

Referencias Bibliográficas

Agarwal A. and Assanis, D.N. (1997); **Modeling the Effect of Natural Gas Composition on Ignition Delay Under Compression Ignition Conditions**; SAE Paper 971711.

Andrade, J. e Teixeira, P., (2003); **Emissões em Processos de Combustão**; Ed. UNESP; São Paulo, SP.

Badr, O. et al. (1999); **An Examination of the Flame Spread Limits in a Dual Fuel Engine**; Applied Thermal Engineering; 19; pp. 1071 – 1080.

Baukal, C. E. e Schwartz, R. E., 2001; **The John Zinc Combustion Handbook**; Ed. CRC Press LLC; Florida, N.W.

Bet, L. (1991); **Avaliação do Comportamento de um Motor Diesel, Refrigerado a Ar, Funcionando Como Motor Dual Diesel-GNC**; Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Bhandari, K. et al. (2005); **Performance and emissions of natural gas Fuelled internal combustion engine: A review**; Journal of Scientific and Industrial Research; Vol. 64; pp. 333 – 338.

Braun, S. et al. (2003); **A poluição Gerada por Máquinas de Combustão Interna Movidas a Diesel – A questão dos Particulados. Estratégias atuais para a Redução e Controle das Emissões e Tendências Futuras**; Quim. Nova, Vol. 27; No. 3, pp. 472 – 482.

Casado, L.M. (2005); **Desenvolvimento de um Sistema de Alimentação de Combustível para Motores Diesel-Gás**; Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica; PUC-Rio; Rio de Janeiro, RJ.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2006); **“Emissão Veicular”**; Disponível na Internet no site: <http://www.cetesb.sp.gov.br>; acessado em 10/04/2006.

Composição Química e Física do Gás Natural (2004); Informação Disponibilizada pela Companhia Estadual de Gás (CEG).

De Oliveira, N. (2006); **Expansão das reservas de gás pode garantir abastecimento por até 30 anos**; Artigo Disponível na Internet no site: <http://www.gasnet.com.br>; acessado em 26/05/2006.

Dondero, L.Z. (2002); **Uso de Gás Natural em Veículos Leves e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Contexto Brasileiro**; Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, SP.

Fox W. Robert (1985); **Introdução a Mecânica dos Fluidos**; 3ª Edição, Ed. Guanabara, São Paulo, SP.

Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (2006); **“Emissões por tipo de fonte na Região Metropolitana de Rio de Janeiro”**; Disponível na Internet no site: <http://www.feema.rj.gov.br>; acessado em 13/04/2006.

Heywood, J.B. (1988); **Internal Combustion Engine Fundamentals**; McGraw-Hill Book Co.; New York.

Ishida, A. et al. (2001); **The Development of the ECOS – DDF Natural Gas Engine for Medium – Duty Trucks: Exhaust Emission Reduction Against Base Diesel Engine**; JSAE Review; 22; pp. 237 – 243.

Jóvaj, M.S. y Malov, G.S. (1973); **Motores de Automóvil**; 1ª ed. Moscow, Editorial Mir; 533p.

Karim, G. A. (1980); **A Review of Combustion Processes in the Dual Fuel Engine–The Gas Diesel Engine**; Prog. Energy Combust. Sci.; Vol. 6; pp. 277 – 285.

Karim, G.A.; Klat, S.R.; Moore, N.P.W. (1966); **Know in Dual – Fuel Engines**; Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Internal Combustion Engines Group, 1966-1967.

Karim, G. A. (2003); **Combustion in Gas Fueled Compression: Ignition Engines of the Dual Fuel Type**; Journal of Engineering for Gas Turbines and Power; Vol. 125, pp. 827-836.

Karim, G.A. (2006); **Comunicação pessoal** em Maio de 2006.

Kouremenos, D.T. et al. (1999); **Experimental Investigation of the Effect of Fuel Composition on The Formation of Pollutants in Direct Injection Diesel Engines**; SAE Paper 1999-01-0527.

Kusaka, J. et al. (2000); **Combustion and Exhaust Gas Emission Characteristics of a Diesel Engine Dual – Fueled with Natural Gas**; JSAE Review; 21; pp. 489 – 496.

MacLean, H. L. and Lave, L. B. (2003); **Evaluating Automobile Fuel / Propulsion System Technologies**; Progress in Energy and Combustion Science; 29; pp. 1 – 69.

Mansour, C. et al. (2001); **Gas–Diesel (Dual–Fuel) Modeling in Diesel Engine Environment**; Int. J. Therm. Sci.; 40; pp. 409 – 424.

Mbarawa, M. et al. (2001); **Experiments and Modelling of Natural Gas Combustion Ignited by a Pilot Diesel Fuel Spray**; Int. J. Therm. Sci.; 40; pp. 927 – 936.

Ministério de Minas e Energia. Disponível na Internet no site: <http://www.mme.gov.br>, acessado em 26/05/2006.

National Renewable Energy Laboratory – NREL (2003); **Next Generation Natural gas Vehicle Program Phase I: Clean Air Power 0.5 g/hp-h NOx Engine Concept**; Final Report.

Norma NBR 14489 (2000); **Motor diesel – Análise e determinação dos gases e do material particulado emitidos por motores do ciclo diesel – Ciclo de 13 pontos**; ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Nunes, R. (1992); **Motores a Combustão Interna com Taxa de Compressão Variável – Uma Análise Teórica e Experimental**; Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica; PUC-Rio; Rio de Janeiro, RJ.

Nwafor, O.M.I. and Rice, G. (1994); **Combustion Characteristics and Performance of Natural Gas in High Speed Indirect Injection Diesel Engine**; Renewable Energy; Vol. 5; Part II; pp. 841 – 848.

Nwafor, O.M.I. (2000); **Effect of Choice of Pilot Fuel on the Performance of Natural Gas in Diesel Engines**; Renewable Energy; 21; pp. 495 – 504.

Obert, E.F. (1971); **Motores de Combustão Interna**; Trad. por Luiz Carraro. 2ª ed.; Porto Alegre; Ed. Globo; 618p.

Papagiannakis, R.G. and Hountalas, D.T. (2003); **Experimental Investigation Concerning the Effect of Natural Gas Percentage on Performance and Emissions of a DI Dual Fuel Diesel Engine**; Applied Thermal Engineering; 23; pp. 353 – 365.

Parise, J.A. (2005); PUC-Rio, Depto. Engenharia Mecânica; **Comunicação Pessoal.**

Pascoli, S. et al. (2001); **Natural Gas, Cars and the Environment. A (relatively) “Clean” and Cheap Fuel Looking for Users**; Ecological Economics; 38; pp. 179 – 189.

Pedrosa, O.A. (2005); **Curso de Engenharia de Gás Natural**; PUC-Rio, Notas de Aula No. 2.

Pereira, R. H.; Braga, S. L.; Valois, M. B. (2004); **Substituição Parcial do Óleo Diesel pelo Gás Natural em Motores – Atratividade da Tecnologia e sua Avaliação Experimental**; III Congresso Nacional de Engenharia Mecânica; Belém/PA.

Pereira, R.H. (2006); **Avaliação Experimental e Previsão do Desempenho de Motores Diesel Consumindo Gás Natural**; Tese de Doutorado; Departamento de Engenharia Mecânica; PUC-Rio; Rio de Janeiro, RJ.

Petrobras (1989); **Utilização do Gás Natural Comprimido em Motores Veiculares Aspirados do Ciclo Diesel**; Petrobras Distribuidora S/A – Gerencia de Produtos Químicos de Comercialização de Energéticos; 31p.

Rabl, A. (2002); **Environmental Benefits of Natural Gas for Buses**; Transportation Research; Part D7; pp. 391 – 405.

Rakopoulos, C.D. et al. (1995); **Analysis of Combustion and Pollutants Formation in a Direct Injection Diesel Engine Using a Multi-Zone Model**; Int. J. Energy Res. 19(1); pp. 63–88.

Selim, M.Y.E. (2003); **Sensitivity of Dual Fuel Engine Combustion and Knocking Limits to Gaseous Fuel Composition**; Energy Conversion and Management; Vol.44; pp. 707 – 721.

Shenghua, Liu et al. (2003); **Combustion Characteristics of Compressed Natural Gas/Diesel Dual Fuel Turbocharged Compressed Ignition Engine**; Proc. Instn Mech. Engrs; Vol. 217; Part D: J. Automobile Engineering; pp. 833 – 838.

Silveira, R. (1983); **Emissões de Poluentes por Motores de Combustão Interna Utilizando Etanol Hidratado e Gasolina como Combustíveis – Medidas e Métodos de Cálculo**; Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica; PUC-Rio; Rio de Janeiro, RJ.

Taylor, C.F. (1976); **Análise dos Motores de Combustão Interna**; Trad. por Mauro Ormeu C. Amorelli. 2a ed.; São Paulo, Edgar Blücher e Edusp.; Vols.1 e 2.

U.S. Environmental Protection Agency (2006); Disponível na Internet no site: www.epa.gov/; acessado em 10/04/2006.

Van Wylen, G.J. e Sonntag, R.E., (1995); **Fundamentos da Termodinâmica Classica**; Ed. Edgard Blücher LTDA, São Paulo, SP.

Vera, E. (1996); **Modelo de Simulação para um motor Diesel-Gás**; Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica; PUC-Rio; Rio de Janeiro, RJ.

Yang, V. et al. (1992); **Combustion of Liquid – Fuel Droplets in Supercritical Conditions**; Combustion and Flame; 89; pp. 299 – 319.

Apêndice A

Análise das Incertezas Experimentais

Análise da propagação de incerteza nos cálculos

Suponha que medições das variáveis independentes, x_1, x_2, \dots, x_n , que serão utilizadas para calcular algum resultado (R), sejam feitas no laboratório. A incerteza relativa a cada grandeza, medida independentemente, é estimada como u_i . Desejamos analisar como os erros nos x_i 's propagam-se no cálculo de R a partir dos valores medidos.

Em geral, R pode ser expresso matematicamente como $R = R(x_1, x_2, \dots, x_n)$. O efeito sobre R de um erro na medição de um x_i , individual, pode ser estimado por analogia com a derivada de uma função (Young, H.D., 1962; citado por Fox, W.R., 2004). Uma variação de, δx_i , em x_i causa uma variação δR_i em R ,

$$\delta R_i = \frac{\partial R}{\partial x_i} \delta x_i \quad (A1)$$

A variação relativa em R é

$$\frac{\delta R_i}{R} = \frac{1}{R} \frac{\partial R}{\partial x_i} \delta x_i = \frac{x_i}{R} \frac{\partial R}{\partial x_i} \frac{\delta x_i}{x_i} \quad (A2)$$

A equação (A.2) pode ser usada para estimar a incerteza relativa no resultado devido à incerteza em x_i . Introduzindo a notação de incerteza relativa, obtemos:

$$u_{R_i} = \frac{x_i}{R} \frac{\partial R}{\partial x_i} u_{x_i} \quad (A3)$$

Como podemos estimar a incerteza relativa em R causada pelos efeitos combinados das incertezas relativas em todos os x_i 's?

O erro aleatório em cada variável tem uma faixa de valores dentro do intervalo de incerteza. É improvável que todos os erros tenham valores adversos ao mesmo tempo.

Pode ser demonstrado (Kline, S.J. and McClintok, F.A., 1953) que a melhor representação para a incerteza relativa do resultado é:

$$u_R = \pm \left[\left(\frac{x_1}{R} \frac{\partial R}{\partial x_1} u_{x_1} \right)^2 + \left(\frac{x_2}{R} \frac{\partial R}{\partial x_2} u_{x_2} \right)^2 + \dots + \left(\frac{x_n}{R} \frac{\partial R}{\partial x_n} u_{x_n} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (A4)$$

Uma situação típica em trabalhos de engenharia é o experimento de “amostra única”, em que apenas uma medição é feita para cada ponto. Uma estimativa razoável da incerteza de medição devido ao erro aleatório em um experimento de amostra única é, geralmente, mais o menos a metade da menor divisão da escala (*a contagem ou leitura mínima*) do instrumento.

A.1 Incerteza na vazão mássica

A vazão mássica, seja de ar úmido ou gás natural, é calculada pelas equações (18), (24), (28) e (30):

$$\dot{m} = \dot{m}(C_d, d, \rho, \Delta P) = (cte.) \times C_d \times d^2 \times \sqrt{2 \times \rho \times \Delta P} \quad (A5)$$

As derivadas parciais são:

$$\frac{\partial \dot{m}}{\partial C_d} = (cte.) \times d^2 \times \sqrt{2 \times \rho \times \Delta P}$$

$$\frac{\partial \dot{m}}{\partial d} = (cte.) \times C_d \times 2 \times d \times \sqrt{2 \times \rho \times \Delta P}$$

$$\frac{\partial \dot{m}}{\partial \rho} = (cte.) \times C_d \times d^2 \times \sqrt{2 \times \Delta P} \times \frac{1}{2} \times \rho^{-1/2}$$

$$\frac{\partial \dot{m}}{\partial \Delta P} = (cte.) \times C_d \times d^2 \times \sqrt{2 \times \rho} \times \frac{1}{2} \times \Delta P^{-1/2}$$

Da equação (A.3) obtemos as incertezas relativas:

$$u_{\dot{m}, C_d} = \frac{\delta \dot{m}_{C_d}}{\dot{m}} = \frac{C_d}{\dot{m}} \frac{\partial \dot{m}}{\partial C_d} u_{C_d} = u_{C_d}$$

$$u_{\dot{m},d} = \frac{\delta \dot{m}_d}{\dot{m}} = \frac{d}{\dot{m}} \frac{\partial \dot{m}}{\partial d} u_d = 2u_d$$

$$u_{\dot{m},\rho} = \frac{\delta \dot{m}_\rho}{\dot{m}} = \frac{\rho}{\dot{m}} \frac{\partial \dot{m}}{\partial \rho} u_\rho = \frac{1}{2} u_\rho$$

$$u_{\dot{m},\Delta P} = \frac{\delta \dot{m}_{\Delta P}}{\dot{m}} = \frac{\Delta P}{\dot{m}} \frac{\partial \dot{m}}{\partial \Delta P} u_{\Delta P} = \frac{1}{2} u_{\Delta P}$$

Da equação (A4), a incerteza relativa no cálculo da vazão é:

$$u_{\dot{m}} = \pm \left[\left(u_{C_d} \right)^2 + \left(2u_d \right)^2 + \left(\frac{u_\rho}{2} \right)^2 + \left(\frac{u_{\Delta P}}{2} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{A6})$$

Para o termo referente ao C_d , Bean (1971) sugere adotar uma incerteza de $\pm 2\%$. O diâmetro foi medido com leitura mínima de 0,1 mm, assim, a incerteza relativa ao diâmetro é estimada como: $u_d = \pm \frac{0,05}{d}$.

