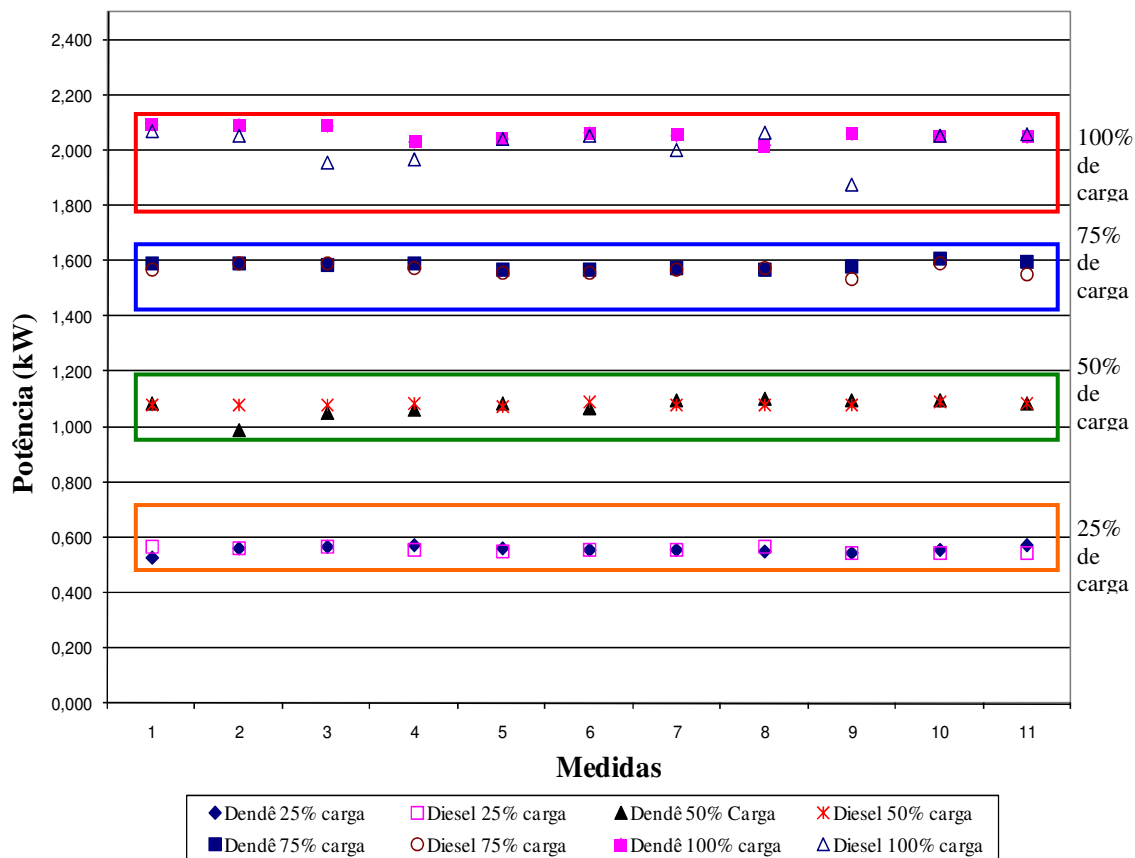


Figura 13 Faixas de potência medida corrigida para cada carga

As médias das potências máximas medidas para os combustíveis são:

- Diesel: 2,017 kW
- Dendê: 2,059 kW

Na análise do gráfico da Figura 14 verificou-se a mesma potência do motor utilizando o óleo de dendê *in natura* em relação ao diesel. Isso foi uma surpresa, pois era de se esperar que a potência diminuísse com a utilização do óleo vegetal. A possível resposta para este fato foi que o motor atingiu sua máxima potência elétrica, porém

não atingiu sua máxima potência nominal. Pode-se observar que a potência com cargas baixas (25% e 50%) é a mesma, isto é, não existe perda de potência no motor devido à utilização do dendê.

