

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 Aspectos Gerais.....	1
1.2 Revisão Bibliográfica.....	6
1.2.1 Motores de combustão interna.....	6
1.2.1.1 História e definição.....	6
1.2.1.2 Ciclo OTTO ideal.....	7
1.2.1.3 Ciclo real para motores de ignição por centelha.....	11
1.2.1.4 Razão volumétrica de compressão e número de octanos.....	14
1.2.1.5 Combustão nos motores.....	16
1.2.1.6 Eficiência Volumétrica.....	20
1.2.1.7 Fator de correção para potência de um motor.....	23
1.2.1.8 Sistema biela - manivela e parâmetros importantes.....	24
1.2.2 Combustíveis.....	30
1.2.2.1 Gasolina.....	31
1.2.2.2 Álcool Etílico.....	32
1.2.2.3 Gás Metano Veicular (GMV) ou Gás Natural Veicular (GNV).....	35
1.2.3 Controle eletrônico do motor.....	38
1.2.3.1 Calibração e ajuste do sistema de gerenciamento.....	40
1.2.3.2 Ensaio dinâmico.....	45
1.2.4 Técnicas de aumento da eficiência global em motores.....	46
1.2.5 Os motores flexíveis e multicompostíveis.....	48
1.2.6 Considerações finais.....	51
2 - OBJETIVOS E RELEVÂNCIA	53
3 - METODOLOGIA	55
3.1 Metodologia experimental.....	55
3.1.1 Combustíveis utilizados.....	57
3.1.2 Seleção e modificações no motor.....	57

3.1.3	Escolha da Unidade Central de Controle – UCE.....	58
3.1.4	Escolha do sistema de injeção de GMV.....	59
3.1.5	Escolha do Turbocompressor e modificações implementadas.....	60
3.1.6	Preparação do experimento.....	62
3.1.6.1	Construção do coletor de descarga e alterações no motor.....	62
3.1.6.2	Alinhamento do motor no dinamômetro.....	63
3.1.6.3	Instalação dos demais componentes no motor.....	63
3.1.6.4	Preparação da instrumentação do motor e do banco dinamométrico.....	65
3.1.6.4.1	Determinação das incertezas combinadas.....	74
3.1.6.5	Preparação do sistema de aquisição de dados.....	75
3.1.6.6	Calibração do sistema de aquisição.....	75
3.1.7	Realização dos testes dinamométricos.....	76
3.1.7.1	Testes realizados com o motor turboalimentado.....	78
3.1.7.1.1	Configuração da UCE MoTeC M4.....	78
3.1.7.1.2	Metodologia de calibração e ajuste dos mapas de controle...87	
3.1.7.1.3	Calibração e ajuste dos mapas de controle.....	94
3.1.7.1.4	Testes de eficiência volumétrica global.....	95
3.1.7.1.5	Testes de aquisição da pressão dentro dos cilindros.....	95
3.2	Metodologia de tratamento dos dados experimentais.....	96
3.2.1	Metodologia de tratamento dos dados de desempenho.....	97
3.2.2	Metodologia de depuração dos dados de pressão no cilindro.....	98
3.2.2.1	Metodologia de obtenção da fração queimada dentro do cilindro.....	101
3.2.2.2	Metodologia de obtenção da velocidade de propagação da chama.....	102
3.2.2.3	Metodologia de obtenção do fator de turbulência.....	105
3.2.2.4	Correlações para obtenção da pressão média motorizada.....	107
3.3	Considerações finais.....	108
4	- RESULTADOS E ANÁLISES.....	110
4.1	Parâmetros de calibração e ajuste do motor.....	110
4.2	Parâmetros de operação do motor.....	123