Todos os modelos de transdutores utilizados para as medições de pressão, segundo informação do fabricante, têm incerteza relativa de $\pm 0.1\%$.

No que se refere à massa específica, a incerteza relativa é obtida da seguinte expressão:

$$\rho = \rho(P, R, T) = \frac{P}{R \times T}$$

Diferenciando e, introduzindo a incerteza relativa aos termopares ($\pm 0,75\%$) e desprezando a relativa à R , obtemos a equação para a incerteza relativa à densidade:

$$u_\rho = \pm \left[\left(u_P \right)^2 + \left(-u_T \right)^2 \right]^{1/2} = \pm \left[\left(\pm 0,001 \right)^2 + \left(\pm 0,0075 \right)^2 \right]^{1/2} = \pm 0,76\% \quad (\text{A7})$$

Logo, substituindo os termos parciais na equação (A6), obtemos a equação para o cálculo de incerteza da vazão do ar úmido ($u_{\dot{m}_{ar,u}}$) ou gás natural ($u_{\dot{m}_{gás}}$):

$$u_{\dot{m}} = \pm \left[\left(0,02 \right)^2 + \left(\frac{0,1}{d} \right)^2 + \left(0,0076 \right)^2 + \left(0,0005 \right)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{A8})$$

Para o caso do ar, o diâmetro do bocal utilizado foi de 40mm, assim, a incerteza relativa na medição do ar úmido será de $u_{\dot{m}_{ar,u}} = \pm 2,15\%$. Já para o gás natural, utilizando um bocal com diâmetro de 10 mm, a incerteza será de $u_{\dot{m}_{gás}} = \pm 2,36\%$. Portanto, estas incertezas encontradas são representativas, em ordem de grandeza, para toda a faixa de experimentos.

A.2 Incerteza na vazão de ar seco

A vazão mássica de ar seco é calculada pela equação (19):

$$\dot{m}_{ar,s} = \dot{m}_{ar,s}(\dot{m}_{ar,u}, w) = \frac{\dot{m}_{ar,u}}{1+w} \quad (A9)$$

Diferenciando, obtemos:

$$d\dot{m}_{ar,s} = \frac{\partial \dot{m}_{ar,s}}{\partial \dot{m}_{ar,u}} d\dot{m}_{ar,u} + \frac{\partial \dot{m}_{ar,s}}{\partial w} dw$$

posto que:

$$\frac{\partial \dot{m}_{ar,s}}{\partial \dot{m}_{ar,u}} = \frac{1}{1+w} \quad \text{e} \quad \frac{\partial \dot{m}_{ar,s}}{\partial w} = -\frac{\dot{m}_{ar,u}}{(1+w)^2}$$

Logo, calculando as incertezas relativas:

$$u_{\dot{m}_{ar,s}, \dot{m}_{ar,u}} = \frac{\dot{m}_{ar,u}}{\dot{m}_{ar,s}} \frac{\partial \dot{m}_{ar,s}}{\partial \dot{m}_{ar,u}} u_{\dot{m}_{ar,u}} = u_{\dot{m}_{ar,u}}$$

$$u_{\dot{m}_{ar,s}, w} = \frac{w}{\dot{m}_{ar,s}} \frac{\partial \dot{m}_{ar,s}}{\partial w} u_w = -\frac{w}{1+w} u_w$$

Da equação (A4), a incerteza relativa no cálculo da vazão de ar seco é:

$$u_{\dot{m}_{ar,s}} = \pm \left[\left(u_{\dot{m}_{ar,u}} \right)^2 + \left(-\frac{w}{1+w} u_w \right)^2 \right]^{1/2} \quad (A10)$$

A incerteza relativa à vazão de ar úmido ($u_{\dot{m}_{ar,u}}$) é dada pela equação (A7) e a parcela referente à umidade absoluta (w) é obtida através da equação (22):

$$w = w(U_r, P_{sat}, P_{ar}) = \frac{0,622 \times \frac{U_r}{100} \times P_{sat}}{P_{ar} - \left(\frac{U_r}{100} \times P_{sat}\right)} \quad (A11)$$

Diferenciando e desprezando a incerteza relativa à P_{sat} , encontramos:

$$u_w = \pm \left[\left(\frac{P_{ar}}{P_{ar} - \left(\frac{U_r}{100} \times P_{sat}\right)} u_{U_r} \right)^2 + \left(- \frac{P_{ar}}{P_{ar} - \left(\frac{U_r}{100} \times P_{sat}\right)} u_{P_{ar}} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Substituindo as incertezas relativas à umidade relativa ($\pm 2\%$) e da pressão barométrica ($\pm 0.1\%$) na equação (A12), tem-se:

$$u_w = \pm \left(\frac{0,145 P_{ar}}{P_{ar} - \left(\frac{U_r}{100} \times P_{sat}\right)} \right) \quad (A12)$$

Finalmente, substituindo a equação (A12) em (A10):

$$u_{\dot{m}_{ar,s}} = \pm \left\{ (0,0215)^2 + \left[- \frac{0,145 \times w \times P_{ar}}{(1+w) \left[P_{ar} - \left(\frac{U_r}{100} \times P_{sat}\right) \right]} \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (A13)$$

A.3 Incerteza na taxa de substituição

A taxa de substituição é calculada pela equação (19):

$$TS = TS(\dot{m}_{D,O}, \dot{m}_D) = 100 \left(\frac{\dot{m}_{D,O} - \dot{m}_D}{\dot{m}_{D,O}} \right) \quad (A14)$$

Diferenciando:

$$dTS = \frac{\partial TS}{\partial \dot{m}_{D,O}} d\dot{m}_{D,O} + \frac{\partial TS}{\partial \dot{m}_D} d\dot{m}_D = \left(100 \frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{D,O}^2} \right) d\dot{m}_{D,O} + \left(-\frac{100}{\dot{m}_{D,O}} \right) d\dot{m}_D$$

Então, as incertezas relativas serão:

$$u_{TS, \dot{m}_{D,O}} = \frac{\dot{m}_{D,O}}{TS} \frac{\partial TS}{\partial \dot{m}_{D,O}} u_{\dot{m}_{D,O}} = \frac{\dot{m}_D}{(\dot{m}_{D,O} - \dot{m}_D)} u_{\dot{m}_{D,O}}$$

$$u_{TS, \dot{m}_D} = \frac{\dot{m}_D}{TS} \frac{\partial TS}{\partial \dot{m}_D} u_{\dot{m}_D} = -\frac{\dot{m}_D}{(\dot{m}_{D,O} - \dot{m}_D)} u_{\dot{m}_D}$$

A incerteza da balança de combustível é $\pm 0,2\%$. Logo, da equação (A4), a incerteza relativa para o cálculo da taxa de substituição é:

$$u_{TS} = \pm \frac{0,0028 \dot{m}_D}{(\dot{m}_{D,O} - \dot{m}_D)} \quad (A15)$$

A.4 Incerteza na razão de equivalência total

Na **operação Diesel-gás**, a razão de equivalência total ($\phi_{D/g}$) é calculada pela equação (19):

$$\phi_{D/g} = \phi_{D/g}(\dot{m}_{ar,s}, \dot{m}_D, \dot{m}_{gás}) = \frac{14,99 \times \dot{m}_D + 16,99 \times \dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \quad (A16)$$

Diferenciando (A16), obtemos:

$$\begin{aligned} d\phi_{D/g} &= \frac{\partial\phi_{D/g}}{\partial\dot{m}_{ar,s}} d\dot{m}_{ar,s} + \frac{\partial\phi_{D/g}}{\partial\dot{m}_D} d\dot{m}_D + \frac{\partial\phi_{D/g}}{\partial\dot{m}_{gás}} d\dot{m}_{gás} \\ &= \left(-\frac{14,99 \times \dot{m}_D + 16,99 \times \dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}^2} \right) d\dot{m}_{ar,s} + \left(\frac{14,99}{\dot{m}_{ar,s}} \right) d\dot{m}_D + \left(\frac{16,99}{\dot{m}_{ar,s}} \right) d\dot{m}_{gás} \end{aligned}$$

Logo, as incertezas relativas são:

$$\begin{aligned} u_{\phi_{D/g}, \dot{m}_{ar,s}} &= \frac{\dot{m}_{ar,s}}{\phi_{D/g}} \frac{\partial\phi_{D/g}}{\partial\dot{m}_{ar,s}} u_{\dot{m}_{ar,s}} = -u_{\dot{m}_{ar,s}} \\ u_{\phi_{D/g}, \dot{m}_D} &= \frac{\dot{m}_D}{\phi_{D/g}} \frac{\partial\phi_{D/g}}{\partial\dot{m}_D} u_{\dot{m}_D} = \frac{14,99 \times \dot{m}_D}{14,99 \times \dot{m}_D + 16,99 \times \dot{m}_{gás}} u_{\dot{m}_D} \\ u_{\phi_{D/g}, \dot{m}_{gás}} &= \frac{\dot{m}_{gás}}{\phi_{D/g}} \frac{\partial\phi_{D/g}}{\partial\dot{m}_{gás}} u_{\dot{m}_{gás}} = \frac{16,99 \times \dot{m}_{gás}}{14,99 \times \dot{m}_D + 16,99 \times \dot{m}_{gás}} u_{\dot{m}_{gás}} \end{aligned}$$

As incertezas relativas às vazões do gás natural, ar seco e Diesel ($u_{\dot{m}_{gás}}$, $u_{\dot{m}_{ar,s}}$, u_D) são determinadas pelas respectivas equações (A7), (A11) e (A13), assim, a partir da equação (A4), obtemos a expressão para o cálculo da incerteza relativa à razão de equivalência total:

$$u_{\phi_{D/g}} = \pm \left[\left(-u_{\dot{m}_{ar,s}} \right)^2 + \left(\frac{0,02998\dot{m}_D}{14,99 \times \dot{m}_D + 16,99 \times \dot{m}_{gás}} \right)^2 + \left(\frac{0,400964\dot{m}_{gás}}{14,99 \times \dot{m}_D + 16,99 \times \dot{m}_{gás}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (A17)$$

De forma análoga, para a **operação Diesel puro**, da equação (43):

$$\phi_D = \phi_D(\dot{m}_{ar,s}, \dot{m}_D) = \frac{14,99 \times \dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \quad (A18)$$

$$u_{\phi_D} = \pm \left[(0,002)^2 + \left(-u_{\dot{m}_{ar,s}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (A19)$$

A.5 Incertezas nas emissões específicas de CO, HC e NO_x

Na **operação Diesel-gás**, as emissões específicas de CO são calculadas pelas equações (47) a (53):

$$sCO = sCO(CO_{CONC,S}, \dot{m}_D, \dot{m}_{gás}, \dot{m}_{ar,s}, \dot{m}_{ar,u}, P) =$$

$$\left\{ P^{-1} \times 0,000966 \cdot CO_{CONC,S} \times \left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) - 3,82 \times \left(\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right] \left[\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D + \dot{m}_{gás} \right] \right\}$$

(A20)

Diferenciando:

$$d(sCO) = \frac{\partial sCO}{\partial CO_{CONC,S}} dCO_{CONC,S} + \frac{\partial sCO}{\partial \dot{m}_D} d\dot{m}_D + \frac{\partial sCO}{\partial \dot{m}_{gás}} d\dot{m}_{gás} +$$

$$\frac{\partial sCO}{\partial \dot{m}_{ar,s}} d\dot{m}_{ar,s} + \frac{\partial sCO}{\partial \dot{m}_{ar,u}} d\dot{m}_{ar,u} + \frac{\partial sCO}{\partial P} dP$$