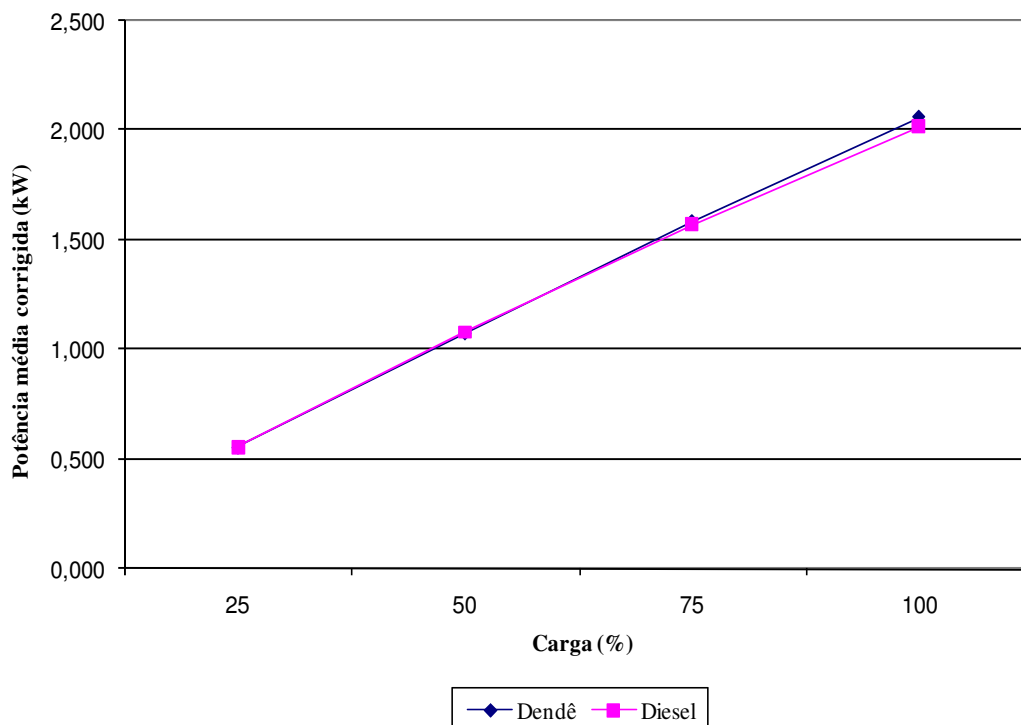


Figura 14 Valores médios da potência corrigida em função da carga

Em relação à temperatura dos gases de escape, o gráfico da Figura 15 mostra que a temperatura média de escape dos gases, quando o motor está utilizando o óleo diesel como combustível, é a mesma em comparação às temperaturas de exaustão do motor utilizando óleo de dendê como combustível. Isso ocorre porque, para gerar a mesma potência com o óleo dendê, o motor necessita de mais combustível, uma vez que o dendê possui um menor poder calorífico. Como consequência desta injeção extra de combustível, a eficiência do motor utilizando o óleo de dendê como combustível é menor que a eficiência do motor utilizando o óleo diesel, uma vez que a eficiência é

inversamente proporcional ao produto do consumo específico de combustível com a poder calorífico inferior deste combustível.