4.3	Parâmetros de desempenho.....	138
4.4	Parâmetros de combustão.....	162
4.5	Considerações finais.....	196
5	- CONCLUSÕES.....	200
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	203
ANEXO A - TABELAS COM OS RESULTADOS EXPERIMENTAIS		
A.1	Resultados do melhor desempenho obtido com o motor aspirado e com o motor turboalimentado.....	A.1
A.2	Tabelas referentes a calibração do sistema de controle do motor turboalimentado.....	A.13
ANEXO B - FATORES DE CORREÇÃO E CONDIÇÕES DE ENSAIO		
B.1	Tabela de fator de correção e condições de ensaio.....	B.1
ANEXO C - LISTA DE MATERIAIS UTILIZADOS		
C.1	Lista de materiais utilizados.....	C.1
ANEXO D - DEDUÇÕES ANALÍTICAS		
D.1	Modelagem matemática zero-dimensional de uma zona, para um cilindro de motor a pistão.....	D.1
D.2	Depuração da queima no cilindro de uma zona.....	D5
D.3	Depuração de razão de sangria no turbocompressor.....	D8

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 (a) Diagrama Pressão versus Volume.....	8
FIGURA 1.1 (b) Diagrama Temperatura versus Entropia para o ciclo OTTO.....	8
FIGURA 1.2 Diagrama PV para turboalimentação.....	11
FIGURA 1.3 Os quatro tempos do ciclo real.....	11
FIGURA 1.4 (a) Diagrama PV ciclo aspirado.....	13
FIGURA 1.4 (b) Diagrama PV ciclo turboalimentado.....	13
FIGURA 1.5 Cilindros com o pistão no PMS à esquerda e no PMI à direita.....	14
FIGURA 1.6 Influência da razão de compressão na PME e na eficiência efetiva do motor.....	15
FIGURA 1.7 Efeito do avanço de ignição no torque com a rotação constante e plena carga.....	16
FIGURA 1.8 Efeito do avanço de ignição no diagrama PV.....	17
FIGURA 1.9 Efeito do avanço de ignição no diagrama PV.....	24
FIGURA 3.1 (a) Pistões para razão volumétrica de compressão de 11:1.....	56
FIGURA 3.1 (b) Pistões para razão volumétrica de compressão de 12,5:1.....	56
FIGURA 3.1 (c) Pistões para razão volumétrica de compressão de 15:1.....	56
FIGURA 3.2 Disposição da instalação do sistema de turboalimentação.....	61
FIGURA 3.3 Coletor de descarga acoplado ao motor juntamente com o turbocompressor	63

FIGURA 3.4 Vista geral da instalação no dinamômetro.....	64
FIGURA 3.5 (a) Disposição dos eletroinjetores de Gás Natural Veicular, de gasolina e álcool.....	65
FIGURA 3.5 (b) Posição da injeção de GNV, gasolina e álcool.....	65
FIGURA 3.5 (c) Redutor de pressão do GNV.....	65
FIGURA 3.6 Esquema dos sensores e atuadores necessários para a MoTeC M4.....	67
FIGURA 3.7 Tela do software de aquisição.....	68
FIGURA 3.8 (a) Voluta do compressor modificada para a montagem do sensor de rotação	69
FIGURA 3.8 (b) Sensor ótico de rotação	69
FIGURA 3.8 (c) Turbocompressor com sensor de rotação acoplado.....	69
FIGURA 3.9 (a) Vela de ignição com transdutor de pressão.....	70
FIGURA 3.9 (b) Amplificador de carga.....	70
FIGURA 3.9 (c) Aquisitor de dados.....	70
FIGURA 3.10 Disposição dos sensores ao longo do motor.....	71
FIGURA 3.11 As três etapas dos testes realizados.....	77
FIGURA 3.12 Eficiência volumétrica máxima versus abertura da válvula borboleta...81	
FIGURA 3.13 Etapas da calibração da Unidade de Controle Eletrônica.....	88
FIGURA 3.14 Sinal do tempo de alimentação do primário da bobina obtido com osciloscópio.....	92
FIGURA 3.15 Sinais de rotação e pressão em função do tempo na tela do software....	99
FIGURA 3.16 Taxa de calor versus ângulo do virabrequim.....	101