Logo, as incertezas relativas serão dadas por:

$$u_{sCO, CO_{CONC,S}} = \frac{CO_{CONC,S}}{sCO} \frac{\partial sCO}{\partial CO_{CONC,S}} u_{CO_{CONC,S}} = u_{CO_{CONC,S}}$$

$$u_{sCO, \dot{m}_D} = \frac{\dot{m}_D}{sCO} \frac{\partial sCO}{\partial \dot{m}_D} u_{\dot{m}_D} =$$

$$\left\{ \frac{\left[\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right] \left[\dot{m}_{ar,s} - 1,85\dot{m}_{ar,u} - 3,7\dot{m}_D - 5,67\dot{m}_{gás} \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) - 3,82 \times \left(\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right] \left[\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D + \dot{m}_{gás} \right]} \right\} u_{\dot{m}_D}$$

$$u_{sCO, \dot{m}_{gás}} = \frac{\dot{m}_{gás}}{sCO} \frac{\partial sCO}{\partial \dot{m}_{gás}} u_{\dot{m}_{gás}} = \left\{ \frac{\left[\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right] \left[\dot{m}_{ar,s} - 3,82\dot{m}_{ar,u} - 5,67\dot{m}_D - 7,64\dot{m}_{gás} \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) - 3,82 \times \left(\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right] \left[\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D + \dot{m}_{gás} \right]} \right\} u_{\dot{m}_{gás}}$$

$$u_{sCO, \dot{m}_{ar,s}} = \frac{\dot{m}_{ar,s}}{sCO} \frac{\partial sCO}{\partial \dot{m}_{ar,s}} u_{\dot{m}_{ar,s}} = \left\{ \frac{\left[\frac{1}{\dot{m}_{ar,s}} \right] \left[1,85\dot{m}_D + 3,82\dot{m}_{gás} \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) - 3,82 \times \left(\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right]} \right\} u_{\dot{m}_{ar,s}}$$

$$u_{sCO, \dot{m}_{ar,u}} = \frac{\dot{m}_{ar,u}}{sCO} \frac{\partial sCO}{\partial \dot{m}_{ar,u}} u_{\dot{m}_{ar,u}} = \left\{ \frac{\dot{m}_{ar,u}}{\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D + \dot{m}_{gás}} \right\} u_{\dot{m}_{ar,u}}$$

$$u_{sCO, P} = \frac{P}{sCO} \frac{\partial sCO}{\partial P} u_P = -u_P$$

Para o cálculo da incerteza relativa à potência, reescrevemos a equação (16) em unidades de kW:

$$P = P(T, N) = \frac{\pi}{30000} \times T \times N$$

A seguir, calculamos e introduzimos as incertezas do dinamômetro para as leituras do torque e rotação, isto é:

$$u_P = u_T + u_N = 0,002 + \frac{0,5}{N} \quad (A21)$$

Utilizando a equação (A4) e substituindo todos os termos das incertezas relativas (incluindo o valor de $\pm 5\%$ para as concentrações de CO), obtemos a incerteza parcial para as emissões específicas de monóxido de carbono, apresentada abaixo.

$$u_{sCO} = \pm \left\{ \begin{aligned} & \left[\frac{0,002 \left[\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right] \left[\dot{m}_{ar,s} - 1,85\dot{m}_{ar,u} - 3,7\dot{m}_D - 5,67\dot{m}_{gás} \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) - 3,82 \times \left(\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right] \left[\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D + \dot{m}_{gás} \right]} \right]^2 + \\ & \left[\frac{0,0236 \left[\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right] \left[\dot{m}_{ar,s} - 3,82\dot{m}_{ar,u} - 5,67\dot{m}_D - 7,64\dot{m}_{gás} \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) - 3,82 \times \left(\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right] \left[\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D + \dot{m}_{gás} \right]} \right]^2 + \\ & \left[\frac{\left[\frac{1}{\dot{m}_{ar,s}} \right] \left[1,85\dot{m}_D + 3,82\dot{m}_{gás} \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) - 3,82 \times \left(\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right]} u_{\dot{m}_{ar,s}} \right]^2 + \\ & \left[\frac{0,0215\dot{m}_{ar,u}}{\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D + \dot{m}_{gás}} \right]^2 + [0,05]^2 + \left[0,002 + \frac{0,5}{N} \right]^2 \end{aligned} \right\}^{1/2} \quad (A22)$$

As incertezas relativas para as emissões específicas de HC e NO_x são obtidas de forma análoga aos cálculos da incerteza de CO, logo:

$$u_{sHC} = \pm \left\{ \begin{aligned} & \left[\frac{0,002 \left[\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right] \left[\dot{m}_{ar,s} - 1,85\dot{m}_{ar,u} - 3,7\dot{m}_D - 5,67\dot{m}_{gás} \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) - 3,82 \times \left(\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right] \left[\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D + \dot{m}_{gás} \right]} \right]^2 + \\ & \left[\frac{0,0236 \left[\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right] \left[\dot{m}_{ar,s} - 3,82\dot{m}_{ar,u} - 5,67\dot{m}_D - 7,64\dot{m}_{gás} \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) - 3,82 \times \left(\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right] \left[\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D + \dot{m}_{gás} \right]} \right]^2 + \\ & \left[\frac{\left[\frac{1}{\dot{m}_{ar,s}} \right] \left[1,85\dot{m}_D + 3,82\dot{m}_{gás} \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) - 3,82 \times \left(\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right]} u_{\dot{m}_{ar,s}} \right]^2 + \\ & \left[\frac{0,0215\dot{m}_{ar,u}}{\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D + \dot{m}_{gás}} \right]^2 + [0,1]^2 + \left[0,002 + \frac{0,5}{N} \right]^2 \end{aligned} \right\}^{1/2} \quad (A23)$$

$$u_{sNOx} = \pm \left\{ \begin{aligned} & \left[\frac{0,002 \left[\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right] \left[\dot{m}_{ar,s} - 1,85\dot{m}_{ar,u} - 3,7\dot{m}_D - 5,67\dot{m}_{gás} \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) - 3,82 \times \left(\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right] \left[\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D + \dot{m}_{gás} \right]} \right]^2 + \\ & \left[\frac{0,0236 \left[\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right] \left[\dot{m}_{ar,s} - 3,82\dot{m}_{ar,u} - 5,67\dot{m}_D - 7,64\dot{m}_{gás} \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) - 3,82 \times \left(\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right] \left[\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D + \dot{m}_{gás} \right]} \right]^2 + \\ & \left[\frac{\left[\frac{1}{\dot{m}_{ar,s}} \right] \left[1,85\dot{m}_D + 3,82\dot{m}_{gás} \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) - 3,82 \times \left(\frac{\dot{m}_{gás}}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right]} u_{\dot{m}_{ar,s}} \right]^2 + \\ & \left[\frac{0,0215\dot{m}_{ar,u}}{\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D + \dot{m}_{gás}} \right]^2 + [0,05]^2 + \left[0,002 + \frac{0,5}{N} \right]^2 \end{aligned} \right\}^{1/2} \quad (A24)$$

Repetindo o mesmo procedimento para a **operação Diesel** (identificado pelo subscrito *D*), obtemos as incertezas relativas às emissões específicas de CO, HC e NO_x:

$$u_{sCO_D} = \pm \left\{ \begin{aligned} & \left[\frac{0,002 \left[\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right] \left[\dot{m}_{ar,s} - 1,85\dot{m}_{ar,u} - 3,7\dot{m}_D \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right] \left[\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D \right]} \right]^2 + \left[\frac{0,0215\dot{m}_{ar,u}}{\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D} \right]^2 + \\ & \left[\frac{\left[\frac{1,85\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right]} u_{\dot{m}_{ar,s}} \right]^2 + [0,05]^2 + \left[0,002 + \frac{0,5}{N} \right]^2 \end{aligned} \right\}^{1/2} \quad (A25)$$

$$u_{sHC_D} = \pm \left\{ \left[\frac{0,002 \left[\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right] \left[\dot{m}_{ar,s} - 1,85\dot{m}_{ar,u} - 3,7\dot{m}_D \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right] \left[\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D \right]} + \left[\frac{0,0215\dot{m}_{ar,u}}{\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D} \right]^2 \right]^2 + \left[\frac{1,85\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right]^2 u_{\dot{m}_{ar,s}}^2 + [0,1]^2 + \left[0,002 + \frac{0,5}{N} \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (A26)$$

$$u_{sNOx_D} = \pm \left\{ \left[\frac{0,002 \left[\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right] \left[\dot{m}_{ar,s} - 1,85\dot{m}_{ar,u} - 3,7\dot{m}_D \right]}{\left[1 - 1,85 \times \left(\frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right) \right] \left[\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D \right]} + \left[\frac{0,0215\dot{m}_{ar,u}}{\dot{m}_{ar,u} + \dot{m}_D} \right]^2 \right]^2 + \left[\frac{1,85\dot{m}_D}{\dot{m}_{ar,s}} \right]^2 u_{\dot{m}_{ar,s}}^2 + [0,05]^2 + \left[0,002 + \frac{0,5}{N} \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (A27)$$

A.6 Incertezas nas emissões específicas do material particulado

Na **operação Diesel-gás**, as emissões específicas de CO são calculadas pelas equações (47) a (53):

$$sMP = sMP(\rho_{MP}, \rho_{ar,u}, \dot{m}_{ar,u}, \dot{m}_D, \dot{m}_{gás}, P) = 10^{-3} \times P^{-1} \times \rho_{MP} \times \left[\frac{\dot{m}_{ar,u}}{\rho_{ar,u}} + 0,77(\dot{m}_D + \dot{m}_{gás}) \right] \quad (A28)$$

Diferenciando:

$$d(sMP) = \frac{\partial sMP}{\partial \rho_{MP}} d\rho_{MP} + \frac{\partial sMP}{\partial \rho_{ar,u}} d\rho_{ar,u} + \frac{\partial sMP}{\partial \dot{m}_{ar,u}} d\dot{m}_{ar,u} + \frac{\partial sMP}{\partial \dot{m}_D} d\dot{m}_D + \frac{\partial sMP}{\partial \dot{m}_{gás}} d\dot{m}_{gás} + \frac{\partial sMP}{\partial P} dP$$

Logo, considerando a mínima resolução na medição de MP (0.01 mg/m³), obtemos as seguintes incertezas relativas:

$$u_{sMP, \rho_{MP}} = \frac{\rho_{MP}}{sMP} \frac{\partial sMP}{\partial \rho_{MP}} u_{\rho_{MP}} = u_{\rho_{MP}} = \pm \frac{0,005}{\rho_{MP}}$$

$$u_{sMP, \rho_{ar,u}} = \frac{\rho_{ar,u}}{sMP} \frac{\partial sMP}{\partial \rho_{ar,u}} u_{\rho_{ar,u}} = - \frac{\left[\frac{\dot{m}_{ar,u}}{\rho_{ar,u}} \right]}{\left[\frac{\dot{m}_{ar,u}}{\rho_{ar,u}} + 0,77(\dot{m}_D + \dot{m}_{gás}) \right]} u_{\rho_{ar,u}}$$

$$u_{sMP, \dot{m}_{ar,u}} = \frac{\dot{m}_{ar,u}}{sMP} \frac{\partial sMP}{\partial \dot{m}_{ar,u}} u_{\dot{m}_{ar,u}} = \frac{\left[\frac{\dot{m}_{ar,u}}{\rho_{ar,u}} \right]}{\left[\frac{\dot{m}_{ar,u}}{\rho_{ar,u}} + 0,77(\dot{m}_D + \dot{m}_{gás}) \right]} u_{\dot{m}_{ar,u}}$$

$$u_{sMP, \dot{m}_D} = \frac{\dot{m}_D}{sMP} \frac{\partial sMP}{\partial \dot{m}_D} u_{\dot{m}_D} = \frac{0,77\dot{m}_D}{\left[\frac{\dot{m}_{ar,u}}{\rho_{ar,u}} + 0,77(\dot{m}_D + \dot{m}_{gás}) \right]} u_{\dot{m}_D}$$

$$u_{sMP, \dot{m}_{gás}} = \frac{\dot{m}_{gás}}{sMP} \frac{\partial sMP}{\partial \dot{m}_{gás}} u_{\dot{m}_{gás}} = \frac{0,77\dot{m}_{gás}}{\left[\frac{\dot{m}_{ar,u}}{\rho_{ar,u}} + 0,77(\dot{m}_D + \dot{m}_{gás}) \right]} u_{\dot{m}_{gás}}$$

$$u_{sMP, P} = \frac{P}{sMP} \frac{\partial sMP}{\partial P} u_P = -u_P = - \left[\frac{0,002}{T} + \frac{0,5}{N} \right]$$

Utilizando a equação (A4) e substituindo os termos das incertezas parciais, obtemos a incerteza parcial para as emissões específicas do material particulado:

$$u_{sMP} = \pm \left\{ \left[\frac{0,0228 \left[\frac{\dot{m}_{ar,u}}{\rho_{ar,u}} \right]}{\left[\frac{\dot{m}_{ar,u}}{\rho_{ar,u}} + 0,77(\dot{m}_D + \dot{m}_{gás}) \right]} \right]^2 + \left[0,002 + \frac{0,5}{N} \right]^2 + \left[\frac{0,005}{\rho_{MP}} \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (A29)$$

$$\left\{ \left[\frac{0,00154\dot{m}_D}{\left[\frac{\dot{m}_{ar,u}}{\rho_{ar,u}} + 0,77(\dot{m}_D + \dot{m}_{gás}) \right]} \right]^2 + \left[\frac{0,018172\dot{m}_{gás}}{\left[\frac{\dot{m}_{ar,u}}{\rho_{ar,u}} + 0,77(\dot{m}_D + \dot{m}_{gás}) \right]} \right]^2 \right\}^{1/2}$$