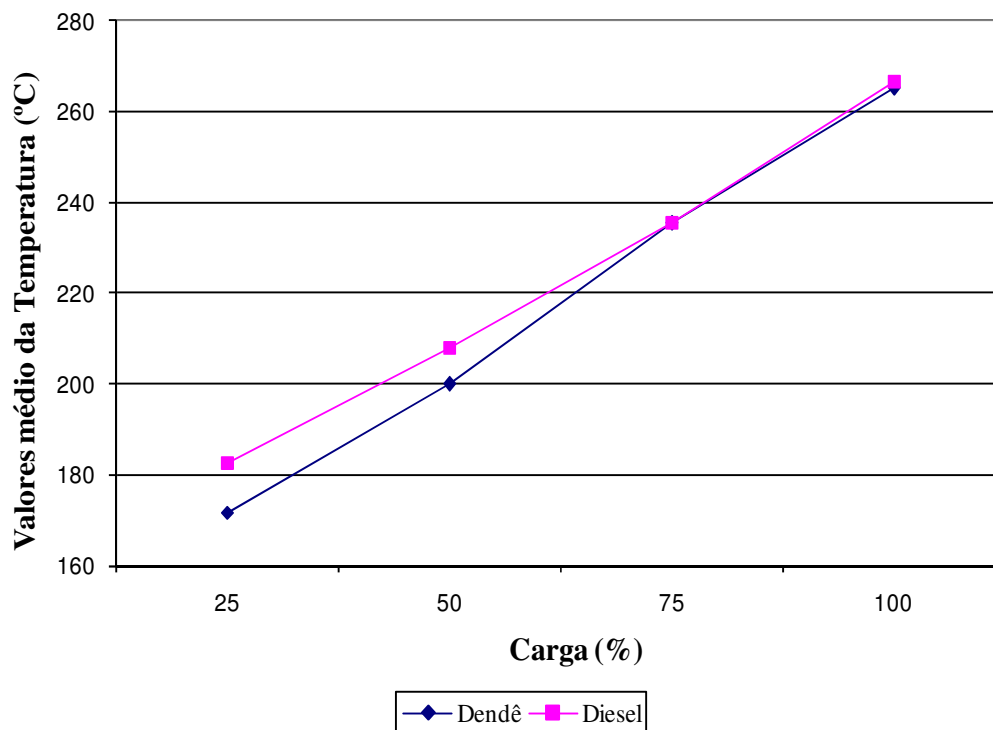


Figura 15 Valores médios da temperatura de escape em função da carga

Na Figura 16, podem-se observar as temperaturas de escape medidas para cada carga. Nota-se que para a maior carga (100%) vários pontos são coincidentes, isto é, para ambos combustíveis a temperatura dos gases de escape são praticamente as mesmas. Pode-se observar também que em relação à carga mais baixa, 25%, a temperatura de exaustão do motor utilizando óleo de dendê é menor em todas as medidas realizadas, estando todos os valores abaixo de 180 graus centígrados ao contrário da temperatura com a utilização do diesel, onde todas as medidas indicam um valor superior a 180 graus centígrados. Em relação à carga de 50%, os valores da temperatura com a

utilização do óleo diesel continuam sendo superiores aos valores com óleo de dendê.

Esses valores começam a se igualar com as cargas altas, de 75% e 100%.