FIGURA 3.17 Fração queimada versus ângulo do virabrequim.....	102
FIGURA 3.18 Volume queimado/volume da câmara de combustão versus ângulo do virabrequim.....	103
FIGURA 3.19 Volume queimado em função do raio de chama.....	104
FIGURA 3.20 Raio de chama/diâmetro do pistão versus ângulo do virabrequim.....	105
FIGURA 3.21 Temperaturas versus ângulo do virabrequim.....	106
FIGURA 3.22 Velocidade padrão de chama versus razão combustível/ar.....	107
FIGURA 4.1 Fator lambda em função das posições de abertura da válvula borboleta e da rotação para o motor aspirado original.....	111
FIGURA 4.2 Fator lambda para cada combustível, obtidos com a melhor configuração do motor aspirado e com o motor turboalimentado.....	113
FIGURA 4.3 Tempo de alimentação do circuito primário da bobina <i>Dwell Time</i> para o motor turboalimentado	115
FIGURA 4.4 Efeito do fator lambda no torque máximo.....	116
FIGURA 4.5 Avanço de injeção em função da rotação para as versões aspiradas e turboalimentadas.....	118
FIGURA 4.6 Temperatura de exaustão em função da velocidade do motor e modo de atuação da malha	120
FIGURA 4.7 Compensação do tempo de injeção em função da tensão da bateria.....	121
FIGURA 4.8 Avanço de ignição e se limitado (LDI) ou não (MBT) pela detonação em função da rotação e da abertura da válvula borboleta.....	122
FIGURA 4.9 Razões de turboalimentação em função da rotação e da abertura da válvula borboleta para os três combustíveis.....	124

FIGURA 4.10 Mapa do compressor com as linhas de operação do motor em plena carga.....	126
FIGURA 4.11 Mapa da turbina com as linhas de operação do motor em plena carga.....	127
FIGURA 4.12 Eficiência volumétrica em função da rotação para as configurações aspirada e turboalimentada com os três combustíveis.....	128
FIGURA 4.13 Comparação entre as variáveis de controle e as variáveis de desempenho.....	131
FIGURA 4.14 Pressões na admissão e exaustão no motor sobrealimentado operando com o álcool borboleta.....	133
FIGURA 4.15 Temperaturas na exaustão no motor turboalimentado.....	134
FIGURA 4.16 Temperaturas na admissão para o motor turboalimentado a álcool.....	136
FIGURA 4.17 Temperaturas na admissão para o motor turboalimentado a gasolina..	137
FIGURA 4.18 Temperaturas na admissão para o motor turboalimentado a GNV.....	138
FIGURA 4.19 Desempenho do motor a álcool turboalimentado e aspirado a 25% de abertura da válvula borboleta.....	139
FIGURA 4.20 Desempenho do motor a álcool turboalimentado e aspirado a 43,5% de abertura da válvula borboleta.....	141
FIGURA 4.21 Desempenho do motor a álcool turboalimentado e aspirado a 71,5% de abertura da válvula borboleta.....	142
FIGURA 4.22 Desempenho do motor a álcool turboalimentado e aspirado a plena carga.....	143
FIGURA 4.23 Desempenho do motor a gasolina turboalimentado e aspirado a 25% de abertura da válvula borboleta.....	144