Para a **operação Diesel puro**, analogamente aos cálculos anteriores, tem-se:

$$u_{sMP_D} = \pm \left\{ \left[\frac{0,0228 \left[\frac{\dot{m}_{ar,u}}{\rho_{ar,u}} \right]}{\left[\frac{\dot{m}_{ar,u}}{\rho_{ar,u}} + 0,77\dot{m}_D \right]} \right]^2 + \left[0,002 + \frac{0,5}{N} \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (A30)$$

$$\left\{ \left[\frac{0,005}{\rho_{MP}} \right]^2 + \left[\frac{0,00154\dot{m}_D}{\left[\frac{\dot{m}_{ar,u}}{\rho_{ar,u}} + 0,77\dot{m}_D \right]} \right]^2 \right\}^{1/2}$$

Apêndice B

Planilhas

Planilha de Ensaio do Motor MWM 4.10 TCA (1000 rpm)																																			
% Carga	Torque	Rotação	Potência	Pressão do ar no coletor de admissão	Consumo de ar úmido		Consumo de ar seco		Consumo de Diesel		Consumo de gás natural		Taxa de substituição		Razão de equivalência		Razão ar/gás	CO			NOx			HC			MP			Consumo específico	Rend. térmico	Eff. volumétrica	Temperatura gases de escape		
					kg/h	Incerteza (kg/h)	kg/h	Incerteza (kg/h)	kg/h	Incerteza (kg/h)	kg/h	Incerteza (kg/h)	%	Incerteza (%)	-	Incerteza (-)		ppm	g/kWh	Incerteza (g/kWh)	ppm	g/kWh	Incerteza (g/kWh)	ppm	g/kWh	Incerteza (g/kWh)	mg/m³	g/kWh	Incerteza (g/kWh)					g/kWh	%
ML	0,8	996	0,1	14,5	154,4	± 3,3	151,4	± 3,3	1,0	± 0,002	0	0	0	0	0	0,15	± 0,003	-	142	234,0	± 12,74	106	286,9	± 15,62	0	0	0	4	5,964	± 0,136	11111,1	0,8	104,4	122	
10% Carga	33	1000	3,5	14,7	156,4	± 3,4	153,8	± 3,3	1,5	± 0,003	0	0	0	0	0,15	± 0,003	-	203	234,0	± 12,74	166	11,8	± 0,64	0	0	0	7	0,273	± 0,0062	433,5	19,6	104,6	203		
	34,7	1000	3,6	14,7	153,6	± 3,3	151,0	± 3,3	0,4	± 0,001	2,7	+ 0,064	71,3	± 0,08	0,35	± 0,010	55,6	1972	79,1	+ 4,30	80	5,3	± 0,29	18480	36,6	+ 37,49	0	0	0	0	0	974,7	8,7	102,7	175
	35	1000	3,7	14,7	153,9	± 3,3	151,5	± 3,3	0,6	± 0,001	2,2	+ 0,051	60,0	± 0,11	0,30	± 0,009	70,4	1960	78,1	+ 4,25	95	6,2	± 0,34	13940	27,4	+ 28,10	0	0	0	0	0	833,8	10,2	102,4	159
	33,8	1000	3,5	14,6	153,9	± 3,3	151,5	± 3,3	0,8	± 0,002	1,5	+ 0,035	44,7	± 0,15	0,25	± 0,007	103,7	1670	69,2	+ 3,76	114	7,8	± 0,42	8960	183,6	+ 18,78	0	0	0	0	0	707,9	12,0	102,5	150
	33,5	1000	3,5	12,7	138,4	± 3,0	136,1	± 2,9	1,6	± 0,003	0	0	-3,3	± 0,29	0,17	± 0,004	-	324	12,2	± 0,66	193	12,0	± 0,65	0	0	0	6	0,204	± 0,0046	441,6	19,2	92,4	157		
	35,2	1000	3,7	12,7	135,0	± 2,9	132,8	± 2,9	0,5	± 0,001	2,1	+ 0,051	66,0	± 0,10	0,33	± 0,010	61,8	2135	74,1	+ 4,03	106	6,0	± 0,33	14220	24,2	+ 24,97	0	0	0	0	0	804,0	10,5	90,3	173
	33,7	1000	3,5	12,7	136,7	± 2,9	134,4	± 2,9	0,7	± 0,001	1,5	+ 0,037	51,3	± 0,14	0,28	± 0,008	86,7	2034	74,9	+ 4,07	127	7,7	± 0,42	9700	176,8	+ 18,08	0	0	0	0	0	708,6	12,0	91,4	168
	33,2	1000	3,5	12,7	136,7	± 2,9	134,4	± 2,9	1,0	± 0,002	1,1	+ 0,025	36,0	± 0,18	0,24	± 0,006	127,6	1643	69,2	+ 3,76	114	7,8	± 0,49	6120	113,7	+ 11,62	1	0,034	± 0,0008	623,7	13,6	91,4	165		
	35,5	1000	3,7	10,8	122,9	± 2,6	120,9	± 2,6	1,7	± 0,003	0	0	-10,7	± 0,31	0,21	± 0,004	-	547	17,3	± 0,94	237	12,3	± 0,67	0	0	0	5	0,143	± 0,0032	447,4	19,0	82,3	181		
	34,9	1000	3,7	10,9	121,1	± 2,6	119,1	± 2,6	0,5	± 0,001	1,9	+ 0,045	66,7	± 0,09	0,33	± 0,010	63,1	2227	70,1	+ 3,81	128	6,6	± 0,36	12430	193,6	+ 19,79	0	0	0	0	0	728,5	11,6	81,1	194
33,6	1000	3,5	10,9	121,1	± 2,6	119,1	± 2,6	0,7	± 0,001	1,5	+ 0,036	54,7	± 0,13	0,30	± 0,008	79,1	2237	73,1	+ 3,97	146	7,8	± 0,43	9160	148,1	+ 15,14	0	0	0	0	0	682,1	12,4	81,1	190	
33,5	1000	3,5	10,9	121,0	± 2,6	119,0	± 2,6	0,9	± 0,002	1,1	+ 0,025	38,7	± 0,17	0,27	± 0,007	113,1	1997	65,5	+ 3,56	168	9,1	± 0,49	5870	95,3	+ 9,75	1	0,030	± 0,0007	604,9	14,0	81,1	185			
34,3	1000	3,6	8,6	105,3	± 2,3	103,6	± 2,2	1,8	± 0,004	0	0	-20,0	± 0,34	0,26	± 0,006	-	1013	28,3	± 1,54	298	13,7	± 0,74	0	0	0	12	0,304	± 0,0069	501,4	16,9	70,6	216			
34,4	1000	3,6	8,7	105,3	± 2,3	103,6	± 2,2	0,4	± 0,001	1,9	+ 0,045	76,0	± 0,07	0,36	± 0,011	54,9	1941	53,8	+ 2,92	134	6,1	± 0,33	12230	167,7	+ 17,14	0	0	0	0	0	699,1	12,1	70,6	237	
34	1000	3,6	8,7	105,3	± 2,3	103,6	± 2,2	0,6	± 0,001	1,5	+ 0,035	62,0	± 0,11	0,33	± 0,009	68,9	2190	61,4	+ 3,34	165	7,6	± 0,41	8360	116,1	+ 11,87	0	0	0	0	0	643,0	13,2	70,6	234	
33,8	1000	3,5	8,9	107,3	± 2,3	105,6	± 2,2	1,0	± 0,002	1,0	+ 0,023	34,7	± 0,18	0,30	± 0,007	106,7	2089	60,2	+ 3,27	201	9,5	± 0,52	4830	68,8	+ 7,04	0	0	0	0	0	596,4	14,2	72,0	222	
34	1000	3,6	6,6	94,1	± 2,0	92,6	± 2,0	2,1	± 0,004	0	0	-42,0	± 0,40	0,34	± 0,007	-	2311	57,8	± 3,14	282	11,6	± 0,63	0	0	0	48	1,099	± 0,0247	598,3	14,2	63,2	286			
35,9	1000	3,8	6,7	91,7	± 2,0	90,2	± 2,0	0,5	± 0,001	1,6	+ 0,038	64,0	± 0,10	0,40	± 0,011	55,5	1151	26,5	+ 1,44	83	3,1	± 0,17	3870	44,1	+ 4,51	0	0	0	0	0	638,1	13,3	61,6	319	
34,3	1000	3,6	6,6	91,9	± 2,0	90,4	± 2,0	1,2	± 0,002	1,1	+ 0,025	20,0	± 0,22	0,40	± 0,010	86,0	1963	47,4	+ 2,58	154	6,1	± 0,33	4010	47,9	+ 4,90	1	0,022	± 0,0005	669,0	12,7	61,5	309			
25% Carga	90	1000	9,4	14,9	155,9	± 3,4	152,7	± 3,3	2,6	± 0,005	0	0	0	0	0,26	± 0,006	-	201	3,2	± 0,17	240	6,2	± 0,34	0	0	0	24	0,345	± 0,0078	275,7	30,8	105,0	222		
	88,9	1000	9,3	14,9	153,3	± 3,3	150,3	± 3,3	0,7	± 0,001	2,8	+ 0,067	74,6	± 0,07	0,39	± 0,011	53,0	2423	37,7	+ 2,05	141	3,6	± 0,20	11440	88,1	+ 9,01	1	0,014	± 0,0003	419,1	20,2	102,9	234		
	88,5	1000	9,3	14,9	154,4	± 3,3	151,2	± 3,3	1,1	± 0,002	2,0	+ 0,046	56,2	± 0,12	0,33	± 0,009	77,2	2212	34,9	+ 1,90	175	4,5	± 0,25	6700	52,3	+ 5,35	2	0,029	± 0,0007	364,6	23,3	104,0	220		
	88,9	1000	9,3	14,9	154,2	± 3,3	151,0	± 3,3	1,4	± 0,003	1,5	+ 0,036	45,8	± 0,15	0,31	± 0,008	100,2	1920	30,2	+ 1,64	191	4,9	± 0,27	4750	37,0	+ 3,78	3	0,044	± 0,0010	336,5	25,2	104,1	214		
	88,7	1000	9,3	13,1	139,2	± 3,0	136,3	± 3,0	2,6	± 0,005	0	0	0,4	± 0,28	0,28	± 0,006	-	277	3,9	± 0,21	290	6,8	± 0,37	0	0	0	21	0,274	± 0,0062	278,8	30,4	94,0	230		
	90,7	1000	9,5	13,1	136,0	± 2,9	133,1	± 2,9	0,6	± 0,001	2,6	+ 0,062	75,8	± 0,07	0,40	± 0,012	50,9	2273	30,7	+ 1,67	184	4,1	± 0,22	9630	64,3	+ 6,58	0	0	0	0	0	380,5	22,3	91,9	246
	88,6	1000	9,3	13,1	137,5	± 3,0	134,6	± 2,9	1,2	± 0,002	1,7	+ 0,039	53,1	± 0,13	0,35	± 0,009	80,7	1970	27,6	+ 1,50	224	5,2	± 0,28	4870	33,8	+ 3,46	2	0,026	± 0,0006	337,0	25,2	93,0	237		
	88,1	1000	9,2	13,1	137,5	± 3,0	134,7	± 2,9	1,5	± 0,003	1,3	+ 0,030	40,8	± 0,17	0,33	± 0,008	105,8	1684	23,8	+ 1,29	246	5,7	± 0,31	3600	25,1	+ 2,57	4	0,052	± 0,0012	324,4	26,1	93,0	233		
	88,6	1000	9,3	11,4	125,8	± 2,7	123,2	± 2,7	2,7	± 0,005	0	0	-4,6	± 0,29	0,33	± 0,007	-	335	4,3	± 0,23	352	7,4	± 0,40	0	0	0	26	0,308	± 0,0069	293,1	28,9	85,1	258		
	91,4	1000	9,6	11,4	122,2	± 2,6	119,7	± 2,6	0,6	± 0,001	2,4	+ 0,057	77,7	± 0,06	0,42	± 0,012	49,3	2032	24,5	+ 1,33	234	4,6	± 0,25	7440	44,4	+ 4,54	0	0	0	0	0	350,8	24,2	82,8	270
87,6	1000	9,2	11,4	122,2	± 2,6	119,6	± 2,6	1,3	± 0,003	1,5	+ 0,036	50,8	± 0,14	0,38	± 0,010	77,4	1623	20,5	+ 1,11	282	5,8	± 0,32	4100	25,5	+ 2,61	2	0,023	± 0,0005	331,8	25,6	82,8	261			
88,2	1000	9,2	11,4	123,9	± 2,7	121,4	± 2,6	1,7	± 0,003	1,2	+ 0,028	36,5	± 0,18	0,37	± 0,009	104,1	1455	18,5	+ 1,00	303	6,3	± 0,34	3110	19,5	+ 2,00	5	0,059	± 0,0013	322,8	26,3	84,0	261			
50% Carga	88	1000	9,2	9,7	112,8	± 2,4	110,4	± 2,4	2,9	± 0,006	0	0	-11,2	± 0,31	0,39	± 0,009	-	685	7,9	± 0,43	430	8,2	± 0,44	0	0	0	72	0,771	± 0,0173	313,8	27,0	76,5	290		
	91,7	1000	9,6	9,7	108,8	± 2,3	106,6	± 2,3	0,6	± 0,001	2,2	+ 0,052	78,1	± 0,06	0,43	± 0,013																			

Planilha de Ensaio do Motor MWM 4.10 TCA (1300 rpm)

Table with 25 columns: Torque, Rotação, Potência, Presão do ar no coletor de admissão, Consumo de ar úmido, Consumo de ar seco, Consumo de Diesel, Consumo de gás natural, Taxa de substituição, Razão de equivalência, Razão ar/gás, CO, NOx, HC, MP, Consumo específico, Rend. térmico, Eff. volumétrica, Temperatura gases de escape. Rows are categorized by load: 0% Carga, 10% Carga, 25% Carga, 50% Carga, 75% Carga, 100% Carga.

