

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

André Marcelino de Moraes

**CONVERSÃO REVERSÍVEL DE UM MOTOR DE CICLO DIESEL PARA CICLO
OTTO UTILIZANDO ETANOL HIDRATADO**

Belo Horizonte
2016

André Marcelino de Moraes

**CONVERSÃO REVERSÍVEL DE UM MOTOR DE CICLO DIESEL PARA CICLO
OTTO UTILIZANDO ETANOL HIDRATADO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica.

Orientador Prof. Dr. Sérgio de Moraes Hanriot

**Belo Horizonte
2016**

André Marcelino de Moraes

**CONVERSÃO REVERSÍVEL DE UM MOTOR DE CICLO DIESEL PARA CICLO
OTTO UTILIZANDO ETANOL HIDRATADO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em engenharia mecânica.

Prof. Sérgio de Moraes Hanriot, D. Sc. (Orientador) – PUC Minas

Prof. Cristiana Brasil Maia, D. Sc. – PUC Minas

Prof. Rogério Jorge Amorim, PhD. – PUC Minas

Prof. Mário Eduardo Santos Martins, PhD. – UFSM

Tadeu Cavalcante Cordeiro de Melo, D. Sc. – Petrobras

Belo Horizonte, 09 de setembro de 2016.

Esse trabalho é dedicado ao meu pai José Rodrigues de Moraes e a minha mãe Maria Marcelina de Moraes, fonte de amor incondicional. Aos meus irmãos, Daniel e Dilermando em quem sempre tive todo apoio. Ao meu filho Henrique Silva de Moraes que proporcionou momentos indescritíveis e emocionantes durante a jornada deste trabalho. A Daniela Alves Silva pelo incentivo. Aos meus mestres e ao meu Deus.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Sérgio de Moraes Hanriot, por aceitar o tema proposto e pela orientação para a realização deste trabalho.

Ao professor Jose Ricardo Sodré Ph.D e ao professor Dr. Osmano Valente, pela co-orientação, com ensinamentos que ficarão para a vida.

Ao Alex Oliveira, Marcos Aurélio, Deliene Costa Guimarães, Bruno Gabrich, João Januário, Valéria Gomes, grandes amigos e parceiros nessa difícil empreitada.

Aos técnicos Lucas, Pedro e Ítalo que sempre atendeu aos pedidos para construir componentes e artefatos para os experimentos.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo da operação de um motor de combustão interna convertido do ciclo Diesel para o ciclo Otto sem alteração de sua razão de compressão. O objetivo geral deste trabalho foi o uso de etanol hidratado ou etanol hidratado acima das especificações ANP em um motor de combustão interna do ciclo Diesel integrante de um grupo gerador de energia elétrica, diferentemente dos modos de conversão convencionais. No ciclo Diesel o motor foi alimentado com óleo diesel B7 injetado diretamente na câmara de combustão. Posteriormente, o motor foi convertido para operação em ciclo Otto através da adaptação de um sistema para controle da vazão mássica de ar admitida e um sistema para o controle da vazão mássica de combustível e ignição da mistura ar e etanol. Nessa configuração em que não se utilizou o óleo diesel, o comportamento deste motor operando apenas com etanol hidratado e etanol hidratado acima das especificações ANP é mostrado sem alteração da razão de compressão de 17:1. A avaliação de parâmetros de desempenho, pressão na câmara de combustão, emissões de dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, monóxidos de nitrogênio, oxigênio, hidrocarbonetos não queimados, bem como consumo específico de combustível e eficiência de conversão do combustível mostraram a configuração que faz o melhor uso do combustível renovável. Nos resultados são apresentadas as curvas que mostram aumento da eficiência de conversão do combustível em 15,5% para carga de 37,5 kW e índice de emissão de hidrocarbonetos com valores próximos, quando comparados com o motor operando em ciclo Diesel. A máxima pressão na câmara e os índices de emissões do monóxido de carbono, dióxido de carbono, de óxidos de nitrogênio e monóxidos de nitrogênio foram reduzidos quando o motor teve aumentado o teor de água no etanol hidratado.

Palavras-Chave: Ciclo Diesel. Ciclo Otto. Óleo diesel. Etanol hidratado. Pressão na câmara. Combustível renovável. Razão de compressão e emissões.

ABSTRACT

This work presents a study of the operation of an internal combustion engine converted from Diesel cycle to Otto cycle without changing its compression ratio. The general objective of this work was the full implementation of hydrous and super hydrous ethanol in a Diesel power generator, unlike the conventional conversion modes. In Diesel cycle, diesel fuel B7 was injected directly into the combustion chamber. Subsequently, the engine runs converted to operate on the Otto cycle by adapting a system for controlling the air intake mass flow rate, the fuel mass flow rate and the ignition of the air and ethanol mixture. In this configuration, that was not used the diesel fuel, the engine behavior operating only with super hydrated and hydrated ethanol is shown, without changing the compression ratio of 17:1. The evaluation of performance parameters such as in-cylinder pressure, carbon dioxide, carbon monoxide, oxides of nitrogen, nitric oxide, oxygen, unburned hydrocarbon, the engine specific fuel consumption and the fuel conversion efficiency showed the setting that makes the best use of renewable fuel. In the results are presented curves that shown increase of fuel conversion efficiency of 15.5% to 37,5kW and also unburned hydrocarbons emissions with close values of the emissions of the engine operating on Diesel cycle. The maximum in-cylinder pressure and the carbon monoxide, carbon dioxide, oxides of nitrogen and nitric oxide emissions were reduced when the engine operated with higher water content in the hydrous ethanol.

Keywords: Diesel cycle. Otto cycle. Diesel oil. Hydrous ethanol. In-cylinder pressure. Renewable fuel. Compression ratio. Emissions.