FIGURA 4.24 Desempenho do motor a gasolina turboalimentado e aspirado a 43,5% de abertura da válvula borboleta.....	145
FIGURA 4.25 Desempenho do motor a gasolina turboalimentado e aspirado a 71,5% de abertura da válvula borboleta.....	146
FIGURA 4.26 Desempenho do motor a gasolina turboalimentado e aspirado a plena carga.....	147
FIGURA 4.27 Desempenho do motor a GNV turboalimentado e aspirado a 25% de abertura da válvula borboleta.....	148
FIGURA 4.28 Desempenho do motor a GNV turboalimentado e aspirado a 43,5% de abertura da válvula borboleta.....	150
FIGURA 4.29 Desempenho do motor a GNV turboalimentado e aspirado a 71,5% de abertura da válvula borboleta.....	151
FIGURA 4.30 Desempenho do motor a GNV turboalimentado e aspirado a plena carga.....	152
FIGURA 4.31 Desempenho do motor turboalimentado para os três combustíveis a 25% de abertura da válvula borboleta.....	154
FIGURA 4.32 Desempenho do motor turboalimentado para os três combustíveis a 43,5% de abertura da válvula borboleta.....	155
FIGURA 4.33 Desempenho do motor turboalimentado para os três combustíveis a 71,5% de abertura da válvula borboleta.....	156
FIGURA 4.34 Desempenho do motor turboalimentado para os três combustíveis a plena carga.....	158
FIGURA 4.35 Mapa de desempenho do motor turboalimentado a álcool.....	159
FIGURA 4.36 Mapa de desempenho do motor turboalimentado a gasolina.....	160
FIGURA 4.37 Mapa de desempenho do motor turboalimentado a GNV.....	161

FIGURA 4.38 Pressão indicada no ciclo para o motor aspirado a álcool em plena carga.....	162
FIGURA 4.39 (a) Diagrama PV para o motor aspirado a álcool com razão volumétrica de compressão de 11:1 a plena carga em escala linear.....	164
FIGURA 4.39 (b) Diagrama PV para o motor aspirado a álcool com razão volumétrica de compressão de 11:1 a plena carga em escala logarítmica.....	164
FIGURA 4.40 Pressões médias do motor aspirado a álcool com razão volumétrica de compressão de 11:1 a plena carga.....	165
FIGURA 4.41 Fração queimada do motor aspirado a álcool com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga.....	166
FIGURA 4.42 Raio de chama adimensional do motor aspirado a álcool com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga.....	167
FIGURA 4.43 Pressão indicada no ciclo do motor aspirado a álcool com razão volumétrica de compressão de 15:1 a plena carga.....	168
FIGURA 4.44 Diagrama PV para o motor aspirado a álcool com razão volumétrica de compressão de 15:1 em plena carga.....	169
FIGURA 4.45 Pressões médias do motor aspirado a álcool com razão volumétrica de compressão de 15:1 a plena carga.....	170
FIGURA 4.46 Fração queimada do motor aspirado a álcool com razão volumétrica de compressão de 15:1 em plena carga.....	171
FIGURA 4.47 Raio de chama adimensional do motor aspirado a álcool com razão volumétrica de compressão de 15:1 em plena carga.....	172
FIGURA 4.48 Pressão indicada no ciclo do motor aspirado a GNV com razão volumétrica de compressão de 15:1 a plena carga.....	173

FIGURA 4.49 Diagrama PV para o motor aspirado a GNV com razão volumétrica de compressão de 15:1 a plena carga.....	174
FIGURA 4.50 Pressões médias do motor aspirado a GNV com razão volumétrica de compressão de 15:1 a plena carga.....	175
FIGURA 4.51 Fração queimada do motor aspirado a álcool com razão volumétrica de compressão de 15:1 em plena carga.....	176
FIGURA 4.52 Raio de chama adimensional do motor aspirado a GNV com razão volumétrica de compressão de 15:1 em plena carga.....	177
FIGURA 4.53 Pressão indicada no ciclo do motor aspirado com razão volumétrica de compressão de 11:1 e 15:1 a 2500 rpm sem queima em plena carga.....	178
FIGURA 4.54 Pressões médias motorizadas do motor aspirado para várias razões volumétricas de compressão e diferentes combustíveis.....	179
FIGURA 4.55 Velocidade média de propagação da chama e Fator médio de turbulência para o motor aspirado com diferentes razões volumétricas de compressão e diferentes combustíveis.....	180
FIGURA 4.56 Pressão indicada no ciclo do motor turboalimentado com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga e diferentes combustíveis.....	182
FIGURA 4.57 Diagrama PV para o motor turboalimentado com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga para diferentes combustíveis.....	183
FIGURA 4.58 Pressões médias do motor turboalimentado a gasolina com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga.....	184
FIGURA 4.59 Pressões médias do motor turboalimentado a álcool com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga.....	185
FIGURA 4.60 Pressões médias do motor turboalimentado a GNV com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga.....	186