Planilha de Ensaio do Motor MWM 4.10 TCA (1600 rpm)																																				
ML	% Carga	Torque	Rotação	Potência	Pressão do ar no coletor de admissão	Consumo de ar úmido		Consumo de ar seco		Consumo de Diesel		Consumo de gás natural		Taxa de substituição	Razão de equivalência	Razão ar/gás	CO			NOx			HC			MP		Consumo específico	Rend. térmico	Eff. volumétrica	Temperatura gases de escape					
		N.m	rpm	kW	psi	kg/h	Incerteza (kg/h)	kg/h	Incerteza (kg/h)	kg/h	Incerteza (kg/h)	kg/h	Incerteza (kg/h)	kg/h	Incerteza (kg/h)	%	Incerteza (%)	-	Incerteza (-)	-	ppm	g/kWh	Incerteza (g/kWh.h)	ppm	g/kWh	Incerteza (g/kWh.h)	ppm	g/kWh	Incerteza (g/kWh.h)	mg/m³	g/kWh	Incerteza (g/kWh.h)	g/kWh	%	%	°C
44.2	1600	7.4	15.2	233.1	± 5.0	228.1	± 5.0	2.0	± 0.006	0	0	0	0	0	0.13	± 0.003	-	-	244	366.2	± 19.92	82	202.2	± 11.00	0	0	0	1	1.372	± 0.0320	13000.0	0.7	99.1	141		
44.4	1600	7.4	15.5	229.3	± 4.9	224.4	± 4.9	1.0	± 0.002	5.1	± 0.121	69.0	± 0.09	0.45	± 0.013	43.7	1516	44.4	± 2.41	70	3.4	± 0.18	20360	295.2	± 30.18	0	0	0	0	0	0	0	926.2	9.2	98.1	228
44.7	1600	7.5	15.3	229.3	± 4.9	224.5	± 4.9	1.4	± 0.003	3.8	± 0.090	53.9	± 0.13	0.38	± 0.011	58.9	1551	44.9	± 2.44	80	3.8	± 0.21	14610	209.3	± 21.39	0	0	0	0	0	0	0	770.1	11.0	98.1	220
44	1600	7.4	15.2	230.2	± 4.9	225.3	± 4.9	1.9	± 0.004	2.5	± 0.059	37.6	± 0.17	0.31	± 0.008	90.5	1269	37.6	± 2.04	92	4.5	± 0.24	9200	134.9	± 13.79	1	0.028	± 0.0006	645.5	13.1	98.5	212				
43.6	1600	7.3	15.2	231.1	± 5.0	226.3	± 4.9	2.5	± 0.005	1.2	± 0.028	18.3	± 0.23	0.25	± 0.006	193.7	755	22.8	± 1.24	111	5.5	± 0.30	4080	60.8	± 6.22	4	0.113	± 0.0026	525.4	16.1	98.9	206				
45.1	1600	7.6	13.3	207.8	± 4.5	203.4	± 4.4	3.2	± 0.006	0	0	-5.2	± 0.29	0.24	± 0.005	-	178	4.7	± 0.25	159	6.8	± 0.37	0	0	0	4	0.147	± 0.0033	425.9	19.9	88.6	225				
45.3	1600	7.6	13.7	205.5	± 4.4	201.1	± 4.4	0.9	± 0.002	4.8	± 0.113	70.3	± 0.08	0.47	± 0.014	41.8	1369	34.9	± 1.90	82	3.4	± 0.19	19360	244.4	± 24.98	0	0	0	0	0	0	845.0	10.0	87.7	258	
44.7	1600	7.5	13.5	205.5	± 4.4	201.1	± 4.4	1.4	± 0.003	3.6	± 0.084	54.9	± 0.13	0.41	± 0.011	56.2	1515	39.2	± 2.13	92	3.9	± 0.21	13990	179.3	± 18.33	0	0	0	0	0	0	730.2	11.6	87.8	252	
44	1600	7.4	13.4	205.4	± 4.4	201.0	± 4.4	1.9	± 0.004	2.3	± 0.054	36.9	± 0.18	0.34	± 0.009	87.5	1321	34.8	± 1.89	106	4.6	± 0.25	8540	111.4	± 11.39	1	0.025	± 0.0006	617.5	13.7	87.8	242				
44.6	1600	7.5	13.4	206.4	± 4.4	202.0	± 4.4	2.5	± 0.005	1.3	± 0.030	19.9	± 0.22	0.29	± 0.007	158.6	952	25.0	± 1.36	125	5.4	± 0.29	4390	56.9	± 5.82	3	0.074	± 0.0017	522.2	16.2	88.3	236				
43.8	1600	7.3	11.1	175.6	± 3.8	171.9	± 3.7	3.2	± 0.006	0	0	-5.6	± 0.30	0.28	± 0.006	-	586	13.3	± 0.72	190	7.1	± 0.39	320	3.6	± 0.37	4	0.086	± 0.0019	440.7	19.2	75.2	264				
44.6	1600	7.5	11.5	173.1	± 3.7	169.4	± 3.7	1.0	± 0.002	4.0	± 0.093	66.3	± 0.09	0.49	± 0.014	42.8	1817	39.5	± 2.15	112	4.0	± 0.22	15030	161.7	± 16.53	0	0	0	0	0	743.0	11.4	74.1	308		
43.9	1600	7.4	11.3	173.0	± 3.7	169.4	± 3.7	1.4	± 0.003	3.0	± 0.070	52.9	± 0.13	0.43	± 0.012	57.0	1912	42.4	± 2.31	118	4.3	± 0.23	10930	120.1	± 12.27	0	0	0	0	0	658.0	12.9	74.1	304		
44.1	1600	7.4	11.3	174.2	± 3.7	170.5	± 3.7	2.0	± 0.004	1.9	± 0.045	34.3	± 0.18	0.37	± 0.009	88.6	1707	38.0	± 2.07	139	5.1	± 0.28	6390	70.5	± 7.20	1	0.021	± 0.0005	569.8	14.9	74.7	294				
44.2	1600	7.4	11.2	174.2	± 3.7	170.6	± 3.7	2.6	± 0.005	0.9	± 0.022	14.4	± 0.24	0.32	± 0.007	184.7	1231	27.4	± 1.49	160	5.9	± 0.32	2880	31.8	± 3.25	2	0.042	± 0.0010	496.0	17.1	74.7	286				
44.6	1600	7.5	9.1	147.2	± 3.2	144.2	± 3.1	3.6	± 0.007	0	0	-18.3	± 0.33	0.38	± 0.008	-	1082	20.1	± 1.09	235	7.2	± 0.39	30	0.3	± 0.03	10	0.178	± 0.0040	484.6	17.5	63.1	349				
44.6	1600	7.5	9.4	144.2	± 3.1	141.2	± 3.1	1.2	± 0.002	3.2	± 0.076	60.1	± 0.11	0.51	± 0.014	44.1	1830	33.1	± 1.80	125	3.7	± 0.20	8870	79.4	± 8.11	0	0	0	0	0	652.5	13.0	61.9	386		
45.4	1600	7.6	9.3	144.2	± 3.1	141.1	± 3.1	1.7	± 0.003	2.5	± 0.058	44.8	± 0.15	0.48	± 0.012	57.4	1945	34.7	± 1.88	133	3.9	± 0.21	6410	56.5	± 5.78	0	0	0	0	0	592.4	14.3	61.9	387		
45.4	1600	7.6	9.3	145.6	± 3.1	142.6	± 3.1	2.3	± 0.005	1.7	± 0.039	73.5	± 0.21	0.44	± 0.011	85.5	1807	33.4	± 1.81	175	5.1	± 0.27	4160	36.3	± 3.71	1	0.017	± 0.0004	546.0	15.5	62.5	382				
114.8	1600	19.2	15.8	241.4	± 5.2	236.2	± 5.1	5.4	± 0.011	0	0	0	0	0.34	± 0.007	-	240	2.9	± 0.16	245	4.8	± 0.26	0	0	0	13	0.146	± 0.0033	279.8	30.3	102.4	266				
115.1	1599	19.3	16.1	233.7	± 5.0	228.3	± 5.0	1.1	± 0.002	6	± 0.151	80.1	± 0.06	0.55	± 0.016	35.7	1800	20.4	± 1.11	111	2.1	± 0.11	13860	78	± 7.97	5	0.055	± 0.0012	435.3	19.5	100.3	311				
115	1600	19.3	14.8	218.4	± 4.7	213.6	± 4.6	1.9	± 0.004	4.7	± 0.111	64.4	± 0.10	0.51	± 0.014	45.3	2242	23.9	± 1.30	125	2.2	± 0.12	8860	46.6	± 4.77	1	0.010	± 0.0002	379.4	22.4	93.6	296				
114	1600	19.1	14.6	217.3	± 4.7	212.5	± 4.6	3.0	± 0.006	3.0	± 0.070	44.1	± 0.16	0.45	± 0.011	71.6	1802	19.3	± 1.05	196	3.4	± 0.19	4746	25.1	± 2.57	3	0.031	± 0.0007	334.7	25.3	93.3	293				
115	1600	19.3	14.5	218.2	± 4.7	213.4	± 4.6	4.5	± 0.009	1	± 0.025	16	± 0.23	0.40	± 0.009	203.1	826	8.8	± 0.48	259	4.5	± 0.25	1500	8	± 0.81	8	0.082	± 0.0018	295.3	28.7	93.7	287				
113.4	1600	19.0	13.5	204.9	± 4.4	200.6	± 4.4	5.4	± 0.011	0	0	-0.4	± 0.28	0.40	± 0.009	-	220	2.2	± 0.12	333	5.6	± 0.30	0	0	0	15	0.147	± 0.0033	283.5	29.9	88.0	304				
114.8	1600	19.2	13.9	201.7	± 4.3	197.3	± 4.3	0.9	± 0.002	5.9	± 0.140	82.5	± 0.05	0.58	± 0.017	33.3	1857	18.2	± 0.99	154	2.5	± 0.13	11220	54.4	± 5.56	0	0	0	0	0	400.9	21.2	86.6	314		
114.8	1600	19.2	13.8	201.7	± 4.3	197.3	± 4.3	2.0	± 0.004	4.3	± 0.103	62.9	± 0.10	0.53	± 0.014	45.4	2270	22.3	± 1.21	199	3.2	± 0.17	7080	34.4	± 3.52	1	0.010	± 0.0002	361.9	23.4	86.6	324				
114.7	1600	19.2	13.6	201.7	± 4.3	197.4	± 4.3	3.1	± 0.006	2.8	± 0.065	42.1	± 0.16	0.47	± 0.012	71.6	1600	15.8	± 0.86	220	3.6	± 0.19	3220	18.6	± 1.90	3	0.029	± 0.0006	325.7	26.0	86.6	316				
113.2	1600	19.0	13.5	202.8	± 4.4	198.5	± 4.3	4.6	± 0.009	1	± 0.023	15.3	± 0.24	0.43	± 0.010	201.2	800	8.1	± 0.44	300	5.0	± 0.27	1170	6	± 0.60	8	0.078	± 0.0017	299.5	28.3	87.1	307				
113.5	1600	19.0	11.4	174.1	± 3.7	170.4	± 3.7	5.7	± 0.011	0	0	-6.5	± 0.30	0.50	± 0.011	-	312	2.7	± 0.14	425	6.0	± 0.32	0	0	0	35	0.292	± 0.0065	300.6	28.2	74.7	334				
115.3	1600	19.3	11.5	167.8	± 3.6	164.2	± 3.6	1.5	± 0.003	4.5	± 0.106	71.5	± 0.08	0.61	± 0.017	36.4	1662	13.5	± 0.73	298	4.0	± 0.22	4690	18.8	± 1.92	0	0	0	0	0	345.9	24.5	72.0	360		
113.9	1600	19.1	11.4	169.0	± 3.6	165.4	± 3.6	2.6	± 0.005	3.3	± 0.077	52.0	± 0.13	0.57	± 0.015	50.8	1530	12.7	± 0.69	324	4.4	± 0.24	3160	12.9	± 1.32	3	0.024	± 0.0005	330.2	25.7	72.6	360				
113.4	1600	19.0	11.4	170.2	± 3.7	166.5	± 3.6	3.8	± 0.008	2.0	± 0.048	29.6	± 0.20	0.55	± 0.013	82.6	1256	10.5	± 0.57	377	5.2	± 0.28	2050	8.5	± 0.87	10	0.082	± 0.0018	320.2	26.5	73.2	359				