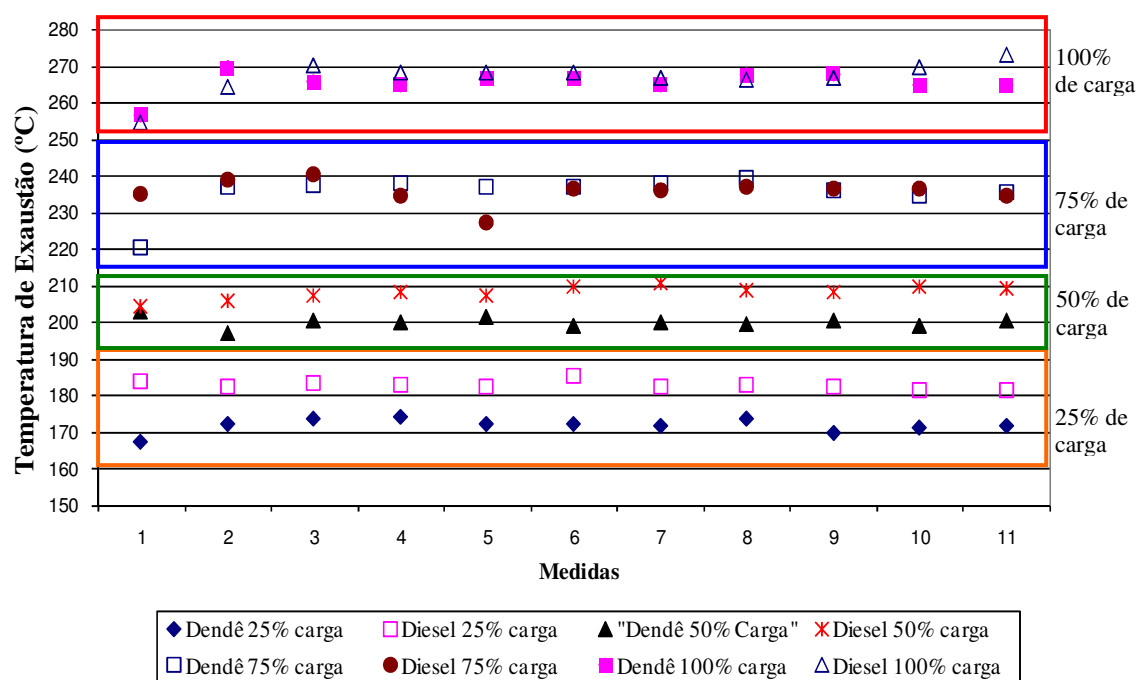


Figura 16 Faixa de temperatura medida na exaustão do motor

Como se pôde analisar na Figura 14 as potências são praticamente as mesmas para todas as cargas. Como o óleo de dendê in natura possui um menor poder calorífico em relação ao óleo diesel, é necessária uma injeção de combustível mais prolongada na câmara de combustão por parte do dendê para a produção da mesma potência. Com isso a Figura 17 mostra essa diferença do consumo específico de combustível do dendê em relação ao diesel. Pode-se observar também que o consumo específico de combustível diminui em função do aumento da carga, isto ocorre porque o atrito do motor (torque de atrito) vai ficando pequeno quando comparado ao torque total do motor (torque de atrito + torque disponível no eixo).

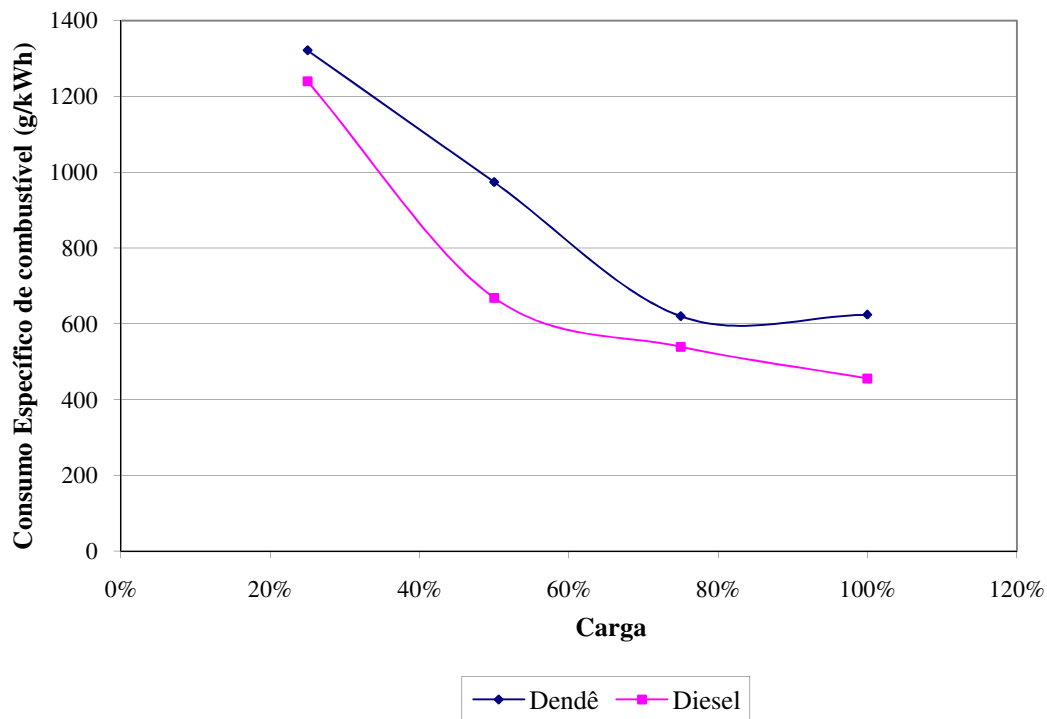


Figura 17 Valores do consumo específico de combustível em função da carga

Os consumos médios medido para os dois combustíveis são:

- Diesel: 0,5477 l/kWh
- Dendê: 0,6970 l/kWh

A eficiência térmica é uma função que depende da potência do motor juntamente com a vazão mássica e do poder calorífico inferior. Como a razão da vazão mássica por potência é o consumo específico de combustível, então a eficiência pode ser calculada como o inverso do produto do consumo específico de combustível pelo poder calorífico inferior. Pode-se averiguar que a eficiência térmica do motor utilizando diesel é maior se comparado com o motor utilizando dendê. Este fato ocorre porque, como a potência do motor utilizando estes dois combustíveis não se alterou, o

produto do consumo específico de combustível (cec) do motor utilizando diesel com o poder calorífico inferior do diesel é menor que o produto do consumo específico de combustível (cec) do motor utilizando dendê com o poder calorífico inferior do dendê, com isso a eficiência com o diesel torna-se maior. Essas eficiências podem ser observadas na **Figura 18**.

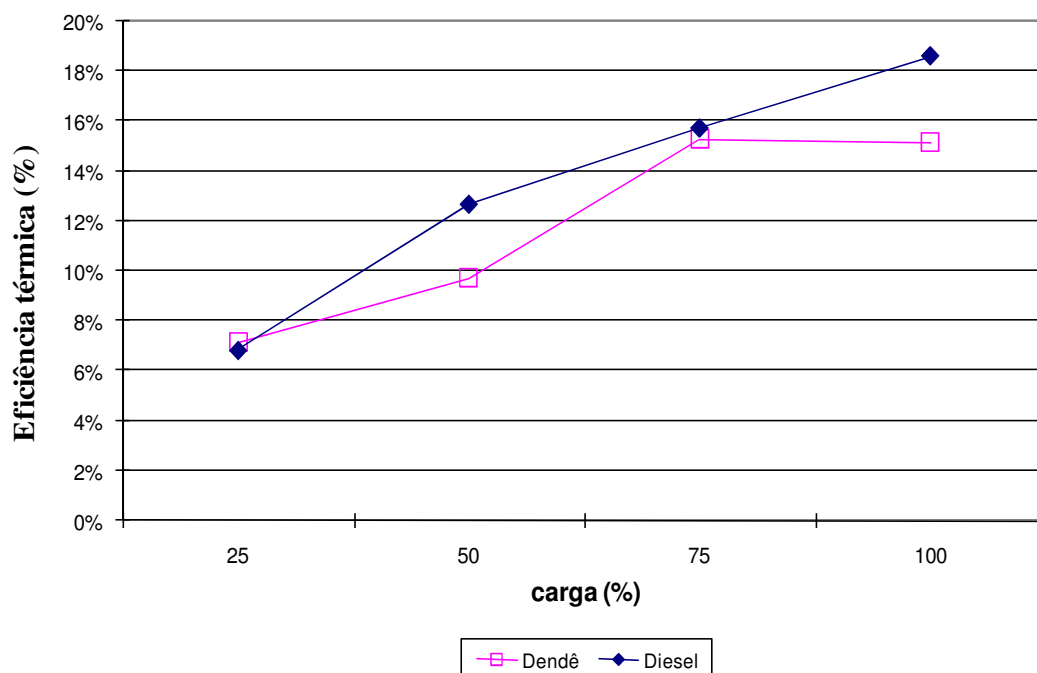


Figura 18 Eficiência térmica em função da carga

10.2

Emissões

Os gases medidos no experimento são: o dióxido de carbono, o monóxido de carbono e o óxido de nitrogênio e também o material particulado. O gráfico das emissões de dióxido de carbono, Figura 19 mostra que com a utilização do óleo de dendê *in natura* as emissões são menores em média 2,5% em comparação à utilização do óleo diesel.

Outro ponto a ser observado em relação ao dióxido de carbono é a absorção do mesmo pela planta de dendê onde será extraído o óleo vegetal, com isso essa diferença tende a aumentar com essa absorção.