FIGURA 4.61 Pressões médias motorizadas do motor turboalimentado com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga com diferentes combustíveis.....	186
FIGURA 4.62 Fração queimada do motor turboalimentado com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga com diferentes combustíveis.....	187
FIGURA 4.63 Raio de chama adimensional do motor turboalimentado com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga com diferentes combustíveis.....	188
FIGURA 4.64 Pressão indicada no ciclo do motor aspirado e turboalimentado a álcool com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga.....	189
FIGURA 4.65 Diagrama PV para o motor aspirado e turboalimentado a álcool com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga.....	190
FIGURA 4.66 Pressão indicada no ciclo do motor a GNV aspirado com razão volumétrica de compressão de 15:1 e turboalimentado com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga.....	191
FIGURA 4.67 Diagrama PV para o motor a GNV aspirado com razão volumétrica de compressão de 15:1 e turboalimentado com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga.....	191
FIGURA 4.68 Fração queimada do motor aspirado e turboalimentado a álcool com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga.....	192
FIGURA 4.69 Fração queimada para o motor a GNV aspirado com razão volumétrica de compressão de 15:1 e turboalimentado com razão volumétrica de compressão de 11:1 em plena carga.....	193
FIGURA 4.70 Valores médios de velocidade e fator de turbulência para o motor aspirado e turboalimentado para várias razões volumétricas de compressão e combustíveis.....	194
FIGURA 4.71 Parâmetros médios de combustão e duração angular de queima.....	195

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 Composição do GNV – Gás natural veicular.....	35
TABELA 3.1 (a) Sistemas de medição do grupo 1 com as faixas de medição e incertezas.....	71
TABELA 3.1 (b) Sistemas de medição do grupo 2 com as faixas de medição e incertezas.....	72
TABELA 3.1 (c) Sistemas de medição do grupo 3 com as faixas de medição e incertezas.....	73
TABELA 3.1 (d) Sistemas de medição do grupo 4 com as faixas de medição e incertezas.....	73
TABELA 3.1 (e) Sistemas de medição do grupo 5 com as faixas de medição e incertezas.....	74
TABELA 3.2 Incertezas associadas máximas.....	74
TABELA 3.3 Configuração Principal da MoTeC M4.....	79
TABELA 3.4 Configuração dos sensores usados na MoTeC M4.....	83
TABELA 3.5 Configuração do controle da rotação.....	85
TABELA 3.6 Configuração do controle dos mapas.....	85
TABELA 3.7 Configuração do controle da eletroválvula de turboalimentação.....	86
TABELA 3.8 Configuração da partida a frio.....	87
TABELA A.1 Resultados do motor funcionando com gasolina aspirado e turboalimentado com a razão de compressão de 11:1 a plena carga (100% borboleta).....	A.1