Planilha de Ensaio do Motor MWM 4.10 TCA (1850 rpm)																																		
ML	Torque N.m	Rotação rpm	Potência kW	Pressão do ar no coletor de admissão		Consumo de ar úmido		Consumo de ar seco		Consumo de Diesel		Consumo de gás natural		Taxa de substituição		Razão de equivalência		Razão ar/gás	CO			NOx			HC			MP			Consumo específico g/kWh	Rend. térmico %	Eff. volumétrica %	Temperatura gases de escape °C
				psia	kg/h	Incerteza (kg/h)	kg/h	Incerteza (kg/h)	kg/h	Incerteza (kg/h)	kg/h	Incerteza (kg/h)	kg/h	Incerteza (kg/h)	%	Incerteza (%)	-		Incerteza (-)	ppm	g/kWh	Incerteza (g/kWh)	ppm	g/kWh	Incerteza (g/kWh)	ppm	g/kWh	Incerteza (g/kWh)	mg/m³	g/kWh				
42,4	1850	8,2	16,8	292,1	± 6,3	286,1	± 6,2	3,8	± 0,008	0	0	0	0	0	0,13	± 0,003	-	-	148	222,0	± 12,08	118	290,8	± 15,82	0	0	0	4	5,447	± 0,124	13777,8	0,6	102,8	147
41,4	1850	8,0	16,7	281,8	± 6,1	276,0	± 6,0	0,8	± 0,002	7,3	± 0,173	78,0	± 0,06	0,50	± 0,015	37,6	1612	53,3	± 2,90	61	3,3	± 0,18	24300	397,4	± 40,63	0	0	0	1152,3	7,4	106,1	229		
41,2	1850	8,0	16,5	282,8	± 6,1	277,2	± 6,0	1,5	± 0,003	5,4	± 0,128	61,4	± 0,11	0,41	± 0,012	50,9	1659	55,5	± 3,02	82	4,5	± 0,24	17340	287,1	± 29,35	1	0,032	± 0,001	964,3	8,8	106,3	217		
41,3	1850	8,0	16,5	284,4	± 6,1	278,7	± 6,1	2,2	± 0,004	3,4	± 0,081	41,5	± 0,16	0,33	± 0,009	81,0	1333	44,9	± 2,44	98	5,4	± 0,29	10450	174,3	± 17,82	2	0,064	± 0,001	770,3	11,0	106,9	210		
41,3	1850	8,0	16,4	286,6	± 6,2	280,8	± 6,1	2,9	± 0,006	1,8	± 0,042	22,8	± 0,22	0,27	± 0,006	156,4	856	29,1	± 1,58	103	5,8	± 0,31	13570	90,4	± 9,25	5	0,161	± 0,004	623,2	13,6	107,7	205		
41,5	1850	8,0	15,2	261,6	± 5,6	256,4	± 5,6	3,7	± 0,007	0	0	2,6	± 0,27	0,22	± 0,005	-	114	3,5	± 0,19	149	7,6	± 0,41	300	4,666	± 0,47	7	0,204	± 0,005	461,4	18,4	98,3	213		
41,9	1850	8,1	15,5	257,7	± 5,5	252,5	± 5,5	1,0	± 0,002	6,4	± 0,151	74,3	± 0,07	0,49	± 0,015	39,6	1641	48,9	± 2,66	67	3,3	± 0,18	22110	326,3	± 33,36	0	0	0	1019,1	8,3	96,7	238		
41,6	1850	8,1	15,4	258,5	± 5,6	253,2	± 5,5	1,6	± 0,003	4,7	± 0,112	58,8	± 0,12	0,41	± 0,012	53,3	1675	50,7	± 2,75	86	4,3	± 0,23	15270	228,7	± 23,38	0	0	0	868,4	9,8	97,0	233		
41,2	1850	8,0	15,3	260,1	± 5,6	254,7	± 5,5	2,3	± 0,005	2,9	± 0,069	39,4	± 0,17	0,33	± 0,009	86,8	1343	41,4	± 2,25	103	5,2	± 0,28	9260	141,4	± 14,46	2	0,059	± 0,001	709,0	12,0	97,7	226		
41,1	1850	8,0	15,3	261,0	± 5,6	255,7	± 5,6	3,0	± 0,006	1,5	± 0,035	22,6	± 0,22	0,27	± 0,006	172,1	860	26,8	± 1,46	121	6,2	± 0,34	4680	72,3	± 7,39	3	0,089	± 0,002	584,8	14,5	98,0	221		
41,5	1850	8,0	13,2	227,6	± 4,9	222,9	± 4,8	3,8	± 0,008	0	0	1,6	± 0,28	0,25	± 0,006	-	221	6,0	± 0,32	179	7,9	± 0,43	210	3	± 0,29	4	0,101	± 0,002	466,4	18,2	85,5	245		
41,3	1850	8,0	13,5	223,8	± 4,8	219,2	± 4,8	1,0	± 0,002	5,5	± 0,129	73,2	± 0,07	0,49	± 0,015	40,1	1748	43,9	± 2,49	82	3,5	± 0,19	18990	246,7	± 25,22	0	0	0	907,5	9,3	84,0	267		
41,1	1850	8,0	13,3	222,7	± 4,8	217,9	± 4,7	1,7	± 0,003	4,0	± 0,094	56,4	± 0,12	0,42	± 0,012	54,9	1818	48,0	± 2,61	103	4,5	± 0,24	13130	171,4	± 17,53	0	0	0	778,0	10,9	83,8	275		
41,3	1850	8,0	13,2	223,8	± 4,8	218,9	± 4,8	2,3	± 0,005	2,6	± 0,061	38,8	± 0,17	0,36	± 0,009	84,7	1556	41,1	± 2,23	119	5,2	± 0,28	8210	107,4	± 10,98	1	0,025	± 0,001	660,0	12,8	84,1	268		
40,7	1850	7,9	13,2	224,7	± 4,8	219,8	± 4,8	2,9	± 0,006	1,3	± 0,031	22,8	± 0,22	0,30	± 0,007	168,4	1100	29,7	± 1,62	141	6,3	± 0,34	4100	54,8	± 5,61	2	0,051	± 0,001	561,8	15,1	84,4	260		
42,1	1850	8,2	11,2	193,0	± 4,1	188,8	± 4,1	3,9	± 0,008	0	0	-3,4	± 0,29	0,31	± 0,007	-	580	13,0	± 0,71	206	7,6	± 0,41	170	2	± 0,19	2	0,042	± 0,001	482,8	17,6	72,5	298		
42,4	1850	8,2	11,5	190,7	± 4,1	186,5	± 4,1	1,0	± 0,002	5,0	± 0,117	74,8	± 0,07	0,53	± 0,016	37,6	1877	40,8	± 2,22	92	3,3	± 0,18	16100	173,2	± 17,71	0	0	0	806,6	10,5	71,7	343		
42	1850	8,1	11,4	191,1	± 4,1	187,7	± 4,1	1,7	± 0,003	3,6	± 0,086	55,9	± 0,12	0,46	± 0,013	51,7	2007	44,3	± 2,41	117	4,2	± 0,23	11250	123,0	± 12,57	0	0	0	716,1	11,8	70,7	333		
41,4	1850	8,0	11,3	191,9	± 4,1	188,0	± 4,1	2,4	± 0,005	2,2	± 0,052	37,0	± 0,18	0,39	± 0,010	84,9	1778	40,2	± 2,18	140	5,2	± 0,28	6350	71,0	± 7,26	0	0	0	615,0	13,8	71,2	319		
41	1850	7,9	11,3	192,4	± 4,1	188,0	± 4,1	3,0	± 0,006	1,3	± 0,030	22,3	± 0,22	0,35	± 0,008	149,4	1412	32,4	± 1,76	158	6,0	± 0,32	3550	40,3	± 4,12	1	0,022	± 0,0005	554,0	15,3	71,9	310		
42,9	1850	8,3	9,4	164,2	± 3,5	160,5	± 3,5	4,5	± 0,009	0	0	-17,8	± 0,33	0,42	± 0,009	-	1308	24,4	± 1,32	209	6,4	± 0,35	180	2	± 0,17	5	0,089	± 0,002	541,0	15,7	61,7	415		
42,2	1850	8,2	9,5	159,1	± 3,4	155,9	± 3,4	1,1	± 0,002	4,6	± 0,109	72,2	± 0,08	0,60	± 0,018	33,9	589	10,7	± 0,58	118	3,5	± 0,19	4730	42,5	± 4,34	4	-	-	772,2	11,0	58,6	446		
43	1850	8,3	9,5	161,7	± 3,5	158,3	± 3,4	1,7	± 0,003	3,2	± 0,076	54,6	± 0,13	0,51	± 0,014	49,2	1110	20,2	± 1,10	124	3,7	± 0,20	7580	68,3	± 6,98	0	0	0	649,8	13,1	59,7	449		
41,4	1850	8,0	9,4	161,6	± 3,5	158,1	± 3,4	2,7	± 0,005	2	± 0,047	29	± 0,20	0,47	± 0,011	80,1	1168	22,1	± 1,20	138	4,3	± 0,23	4810	45	± 4,60	0	0,002	± 0,0001	616,8	13,7	59,7	427		
41,2	1850	8,0	9,3	161,6	± 3,5	158,2	± 3,4	3,4	± 0,007	1,2	± 0,027	10,0	± 0,25	0,45	± 0,006	136,6	1160	22,1	± 1,20	169	5,3	± 0,29	3170	29,9	± 3,05	2	0,036	± 0,001	595,7	14,2	59,7	423		
105,8	1850	20,5	18,6	328,1	± 7,1	321,4	± 7,0	6,0	± 0,012	0	0	0	0	0,28	± 0,006	-	105	1,6	± 0,09	237	5,9	± 0,32	0	0	0	13	0,184	± 0,004	290,4	29,2	121,5	271		
104	1850	20,1	18,6	316,2	± 6,8	310,0	± 6,7	1,4	± 0,003	7,9	± 0,185	77,3	± 0,06	0,50	± 0,015	39,5	1970	29,1	± 1,58	112	2,7	± 0,15	16960	123,8	± 12,66	1	0,014	± 0,0003	513,2	16,5	117,0	278		
104,8	1850	20,3	18,5	317,1	± 6,8	310,9	± 6,7	2,4	± 0,005	5,8	± 0,137	59,2	± 0,11	0,43	± 0,012	53,7	1846	27,2	± 1,48	139	3,4	± 0,18	11670	85,0	± 8,69	2	0,028	± 0,001	445,5	19,0	117,6	272		
104,1	1850	20,2	18,3	318,4	± 6,8	312,1	± 6,8	3,5	± 0,007	4	± 0,088	40,5	± 0,17	0,37	± 0,009	83,3	1424	21,3	± 1,15	162	4,0	± 0,22	7120	53	± 5,38	4	0,056	± 0,001	388,1	21,9	118,2	267		
104,4	1850	20,2	18,2	319,0	± 6,9	312,8	± 6,8	4,6	± 0,009	1,9	± 0,046	22,4	± 0,22	0,33	± 0,008	161,0	848	12,7	± 0,69	194	4,8	± 0,26	3400	25,2	± 2,57	8	0,112	± 0,003	338,3	25,1	118,4	260		
104,2	1850	20,2	16,1	276,0	± 5,9	270,6	± 5,9	5,9	± 0,012	0	0	1,0	± 0,28	0,33	± 0,007	-	97	1,3	± 0,07	275	5,9	± 0,32	200	1,3	± 0,13	10	0,121	± 0,003	291,9	29,1	102,5	287		
104	1850	20,2	16,5	272,1	± 5,9	267,0	± 5,8	1,3	± 0,003	7,2	± 0,170	78,5	± 0,06	0,53	± 0,016	37,0	1999	25,3	± 1,38	129	2,7	± 0,15	15310	95,9	± 9,81	0	0	0	472,6	17,9	101,0	320		
104,1	1850	20,2	16,5	273,5	± 5,9	268,2	± 5,8	2,4	± 0,005	5,3	± 0,126	60,2	± 0,11	0,47	± 0,013	50,4	1951	24,9	± 1,35	165	3,5	± 0,19	10570	66,7	± 6,82	1	0,012	± 0,0003	419,1	20,2	101,7	315		
105,3	1850	20,4	16,1	269,5	± 5,8	264,3	± 5,7	3,5	± 0,007	3	± 0,081	41,2	± 0,16	0																				