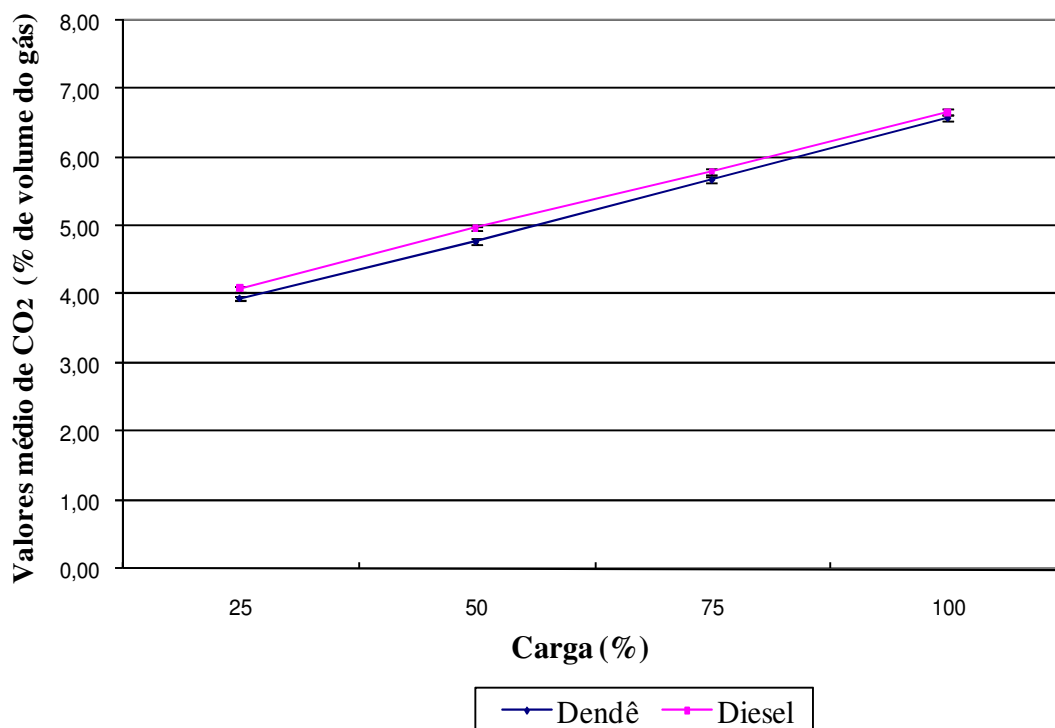


Figura 19 Emissão de dióxido de carbono em função da carga

Com relação ao monóxido de carbono, pode-se observar na Figura 20 que as emissões deste gás são maiores com o motor utilizando o óleo diesel nas cargas de 25%, 50% e 75% em comparação ao óleo de dendê. Para a carga de 25% o valor da emissão é 14,70% maior com o diesel. Para as cargas de 50% e 75% os valores são 21,15% e 11,19% maiores para as respectivas cargas. Este fato pode estar relacionado com a presença de oxigênio na estrutura molecular do óleo de dendê. Quando o motor roda a plena carga, há uma inversão na situação da emissão, os valores médios das emissões de CO com o motor utilizando diesel tornam-se 11,54% menores em

relação aos valores com a utilização do dendê. Para a carga total há a possibilidade de haver uma queima incompleta do dendê ocasionando uma maior emissão de poluente.