TABELA A.2 Resultados do motor funcionando com gasolina aspirado e turboalimentado com a razão de compressão de 11:1 com (71,5% borboleta).....	A.2
TABELA A.3 Resultados do motor funcionando com gasolina aspirado e turboalimentado com a razão de compressão de 11:1 com (43,5% borboleta).....	A.3
TABELA A.4 Resultados do motor funcionando com gasolina aspirado e turboalimentado com a razão de compressão de 11:1 com (25% borboleta).....	A.4
TABELA A.5 Resultados do motor funcionando com álcool aspirado e turboalimentado com a razão de compressão de 11:1 a plena carga (100% borboleta).....	A.5
TABELA A.6 Resultados do motor funcionando com álcool aspirado e turboalimentado com a razão de compressão de 11:1 com (71,5% borboleta).....	A.6
TABELA A.7 Resultados do motor funcionando com álcool aspirado e turboalimentado com a razão de compressão de 11:1 com (43,5% borboleta).....	A.7
TABELA A.8 Resultados do motor funcionando com álcool aspirado e turboalimentado com a razão de compressão de 11:1 com (25% borboleta).....	A.8
TABELA A.9 Resultados do motor funcionando com GNV aspirado com a razão de compressão de 12,5:1 e turboalimentado com a razão de compressão de 11:1 a plena carga (100% borboleta).....	A.9
TABELA A.10 Resultados do motor funcionando com GNV aspirado com a razão de compressão de 12,5:1 e turboalimentado com a razão de compressão de 11:1 com (71,5% borboleta).....	A.10
TABELA A.11 Resultados do motor funcionando com GNV aspirado com a razão de compressão de 12,5:1 e turboalimentado com a razão de compressão de 11:1 com (43,5% borboleta).....	A.11
TABELA A.12 Resultados do motor funcionando com GNV aspirado com a razão de compressão de 12,5:1 e turboalimentado com a razão de compressão de 11:1 com (25% borboleta).....	A.12

TABELA A.13 Tempo de injeção de combustível do motor turboalimentado a gasolina C – IJPU = 15 ms.....	A.13
TABELA A.14 Tempo de injeção de combustível do motor turboalimentado a álcool etílico hidratado – IJPU = 30 ms.....	A.13
TABELA A.15 Tempo de injeção de combustível do motor turboalimentado a GNV – IJPU = 13 ms.....	A.14
TABELA A.16 Avanço de ignição do motor turboalimentado a gasolina em graus APMS.....	A.14
TABELA A.17 Avanço de ignição do motor turboalimentado a álcool em graus APMS.....	A.15
TABELA A.18 Avanço de ignição do motor turboalimentado a GNV em graus APMS.....	A.15
TABELA B.1 Fatores de correção e condições de ensaio.....	B.1

SIMBOLOGIA

AD – Analógico/Digital

ANBA – Agência de Notícias Brasil - Árabe

ANP – Associação Nacional do Petróleo

a_p – Aceleração instantânea do pistão (m/s^2)

APMS – Graus antes do ponto morto superior

A/F – Razão mássica ar-combustível estequiométrica (kg_{ar}/kg_c)

AT – Temperatura do ar no coletor de admissão, do inglês *air temperature* ($^{\circ}C$)

BAP – Pressão barométrica, *barometric air pressure* (kPa)

BRC – Empresa Italiana que fornece sistemas de GNV para automóveis

CGV- Gás natural veicular comprimido, do inglês *Compressed Natural Gas Vehicular*

CI – Ignição por compressão, do inglês *compression ignition*

COIL – Número de bobinas de ignição controlada diretamente pela UCE, do inglês *number of ignition coils controlled directly by the ECU*

c_p – Calor específico a pressão constante (kJ/kg.K)

CR T – Número de dentes incluindo a falha, do inglês *crank reference teeth*

CRIP – Posição da falha na polia, do inglês *crank index position*

c_v – Calor específico a volume constante (kJ/kg.K)

CYLS – Número de cilindro do motor

DELL – Controle do tempo de alimentação do primário da bobina, do inglês *ignition dwell time* (ms)

DLY – Atraso na ignição, do inglês *ignition delay* (μs)

DOE – Projeto do Experimento, do inglês *Design of Experiment*

D_p – Diâmetro do pistão (m)

DPMS – Graus depois do ponto morto inferior

E25 – Gasolina brasileira com a adição de 25% de álcool etílico anidro

E94 – Álcool etílico hidratado

ECU – Unidade de central eletrônica, do inglês *Electronic Central Unit*

EFF – Do inglês *efficiency point*, parâmetro de carga para as tabelas de tempo de injeção de combustível (%)