Planilha de Ensaio do Motor MWM 4.10 TCA (2100 rpm)																																																								
Carga	Torque	Rotação	Potência	Pressão do ar no coletor de admissão	Consumo de ar úmido		Consumo de ar seco		Consumo de Diesel		Consumo de gás natural		Taxa de substituição		Razão de equivalência		Razão ar/gás	CO			NOx			HC			MP			Consumo específico	Rend. térmico	Eff. volumétrica	Temperatura gases de escape																							
					kg/h	Incerteza (kg/h)	kg/h	Incerteza (kg/h)	kg/h	Incerteza (kg/h)	kg/h	Incerteza (kg/h)	%	Incerteza (%)	-	Incerteza (-)		ppm	g/kWh	Incerteza (g/kWh)	ppm	g/kWh	Incerteza (g/kWh)	ppm	g/kWh	Incerteza (g/kWh)	mg/m³	g/kWh	Incerteza (g/kWh)					g/kWh	%	%	°C																			
ML	1	2099	0,2	16,1	318,5 ± 6,8	312,2 ± 6,8	3,0 ± 0,006	0	0	0	0	0,14 ± 0,003	-	91	126,2 ± 6,86	221	503,4 ± 27,38	0	0	0	3	3,779 ± 0,086	13545,5	0,6	102,4	155	43	2100	9,5	18,2	349,7 ± 7,5	341,6 ± 7,4	4,6 ± 0,009	0	0	0	0,20 ± 0,004	-	91	3,2 ± 0,17	221	12,8 ± 0,70	0	0	0	482,5	17,6	113,0	234							
	43,9	2101	9,7	18,0	337,2 ± 7,2	329,4 ± 7,2	0,8 ± 0,002	8,4 ± 0,198	81,8 ± 0,05	0,47 ± 0,014	39,2	1609	52,9 ± 2,87	75	4,1 ± 0,22	22700	369,3 ± 37,76	-	-	-	-	-	-	1081,5	7,8	109,2	228	43,4	2100	9,6	17,6	331,9 ± 7,1	324,3 ± 7,1	1,3 ± 0,003	6,8 ± 0,008	4,7 ± 0,08	0,42 ± 0,012	47,6	5,2 ± 0,28	17930	291,0 ± 29,75	-	-	-	-	-	-	950,2	8,9	107,6	216					
	43,8	2100	9,6	17,3	333,1 ± 7,2	325,6 ± 7,1	2,5 ± 0,005	3,7 ± 0,088	45,4 ± 0,15	0,31 ± 0,008	87,0	1477	48,5 ± 2,63	136	7,3 ± 0,40	8550	138,8 ± 14,19	-	-	-	-	-	-	702,0	12,1	108,0	206	42,8	2100	9,4	17,4	333,1 ± 7,2	325,5 ± 7,1	3,1 ± 0,006	2,3 ± 0,055	31,1 ± 0,19	0,27 ± 0,006	140,6	1057	35,6 ± 1,93	162	9,0 ± 0,49	8190	86,4 ± 8,83	-	-	-	-	-	-	614,3	13,8	108,0	200		
	44,6	2100	9,8	15,7	305,1 ± 6,6	298,2 ± 6,5	4,5 ± 0,009	0	0	0,7 ± 0,028	0,23 ± 0,005	-	-	95	2,8 ± 0,15	254	12,4 ± 0,67	0	0	0	-	-	-	461,8	18,4	98,9	217	43,5	2100	9,6	16,1	300,6 ± 6,5	293,9 ± 6,4	1,0 ± 0,002	7,1 ± 0,167	77,6 ± 0,06	0,46 ± 0,014	41,6	1790	53,0 ± 2,88	97	4,7 ± 0,26	19530	286,1 ± 29,25	-	-	-	-	-	-	951,1	8,9	97,8	233		
	43,3	2100	9,5	15,9	301,2 ± 6,5	294,4 ± 6,4	1,7 ± 0,003	5,1 ± 0,120	62,1 ± 0,11	0,38 ± 0,011	58,0	1873	56,0 ± 3,04	133	6,5 ± 0,35	12940	191,4 ± 19,57	-	-	-	-	-	-	790,3	10,7	97,8	228	42,5	2100	9,4	15,8	302,7 ± 6,5	295,9 ± 6,4	2,8 ± 0,006	2,9 ± 0,068	39,7 ± 0,17	0,31 ± 0,008	102,2	1366	42,0 ± 2,28	165	8,3 ± 0,45	6890	104,8 ± 10,71	-	-	-	-	-	-	648,1	13,1	98,3	222		
10% Carga	43,7	2100	9,6	15,8	303,5 ± 6,5	296,7 ± 6,5	3,2 ± 0,006	2,1 ± 0,049	30,5 ± 0,19	0,28 ± 0,007	142,2	1131	33,9 ± 1,84	182	9,0 ± 0,49	4860	72,1 ± 7,37	-	-	-	-	-	-	577,4	14,7	98,5	220	44,1	2101	9,5	13,1	254,1 ± 5,5	248,4 ± 5,4	4,5 ± 0,009	0	0	0,7 ± 0,028	0,27 ± 0,006	-	-	-	-	-	-	475,8	17,8	82,5	252								
	44,1	2101	9,7	13,4	249,7 ± 5,4	244,1 ± 5,3	0,9 ± 0,002	6,3 ± 0,149	80,5 ± 0,05	0,50 ± 0,015	38,6	1579	38,2 ± 2,08	118	4,7 ± 0,26	18330	219,6 ± 22,45	-	-	-	-	-	-	838,5	10,1	81,1	286	43,5	2100	9,6	13,2	247,9 ± 5,3	242,4 ± 5,3	1,4 ± 0,003	5,1 ± 0,120	70,2 ± 0,08	0,44 ± 0,013	47,8	1942	47,5 ± 2,58	147	5,9 ± 0,32	13590	164,4 ± 16,80	-	-	-	-	-	-	748,5	11,3	80,6	281		
	44	2100	9,7	13,1	248,8 ± 5,3	243,2 ± 5,3	2,4 ± 0,005	3,2 ± 0,072	48,5 ± 0,14	0,37 ± 0,010	75,4	1700	41,4 ± 2,25	191	7,6 ± 0,41	7700	92,7 ± 9,48	-	-	-	-	-	-	624,3	13,6	80,8	273	42,5	2100	9,3	13,1	249,7 ± 5,4	244,0 ± 5,3	2,9 ± 0,006	2,2 ± 0,052	37,1 ± 0,18	0,33 ± 0,008	110,9	1375	34,8 ± 1,89	214	8,9 ± 0,48	5360	67,2 ± 6,87	-	-	-	-	-	-	576,7	14,7	81,1	269		
	43	2100	9,5	10,4	203,5 ± 4,4	198,9 ± 4,3	4,7 ± 0,009	0	0	-2,6 ± 0,29	0,35 ± 0,008	-	-	153	3,1 ± 0,17	396	13,2 ± 0,72	200	2,0 ± 0,21	-	-	-	-	494,2	17,2	66,1	319	43,9	2100	9,6	10,7	200,2 ± 4,3	195,7 ± 4,3	1,0 ± 0,002	5,2 ± 0,123	79,2 ± 0,06	0,53 ± 0,016	37,5	1469	28,6 ± 1,55	173	5,5 ± 0,30	13600	131,1 ± 13,40	-	-	-	-	-	-	516,8	11,8	65,1	352		
	42,7	2100	9,4	10,6	199,1 ± 4,3	194,6 ± 4,2	1,6 ± 0,003	4,0 ± 0,094	66,0 ± 0,10	0,47 ± 0,013	48,7	1853	36,9 ± 2,01	203	6,6 ± 0,36	9290	91,6 ± 9,36	-	-	-	-	-	-	650,9	13,0	64,7	347	43,3	2100	9,5	10,5	200,2 ± 4,3	195,6 ± 4,3	2,0 ± 0,004	3,1 ± 0,074	55,3 ± 0,13	0,43 ± 0,011	62,2	1749	34,7 ± 1,88	233	7,6 ± 0,41	6850	67,2 ± 6,87	-	-	-	-	-	-	592,4	14,3	65,1	342		
	43,5	2100	9,6	10,5	201,3 ± 4,3	196,7 ± 4,3	2,7 ± 0,005	2,2 ± 0,052	40,1 ± 0,17	0,40 ± 0,010	89,4	1420	28,2 ± 1,53	267	8,7 ± 0,47	4540	44,6 ± 4,56	-	-	-	-	-	-	548,6	15,5	65,5	336	45,6	2100	9,6	10,5	201,3 ± 4,3	196,7 ± 4,3	2,7 ± 0,005	2,2 ± 0,052	40,1 ± 0,17	0,40 ± 0,010	89,4	1420	28,2 ± 1,53	267	8,7 ± 0,47	4540	44,6 ± 4,56	-	-	-	-	-	-	548,6	15,5	65,5	336		
	45,6	2100	10,0	8,2	163,0 ± 3,5	159,3 ± 3,5	5,2 ± 0,010	0	0	-14,3 ± 0,32	0,49 ± 0,011	-	-	1062	16,1 ± 0,88	483	12,1 ± 0,65	40	0,3 ± 0,03	-	-	-	-	518,9	16,3	53,0	446	43,8	2100	9,6	8,1	151,9 ± 3,3	148,4 ± 3,2	1,1 ± 0,002	4,8 ± 0,113	76,5 ± 0,07	0,66 ± 0,019	30,9	771	11,3 ± 0,61	221	5,3 ± 0,29	3110	22,6 ± 2,31	-	-	-	-	-	-	681,9	12,4	49,4	536		
	43	2100	9,5	7,9	150,4 ± 3,2	146,9 ± 3,2	1,6 ± 0,003	3,7 ± 0,088	64,7 ± 0,10	0,60 ± 0,016	39,4	1143	17,0 ± 0,92	184	4,5 ± 0,24	3780	27,7 ± 2,84	-	-	-	-	-	-	620,9	13,7	49,0	521	44,7	2100	9,8	7,9	151,8 ± 3,3	148,3 ± 3,2	2,2 ± 0,004	3,1 ± 0,072	51,8 ± 0,14	0,57 ± 0,015	48,5 ± 0,15	0,36 ± 0,009	87,6	1435	21,1 ± 1,16	240	5,9 ± 0,32	3850	27,5 ± 2,81	-	-	-	-	-	-	579,6	14,6	49,5	508
	42,5	2100	9,4	7,9	153,2 ± 3,3	149,6 ± 3,3	3,0 ± 0,006	2,2 ± 0,052	35,3 ± 0,18	0,55 ± 0,013	68,1	1434	22,0 ± 1,19	277	7,0 ± 0,38	3420	25,9 ± 2,65	-	-	-	-	-	-	584,2	14,5	49,9	495	43,5	2100	9,6	10,5	201,3 ± 4,3	196,7 ± 4,3	2,7 ± 0,005	2,2 ± 0,052	40,1 ± 0,17	0,40 ± 0,010	89,4	1420	28,2 ± 1,53	267	8,7 ± 0,47	4540	44,6 ± 4,56	-	-	-	-	-	-	548,6	15,5	65,5	336		
	110	2100	24,2	19,5	379,3 ± 8,2	370,5 ± 8,1	7,2 ± 0,014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	297,5	28,5	122,5	248	108,2	2100	23,8	20,0	372,3 ± 8,0	363,5 ± 7,9	1,4 ± 0,003	9,1 ± 0,215	80,7 ± 0,05	0,48 ± 0,015	39,9	1762	25,9 ± 1,41	136	3,3 ± 0,18	15350	111,7 ± 11,42	-	-	-	-	-	-	495,8	17,1	120,6	267			
108,5	2100	23,9	19,8	371,6 ± 8,0	362,8 ± 7,9	2,4 ± 0,005	6,9 ± 0,163	66,1 ± 0,09	0,42 ± 0,012	52,6	1890	27,8 ± 1,51	185	4,5 ± 0,24	10700	77,8 ± 7,95	-	-	-	-	-	-	433,0	19,6	120,5	259	107,6	2100	23,7	19,6	371,4 ± 8,0	362,6 ± 7,9	2,4 ± 0,005	6,9 ± 0,163	66,1 ± 0,09	0,42 ± 0,012	52,6	1890	27,8 ± 1,51	185	4,5 ± 0,24	10700	77,8 ± 7,95	-	-	-	-	-	-	433,0	19,6	120,5	259			
107,2	2100	23,7	19,5	371,8 ± 8,0	363,0 ± 7,9	5,1 ± 0,010	2,4 ± 0,057	28,8 ± 0,20	0,33 ± 0,008	149,6	938	14,0 ± 0,76	276	6,7 ± 0,37	3200	23,5 ± 2,41	-	-	-	-	-	-	333,6	25,4	120,8	249	108,2	2100	23,8	19,5	371,8 ± 8,0	363,0 ± 7,9	5,1 ± 0,010	2,4 ± 0,057	28,8 ± 0,20	0,33 ± 0,008	149,6	938	14,0 ± 0,76	276	6,7 ± 0,37	3200	23,5 ± 2,41	-	-	-	-	-	-	333,6	25,4	120,8	249			
107,9	2100	23,7	17,2	328,8 ± 7,1	321,2 ± 7,0	7,0 ± 0,014	0	0	2,6 ± 0,27	0,33 ± 0,007	-	-	34	0,4 ± 0,02	408	8,8 ± 0,48	0	0	0	0	0	0	295,5	28,7	106,8	276	109,6	2100	24,1	17,2	324,0 ± 7,0	316,5 ± 6,9	1,2 ± 0,002	8,4 ± 0,198	82,9 ± 0,05	0,51 ± 0,015	37,8	1775	22,4 ± 1,22	158	3,3 ± 0,18	13690	85,5 ± 8,74	-	-	-	-	-	-	448,6	18,9	105,4	301			
108	2100	23,7	17,5	318,8 ± 7,0	315,8 ± 6,9	4,5 ± 0,013	5,0 ± 0,148	66,8 ± 0,09	0,45 ± 0,014	50,4	2031	25,8 ± 1,40	227	4,8 ± 0,24	9130	57,9 ± 5,92	-	-	-	-	-	-	402,3	21,1	105,1	294	108,2	2100	23,8	17,3	324,5 ± 7,0	317,0 ± 6,9	3,8 ± 0,008	4,0 ± 0,095	46,7 ± 0,15	0,40 ± 0,010	79,0	1488	19,2 ± 1,04	288	6,9 ± 0,33	5260	33,5 ± 3,42	-	-	-	-	-	-	354,1	24,0	105,1	288			
108,2	2100	23,8	17,3	324,5 ± 7,0	317,6 ± 6,9	5,1 ± 0,010	2,3 ± 0,055	29,6 ± 0,20	0,36 ± 0,008	137,0	917	11,8 ± 0,64	335	7,1 ± 0,39	2830	18,1 ± 1,85	-	-	-	-	-	-	324,5	26,1	105,9	285	108,2	2100	23,8	17,3	324,5 ± 7,0	317,6 ± 6,9	5,1 ± 0,010	2,3 ± 0,055	29,6 ± 0,20	0,36 ± 0,008	137,0	917																		