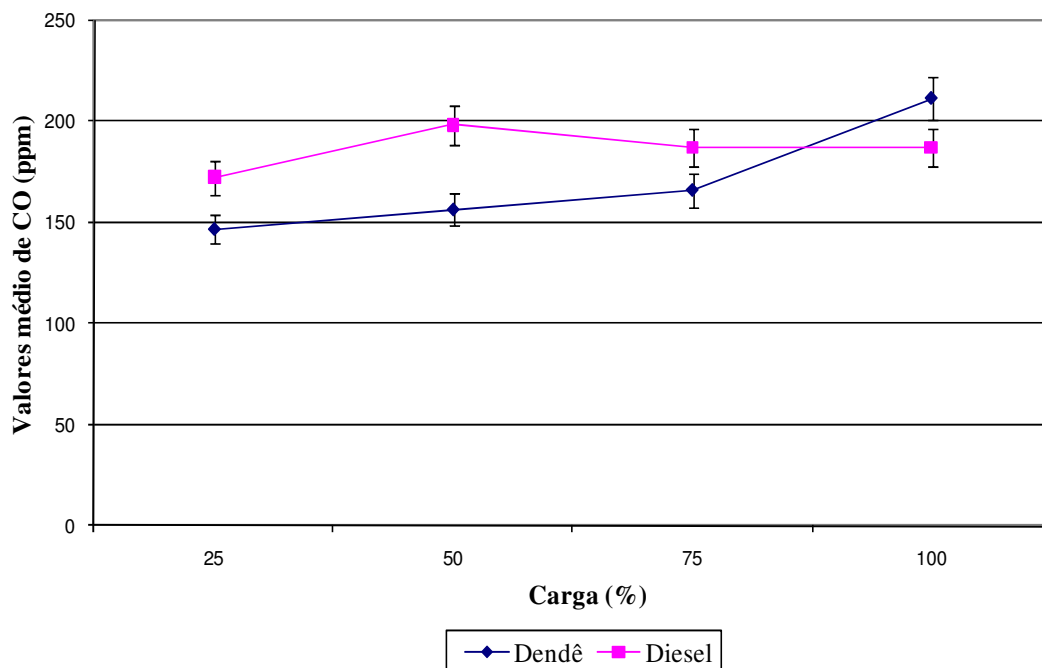


Figura 20 Emissão de monóxido de carbono em função da carga

As emissões de óxido de nitrogênio são um reflexo da temperatura máxima de combustão do motor. Quanto maior for a temperatura dos gases de exaustão, maior será o valor das emissões de NOx. Como visto na Figura 16, as temperaturas médias de exaustão do motor, utilizando óleo diesel como combustível, são maiores do que com dendê, por isso é de se esperar que as emissões de NOx com diesel sejam maiores do que com dendê. Esse fato pode ser observado na Figura 21, que mostra que o valor das emissões com diesel são maiores que com dendê. A diferença de valores das emissões com os dois combustíveis torna-se menor a medida que aumenta a carga. Essa diminuição pode ser explicada pelo gráfico da temperatura dos gases. Nota-se que em baixas cargas, a temperatura de exaustão dos gases com diesel é

muito maior que com dendê e a medida que a carga aumenta a temperatura dos gases com dendê vai se aproximando da temperatura dos gases com diesel, tornando-se praticamente igual com plena carga, isto se reflete na emissão de NO_x . Quanto maiores às cargas, menor a diferença entre os valores das emissões.