EGP1 – Pressão no coletor de descarga, do inglês *exhaust gas pressure* (kPa)

EGP2 - Pressão na saída da turbina, do inglês *exhaust gas pressure* (kPa)

EGT1 – Temperatura dos gases no coletor de descarga, do inglês *exhaust gas temperature* (°C)

EGT2 – Temperatura dos gases na saída da turbina, do inglês *exhaust gas temperature* (°C)

ET – Temperatura do líquido de arrefecimento do motor, do inglês *engine temperature* (°C)

EUA – Estados Unidos da América

FC – Consumo de combustível (kg/h)

FFT – Transformada rápida de Fourier, do inglês *Fast Fourier Transformed*

FIAT – Do italiano, *Fabbrica Italiana di Automobili Torino*

FIRE – Do inglês, *Fully Integrated Robotized Engine*

f_t – Fator de turbulência na queima

GMV – Gás Metano Veicular

GNV – Gás Natural Veicular

HC – Hidrocarboneto

HP – Do inglês, Horse Power

ICE – Ignição por centelha

ICO – Ignição por compressão

IGÁS – Empresa brasileira de fornecimento de GNV

IGN – Tipo de sistema de ignição, do inglês *ignition system type*

IJBC – Curva de compensação do tempo de alimentação dos injetores, do inglês *injector battery compensation*

IJCU - Do inglês *injector current*, valor máximo de corrente (A).

IJOP – Do inglês *injector operation*, tipo de operação dos injetores.

IJPU – Do inglês *injection pulse width*, tempo máximo ou largura do pulso de injeção (ms).

LA – Sonda lambda

LDI – Limite de detonação inferior

LDS – Do inglês *load sites selection*, seleção da faixa de eficiência e carga

LOAD – Do inglês *load point*, parâmetro de carga para as tabelas de avanço de ignição (%)

L_p – Distância entre centros da biela (m)
 m_a – Massa de ar no cilindro em um ciclo (kg)
 m_c – Massa de combustível em um ciclo (kg)
 M_a – Massa molar do ar (kg/kmol)
 M_c – Massa molar do combustível (kg/kmol)
 \dot{m}_f – Vazão mássica de combustível (kg/h)
 MAP – Pressão no coletor de admissão, do inglês *manifold air pressure* (kPa)
 MBT – Máximo torque, ou Menor ângulo de avanço para o máximo torque, do inglês *maximum brake torque*, ou *Minimum spark advance for the best torque* (N.m)
 N – Frequência de rotação do motor (rpm)
 N_{ar} – Número de moles do ar (kmol)
 N_c – Número de moles do combustível (kmol)
 NC – Não conectado
 NO_x – Óxido de Nitroso
 NTC – Coeficiente de temperatura negativo, do inglês *negative temperature coefficient*
 OPEC- Organization of the Petroleum Exporting Countries
 OPEP – Organização dos Países Exportadores de Petróleo
 PCI – Poder calorífico inferior do combustível (kJ/kg)
 P_{ATM} – Pressão atmosférica (kPa)
 PD – Proporcional e derivativo
 PEC – Pressão na entrada do compressor (kPa)
 P_{ef} – Potência efetiva no virabrequim (kW)
 PID – Proporcional integral e derivativo
 P_{REF} – Potência nas condições de referência (kW)
 PSC – Pressão na saída do compressor (kPa)
 PSI – Pressão na saída do resfriador (kPa)
 P_Y – Potência medida (kW)
 P_s – Pressão seca de referência (kPa)
 P_{so} – Pressão seca ambiente (kPa)
 PLANGAS – Plano Nacional de Gás Natural
 PME – Pressão média efetiva (Pa x 10⁵)

PMEI – Pressão média efetiva indicada (Pa x 10⁵)

PMI – Ponto morto inferior

\bar{P}_{MM} – Pressão média motorizada (Pa x 10⁵)