Planilha de Ensaio do Motor MWM 4.10 TCA (2600 rpm)																																
ML	% Carga	Torque	Rotação	Potência	Pressão do ar no coletor de admissão	Consumo de ar natural		Consumo de ar seco		Consumo de Diesel		Consumo de gás natural		Taxa de substituição		Razão de equivalência		Razão ar/gás	CO		NOx		HC		MP		Consumo específico	Rend. térmico	Eff. volumétrica	Temperatura gases de escape		
		N.m	rpm	kW	psia	kg/h	incerteza (kg/h)	kg/h	incerteza (kg/h)	kg/h	incerteza (kg/h)	kg/h	incerteza (kg/h)	%	incerteza (%)	-	incerteza (-)	-	ppm	g/kWh	incerteza (g/kWh)	ppm	g/kWh	incerteza (g/kWh)	ppm	g/kWh	incerteza (g/kWh)	mg/m ³	g/kWh	incerteza (g/kWh)	g/kWh	%
1,1	2599	0,3	18,2	420,2 ± 9,0	411,7 ± 8,9	4,8 ± 0,010	0	0	0	0	0	0	0	0	0,18 ± 0,004	-	145	200,8 ± 10,92	147	334,5 ± 18,19	0	0	0	9	11,356 ± 0,258	16655,2	0,5	109,2	186			
39,8	2600	10,8	20,3	459,8 ± 9,9	448,8 ± 9,8	6,5 ± 0,013	0	0	0	0	0,22 ± 0,005	-	112	4,5 ± 0,25	180	12,0 ± 0,65	0	0	0	12	0,450 ± 0,010	597,4	14,2	121,2	235							
40,2	2600	10,9	20,4	447,9 ± 9,6	437,6 ± 9,5	1,8 ± 0,004	11,0	± 0,258	72,5	± 0,08	0,49 ± 0,015	40,0	2210	85,0	± 4,62	69	4,4	± 0,24	21850	416,1	± 42,53	2	0,073	± 0,002	1307,1	6,5	118,0	240				
39,9	2600	10,9	20,2	445,7 ± 9,6	435,5 ± 9,5	2,8 ± 0,006	8,2	± 0,194	57,0	± 0,12	0,42 ± 0,012	52,9	2057	79,6	± 4,32	87	5,5	± 0,30	15280	292,5	± 29,90	3	0,110	± 0,002	1122,1	7,6	117,6	235				
39,4	2600	10,7	19,9	444,2 ± 9,6	434,1 ± 9,5	3,9 ± 0,008	5,3	± 0,125	40,2	± 0,17	0,34 ± 0,009	81,9	1648	64,7	± 3,51	110	7,1	± 0,39	9340	181,4	± 18,55	5	0,185	± 0,004	926,1	9,2	117,2	230				
39,7	2600	10,8	19,7	442,6 ± 9,5	432,5 ± 9,4	5,0 ± 0,010	2,8	± 0,066	23,3	± 0,21	0,28 ± 0,007	155,7	1070	41,6	± 2,26	140	8,9	± 0,49	4550	87,5	± 8,95	8	0,291	± 0,007	751,9	11,3	116,8	226				
40,4	2600	11,0	16,5	376,4 ± 8,1	367,9 ± 8,0	6,3 ± 0,013	0	0	2,5 ± 0,27	0,26 ± 0,006	-	222	7,2 ± 0,39	215	11,5 ± 0,63	150	2,418 ± 0,25	11	0,334 ± 0,008	574,2	14,8	99,4	255									
40,2	2600	11,0	17,4	380,2 ± 8,2	371,6 ± 8,1	1,4 ± 0,003	10,5	± 0,248	78,4	± 0,06	0,54 ± 0,016	35,4	2200	71,6	± 3,89	77	4,1	± 0,22	21650	348,7	± 35,65	2	0,063	± 0,001	1223,5	6,9	100,5	284				
40,4	2601	11,0	16,6	365,5 ± 7,9	357,3 ± 7,8	2,4 ± 0,005	7,8	± 0,185	63,7	± 0,10	0,47 ± 0,014	45,5	2244	70,1	± 3,81	104	5,3	± 0,29	15510	239,8	± 24,52	1	0,030	± 0,001	1029,4	8,2	96,4	289				
38,8	2600	10,8	16,3	365,1 ± 7,8	357,7 ± 7,8	3,6 ± 0,007	5,1	± 0,120	45,1	± 0,15	0,39 ± 0,010	70,2	1872	60,2	± 3,26	131	6,9	± 0,37	9460	149,9	± 15,32	3	0,090	± 0,002	870,4	9,7	95,6	281				
39,2	2600	10,7	16,1	362,3 ± 7,8	353,7 ± 7,7	4,8 ± 0,010	2,6	± 0,060	25,7	± 0,21	0,33 ± 0,008	138,5	1259	40,2	± 2,19	175	9,2	± 0,50	4280	67,7	± 6,92	4	0,120	± 0,003	719,7	11,8	95,7	274				
39,3	2600	10,7	13,2	300,5 ± 6,5	293,3 ± 6,4	6,3 ± 0,013	0	0	2,2 ± 0,27	0,32 ± 0,007	-	259	6,9 ± 0,37	270	11,8 ± 0,64	60	1 ± 0,08	6	0,150 ± 0,003	591,0	14,3	79,6	313									
39,9	2600	10,9	13,0	285,6 ± 6,1	278,8 ± 6,1	1,9 ± 0,004	7,2	± 0,171	71,3	± 0,08	0,54 ± 0,016	38,5	2450	60,3	± 3,28	125	5,1	± 0,27	14260	173,8	± 17,77	0	0	0	0	932,8	9,1	75,7	372			
38,8	2600	10,6	13,3	293,7 ± 6,3	286,6 ± 6,2	2,9 ± 0,006	5,3	± 0,126	54,9	± 0,13	0,47 ± 0,013	53,8	2202	57,5	± 3,12	155	6,7	± 0,36	9910	128,1	± 13,09	1	0,025	± 0,001	852,9	9,9	77,9	355				
39,2	2600	10,7	13,4	297,9 ± 6,4	290,7 ± 6,3	3,9 ± 0,008	3,6	± 0,084	40,0	± 0,17	0,41 ± 0,010	81,9	1805	47,6	± 2,58	186	8,1	± 0,44	6090	79,4	± 8,12	2	0,050	± 0,001	744,9	11,4	79,1	339				
39,3	2600	10,7	13,2	297,2 ± 6,4	290,1 ± 6,3	5,1 ± 0,010	1,7	± 0,091	21,9	± 0,22	0,36 ± 0,008	167,4	1152	30,2	± 1,64	229	9,9	± 0,54	2630	34,2	± 3,49	3	0,074	± 0,002	657,1	12,9	78,9	329				
39,2	2600	10,7	9,7	223,6 ± 4,8	218,3 ± 4,8	6,6 ± 0,013	0	0	-1,2 ± 0,28	0,45 ± 0,010	-	615	12,1 ± 0,66	364	11,8 ± 0,64	60	1 ± 0,08	11	0,205 ± 0,005	613,9	13,8	59,4	422									
39,8	2600	10,8	10,6	229,1 ± 4,9	223,7 ± 4,9	1,3 ± 0,003	7,1	± 0,169	79,3	± 0,06	0,63 ± 0,019	31,3	1985	39,1	± 2,13	138	4,5	± 0,24	9210	89,8	± 9,18	0	0	0	0	877,7	9,7	60,9	502			
39,3	2600	10,7	10,3	225,2 ± 4,8	219,8 ± 4,8	2,4 ± 0,005	5,4	± 0,127	63,5	± 0,10	0,58 ± 0,016	40,8	2381	46,9	± 2,54	169	5,5	± 0,30	6900	67,2	± 6,87	0	0	0	0	796,7	10,6	60,0	490			
39,9	2600	10,9	10,0	222,2 ± 4,8	216,9 ± 4,7	3,6 ± 0,007	3,5	± 0,084	44,7	± 0,15	0,53 ± 0,013	61,2	1987	38,1	± 2,07	222	7,0	± 0,38	4310	40,9	± 4,18	0	0	0	0	702,9	12,1	59,2	467			
40	2600	10,9	9,9	221,3 ± 4,8	216,1 ± 4,7	4,9 ± 0,010	1,8	± 0,042	23,8	± 0,21	0,48 ± 0,011	122,3	1348	25,7	± 1,40	302	9,5	± 0,51	1970	18,6	± 1,90	3	0,055	± 0,001	638,8	13,3	58,9	451				
99,9	2600	27,2	22,8	510,1 ± 11,0	498,1 ± 10,9	9,4 ± 0,019	0	0	0	0	0,28 ± 0,006	-	61	1,1 ± 0,06	249	7,3 ± 0,40	160	1,1 ± 0,14	15	0,252 ± 0,006	346,8	24,5	135,9	267								
100	2600	27,2	23,3	507,1 ± 10,9	495,3 ± 10,8	4,3 ± 0,009	9,1	± 0,214	54,1	± 0,13	0,44 ± 0,012	54,0	2325	40,9	± 2,22	110	3,2	± 0,17	15740	137,1	± 14,02	3	0,051	± 0,001	616,2	13,8	135,1	285				
100	2600	27,2	23,0	504,6 ± 10,8	493,0 ± 10,7	5,9 ± 0,012	6	± 0,144	38	± 0,17	0,39 ± 0,010	81,0	1806	31,6	± 1,72	176	5,1	± 0,28	6810	59	± 6,03	5	0,083	± 0,002	470,7	18,0	134,4	270				
98,9	2600	26,9	22,7	501,0 ± 10,8	489,4 ± 10,7	7,3 ± 0,015	3,0	± 0,072	22,6	± 0,22	0,33 ± 0,008	161,5	1034	18,2	± 0,99	207	6,0	± 0,33	3360	29,3	± 3,00	11	0,184	± 0,004	399,7	21,2	133,6	264				
100,3	2600	27,3	19,5	442,0 ± 9,5	431,9 ± 9,4	9,6 ± 0,019	0	0	-1,6 ± 0,28	0,33 ± 0,007	-	81	1,2 ± 0,07	303	7,6 ± 0,41	140	1,1 ± 0,11	16	0,229 ± 0,005	350,8	24,2	116,7	293									
99	2600	27,2	23,8	510,3 ± 11,0	498,2 ± 10,9	2,9 ± 0,006	12,2	± 0,287	69,7	± 0,08	0,50 ± 0,015	33,7	2570	40,9	± 2,22	110	3,2	± 0,17	15740	137,1	± 14,02	3	0,051	± 0,001	616,2	13,8	135,1	285				
99,7	2600	27,2	19,0	413,1 ± 8,9	403,1 ± 8,8	3,5 ± 0,007	8,9	± 0,210	62,8	± 0,10	0,51 ± 0,014	45,3	2575	36,8	± 2,00	176	4,1	± 0,22	10400	73,5	± 7,51	3	0,041	± 0,001	504,1	16,8	109,9	341				
99	2600	27,0	18,6	408,2 ± 8,8	398,2 ± 8,7	5,2 ± 0,010	6	± 0,140	45,4	± 0,15	0,45 ± 0,011	67,2	2057	29,3	± 1,59	222	5,2	± 0,28	6380	45	± 4,60	5	0,068	± 0,002	442,5	19,2	108,8	333				
99,7	2600	27,1	18,4	407,0 ± 8,8	397,2 ± 8,7	7,3 ± 0,015	2,8	± 0,067	23,1	± 0,22	0,39 ± 0,009	140,1	1153	16,3	± 0,89	267	6,2	± 0,34	2770	19,4	± 1,98	10	0,135	± 0,003	386,6	21,9	108,5	326				
99,4	2600	27,1	15,3	342,3 ± 7,4	334,2 ± 7,3	9,5 ± 0,019	0	0	-0,5 ± 0,28	0,43 ± 0,009	-	84	1,0 ± 0,05	383	7,5 ± 0,41	140	0,8 ± 0,08	18	0,204 ± 0,005	350,2	24,2	91,2	378									
100,4	2600	27,4	16,1	342,7 ± 7,4	334,5 ± 7,3	1,7 ± 0,003	10,4	± 0,244	82,4	± 0,05	0,60 ± 0,018	32,3	2359	27,6	± 1,50	157	3,0	± 0,16	10700	61,9	± 6,33	1	0,011	± 0,0003	493,4	17,2	91,5	416				
99,7	2600	27,1	15,8	339,4 ± 7,3	331,3 ± 7,2	3,5 ± 0,007	7,7	± 0,181	62,7	± 0,10	0,55 ± 0,015	43,3	2555	29,9	± 1,62	241	4,6	± 0,25	7480	43,3	± 4,43	1	0,018	± 0,0004	410,8	20,6	72,4	490				
100,5	2600	27,4	15,3	333,6 ± 7,2	325,7 ± 7,1	5,2 ± 0,010	5	± 0,118	44,5	± 0,16	0,50 ± 0,013	65,1	1863	21,3	± 1,16	315	5,9	± 0,32	4220	24	± 2,44	3	0,033	± 0,001	400,0	21,2	89,2	396				
99,6	2600	27,1	15,2	334,9 ± 7,2	327,0 ± 7,1	7,3 ± 0,015	2,2	± 0,058	22,5	± 0,22	0,46 ± 0,011	132,7	989	11,5	± 0,62	350	6,7	± 0,36	2060	11,8	± 1,21	9	0,100	± 0,002	373,3	22,7	89,5	388				
98,9	2600	26,9	11,8	261,0 ± 5,6	254,9 ± 5,6	10,0 ± 0,020	0	0	-5,5 ± 0,30	0,59 ± 0,013	-	174	1,6 ± 0,09	597	8,8 ± 0,48	110	0,5 ± 0,05	58	0,504 ± 0,011	369,5	23,0	69,7	488									
99,8	2600	27,2	13,6	287,2 ± 6,2	280,3 ± 6,1	1,5 ± 0,003	9,2</																									