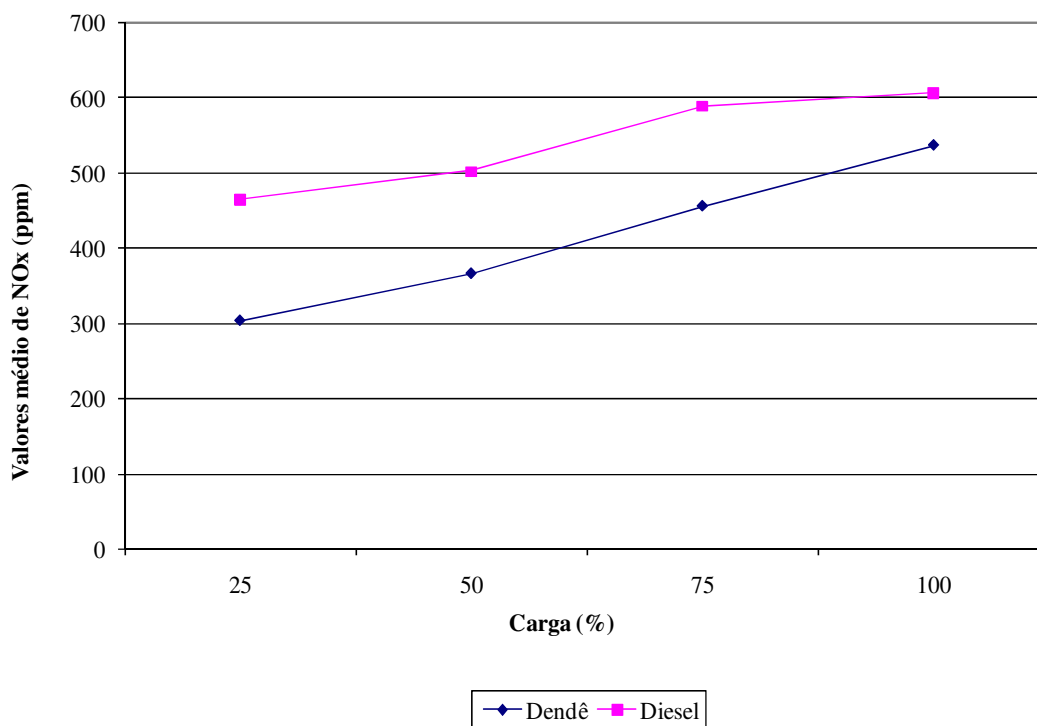


Figura 21 Óxido de nitrogênio em função da carga

O gráfico da opacidade, Figura 22, mostra que os particulados aumentam em decorrência do aumento da carga, quando o motor está utilizando o óleo diesel como combustível. Quando o combustível é o óleo de dendê, também ocorre um aumento em função do aumento de carga, porém existe uma igualdade de valores entre as cargas de 50 e 75 %. Pode-se observar também que em cargas altas (75 e 100%) os valores de opacidade para os dois combustíveis utilizados são os mesmos.

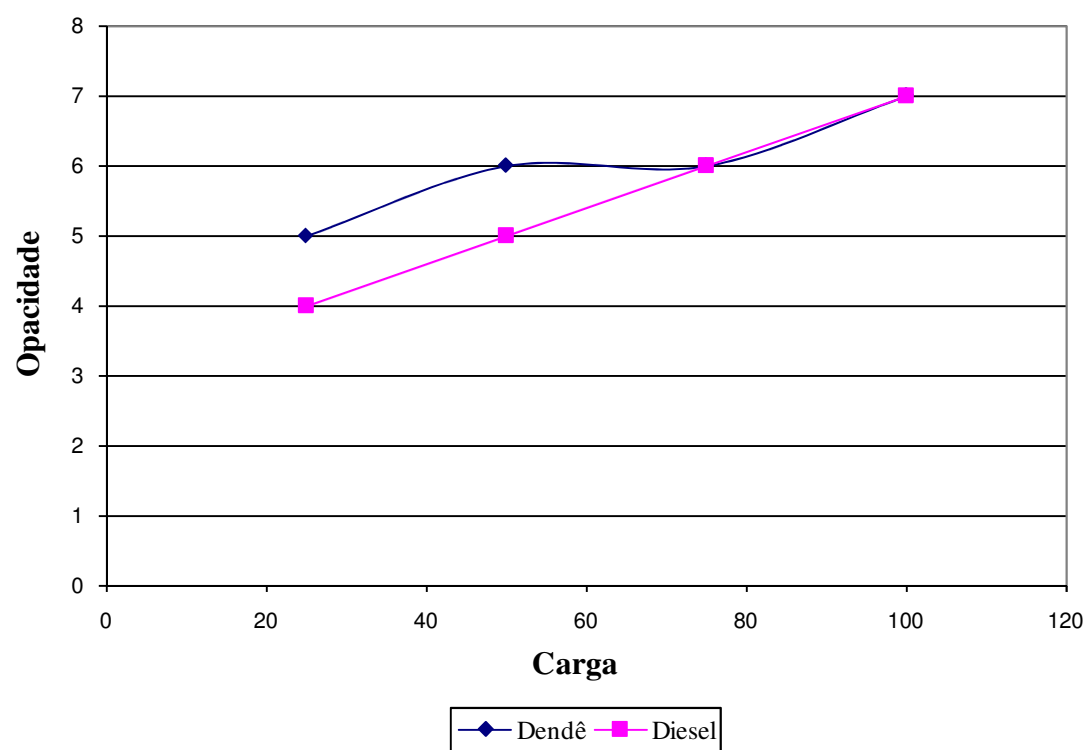


Figura 22 Opacidade em função da carga