PMS – Ponto morto superior

PROALCOOL – Programa Nacional do Álcool

PV- Diagrama Pressão versus Volume

PWM – Modulação da largura do pulso, do inglês *Pulse width modulation* (ms)

Q – Calor (kJ)

r_b – Raio de chama (m)

r_c – Razão volumétrica de compressão

REF – Relação de falha de dentes na polia/ciclo, do inglês *REF and SYNC signal mode*

RFSN – Tipo do sensor de referência, do inglês *sensor reference type*

R_p – Braço do virabrequim (m)

RPM Limit – Limite de rotação do motor (rpm)

RPM Limit Ctrl Range – Tolerância para corte do motor (rpm)

RPM Limit Type – Tipo de corte no funcionamento do motor devido à alta rotação

RPM Limit Diag – Rotação acima do limite para o diagnóstico de erro (rpm)

SEMA – Secretaria do Meio Ambiente

SFC – Consumo específico de combustível, do inglês *specific fuel consumption* (kg/kW.h)

SI – Ignição por centelha, do inglês *spark ignition*

SYNC – Sinal de sincronismo

S_p – Deslocamento do pistão (m)

S_T – Curso do pistão (m)

SYSN - Tipo do sensor de sincronismo, do inglês *sensor synchronism type*

T_A – Temperatura do ar na admissão, do inglês *air temperature* (°C)

T_{ar} – Temperatura do ar aspirado no motor (K)

T_o – Temperatura de referência (K)

TP – Posição da válvula borboleta, do inglês *throttle position* (%)

TS – Diagrama temperatura versus entropia

TSC – Temperatura na saída do compressor (°C)

TSI – Temperatura na saída do resfriador ($^{\circ}\text{C}$)
 u – Incerteza de medição
 U – Incerteza expandida
 u_c – Incerteza de medição combinada
 U_R – Umidade relativa do ar (%)
 UCE – Unidade de controle eletrônico
 ÚNICA – União da agroindústria canavieira de São Paulo
 Ψ – Cilindrada geométrica do motor (m^3)
 VFE – Valor final de escala
 Ψ_b – Volume queimado (m^3)
 V_{ch} – Velocidade de propagação de queima (m/s)
 V_{ℓ} – Velocidade de queima laminar da mistura (m/s)
 V_p – Velocidade instantânea do pistão (m/s)
 \bar{V}_p – Velocidade média do pistão (m/s)
 Ψ_C – Volume da câmara de combustão (m^3)
 Ψ_D – Volume deslocado (m^3)
 Ψ_0 – Volume interno instantâneo (m^3)
 VW – Volkswagen
 w – Trabalho (kJ)
 WOT – Ângulo de abertura máximo da válvula borboleta, do inglês, *wide open Throttle*
 X_b - Fração queimada
 y – Deslocamento lateral do pino do pistão (m)

SÍMBOLOS GREGOS

ϕ – Razão de equivalência combustível/ar real e a razão combustível/ar estequiométrica

ξ – Relação entre o diâmetro e o curso do pistão

η_c – Eficiência de combustão

η_{CC} – Eficiência de conversão do combustível

η_{global} – Eficiência energética global ($\eta_t \times \eta_c \times \eta_m$)

η_m – Eficiência mecânica

η_t – Eficiência térmica

η_v – Eficiência volumétrica

α_c – Fator de correção de potência

λ – Fator lambda - inverso da razão de equivalentes ar-combustível ($\text{kg}_{\text{ar estq}} / \text{kg}_{\text{ar real}}$)

ρ_a – Massa específica do ar nas condições atmosféricas (kg/m^3)

ρ_0 – Massa específica de referência (kg/m^3)

γ – Razão entre os calores específicos (c_p/c_v)

ψ – Relação entre o comprimento da biela e o braço do virabrequim

τ_{ef} – Torque efetivo no virabrequim (N.m)

θ – Ângulo do virabrequim (graus)

θ_{ig} – Ângulo da ignição (graus)

θ_b – Ângulo correspondente ao final da queima (graus)